

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№7 2021 (ИЮЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

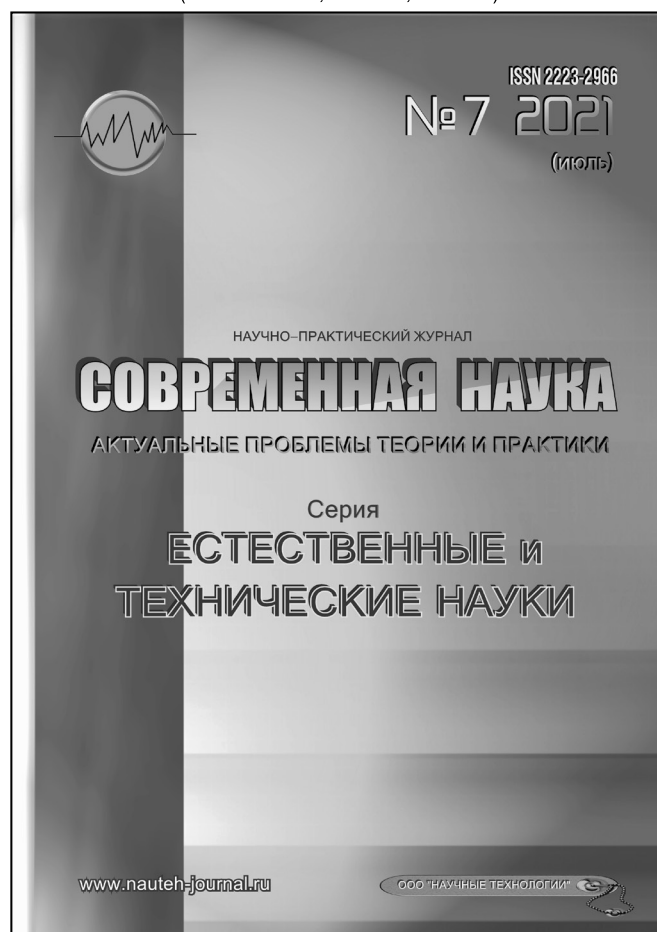
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK 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»:
Актualityные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 26.07.2021 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 Мурадovich — 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 Ильясovich — 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

Агаева А.Г., Гусейнова И.М., Стритфилд Дж. Стивен — Скрининг бактерий с антибактериальной активностью против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штаммов, несущих плазмиды обеспечивающие устойчивость к известным антибиотикам
Aghayeva A., Huseynova I., Streatfield Stephen John — Screening of bacteria with antibacterial activity against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* strains carrying plasmids that provide resistance to known antibiotics7

Агаева С.А., Мамедов А.М., Мамедбейли А.К., Валиева Л.С. — Новые мутации в гене дистрофина у больных мышечной дистрофией Дюшенна
Aghayeva S., Mamedov A., Mamedbeyli A., Valiyeva L. — New mutations in the dystrophin gene in patients with muscular Dushenn dystrophy12

Вершинина И.В., Рябова Е.П. — Комплексная экологическая оценка состояния зеленых насаждений в парке им. И.П. Кулибина города Нижнего Новгорода
Vershinina I., Ryabova E. — Integrated environmental assessment of the condition of green plants in the park im. I.P. Kulibina city Nizhny Novgorod17

Зубкова В.М., Арсланбекова Ф.Ф., Макаханюк Ж.С. — Накопление тяжелых металлов (ТМ) ряской малой (*Lemna minor*) в условиях антропогенного загрязнения реки Ходца
Zubkova V., Arslanbekova F., Makakhaniuk Zh. — Accumulation of heavy (HM) duckweed (*Lemna minor*) under conditions of anthropogenic pollution of the Hodza River23

Комусова О.И., Шубина О.С., Кирдяшкина О.В. — Изменение гематологических и иммуноцитохимических показателей крови белых крыс при интоксикации ацетатом свинца
Komusova O., Shubina O., Kirdyashkina O. — Changes in hematological and immunocytochemical parameters of white rat blood during lead acetate intoxication29

Скоробогатова О.Н., Гонтажевская Е.Н., Москалева А.С. — Фитопланктон реки Обь в районе города Сургут
Skorobogatova O., Gontazhevskaya E., Moskaleva A. — Phytoplankton of the Ob river in vicinity of Surgut34

Таренкова И.В., Винокурова Н.В., Бондаренко А.И., Синеговец А.А., Михайлова И.В. — Сравнительный анализ содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis* L., произрастающей в Оренбургской области
Tarenkova I., Vinokurova N., Bondarenko A., Sinegovets A., Mikhailova I. — Comparative analysis of the content of ascorbic acid in the flowers of *Calendula officinalis* L. growing in different districts of the Orenburg region39

Чадова И.Н. — Оценка влияния отходов предприятий шерстяного производства на окружающую среду
Chadova I. — Assessment of the impact of waste from wool production enterprises on the environment43

Чередова Т.В., Чудинова О.Н., Гулгенов С.Ж., Воронина Ю.С. — Химическое загрязнение почвы в районах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ
Cheredova T., Chudinova O., Gulgenov S., Voronina Yu. — Estimation of the chemical composition of soil in the areas of unauthorized landfills of Ulan-Ude46

Информатика, вычислительная техника и управление

Блощинский В.Д., Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. — Алгоритм поиска параметрических дефектов в непрерывных САУ с помощью настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра
Bloshchinskiy V., Shalobanov S., Shalobanov S. — Algorithm for searching parametric defects in continuous ACS using configurable models on Laguerre filters50

Воронин И.В., Газин А.И., Золотарева Т.А., Скуднев Д.М., Селищев О.В. — Оценка эффективности работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений для идентификации состояния локальных вычислительных сетей <i>Voronin I., Gazin A., Zolotareva T., Skudnev D., Selishchev O</i> — Evaluation of the effectiveness of an intelligent decision support system for determining the state of local computer networks	55	Луферов В.С. — Интеллектуальная система нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов <i>Luferov V.</i> — Intelligent system of neuro-fuzzy analysis and multidimensional forecasting of complex processes.	96
Воронков И.А., Сараджишвили С.Э. — Использование Power FX для работы в Collaboration platforms <i>Voronkov I., Saradgishvili S.</i> — Using Power FX for Collaboration Platforms.	61	Мартюшов С.Н. — Численное моделирование горения водородо-воздушных газовых смесей <i>Martyushov S.</i> — Numerical simulation of gorenje of hydrogen-air gas mixtures.	103
Гагарина Л.Г., Капитанов А.И. — Проблема автоматической обработки неструктурированных текстовых сообщений в режиме реального времени <i>Gagarina L., Kapitanov A.</i> — The problem of automatic processing of unstructured text messages in real time	67	Симанков В.С., Власенко А.В., Черкасов А.Н. — Методологическое обеспечение подсистемы обеспечения комплексной безопасности в составе интеллектуального ситуационного центра <i>Simankov V., Vlasenko A., Cherkasov A.</i> — Methodological support of the integrated security subsystem as part of the intelligent situational center	107
Дворянкин А.М., Ибрагим И.А. — Генетический алгоритм для задачи одномерной упаковки объектов <i>Dvoryankin A., Ibrahim I.</i> — Genetic algorithm for the problem of one-dimensional packing of objects.	70	Третьяк А.В., Верещагина Е.А., Добржинский Ю.В., Захарченко Д.В. — Использование транспайлера Python → 11l → C++ при решении олимпиадных задач по программированию <i>Tretyak A., Vereshchagina E., Dobrzhinskij Yu., Zakharchenko D.</i> — Using the Python → 11l → C++ Transpiler for Competitive Programming.	115
Захарченко Д.В., Боршевников А.Е. — Верификация модели системы мониторинга утечек конфиденциальных документов <i>Zakharchenko D., Borshevnikov A.</i> — Verification of the model of a system for monitoring leaks of confidential documents	74	Харин И.А. — Применение интеллектуальных информационных технологий для повышения эффективности принятия управленческих решений <i>Kharin I.</i> — Application of intellectual information technologies to increase the efficiency of management decision making.	123
Захарченко Д.В., Боршевников А.Е., Черноусов И., Добржинский Ю.В. — Алгоритм системы мониторинга утечек конфиденциальных документов <i>Zakharchenko D., Borshevnikov A., Chernousov I., Dobrzhinskii Yu.</i> — Algorithm of the confidential document leakage monitoring system.	81	Чернов Д.В. — Применение диаграмм Эйлера-Венна при решении задачи выбора мер защиты АСУ ТП <i>Chernov D.</i> — The use of Euler-Venn diagrams in solving the problem of choosing security measures for automated process control systems	127
Кобец Е.А., Насыров Н.Ф., Комаров М.С., Горлушкина Н.Н. — Алгоритм формализации требований к оформлению документов для сервиса автоматизированного нормоконтроля <i>Kobets E., Nasyrov N., Komarov M., Gorlushkina N.</i> — The algorithm of formalization the requirements for the execution of documents for the automation norm rule checking service	89	Чувашов А.А., Кожевникова П.В. — Актуальность применения теории нечетких множеств при планировании разработки месторождений природного газа с учетом неопределенности исходных данных <i>Chuvashov A., Kozhevnikova P.</i> — The relevance of using the theory of fuzzy sets in planning the development of natural gas fields, taking into account the uncertainty of the initial data	132

Щеколдин В.В. — Современное представление об алгоритмах проверки адекватности математических моделей расчёта ядерной изонуклидной трансмутации на основе данных натурального эксперимента
Shchekoldin V. — Modern concept of algorithms for verification of the adequacy of mathematical models for calculation of nuclear isonuclide transmutation based on data of a natural experiment .. 138

Щукин А.А., Павлов А.Е. — Цифровая обработка сигналов с помощью wave-вейвлета
Shchukin A., Pavlov A. — Digital signal processing with wave-wavelet147

Клиническая медицина

Аллахвердян А.С., Анипченко А.Н., Анипченко Н.Н., Тульских Д.А. — Непосредственные результаты лапароскопических резекций желудка и гастрэктомий при раке
Allakhverdyan A., Anipchenko A., Anipchenko N., Tul'skikh D. — Immediate results of laparoscopic partial and total gastrectomies in cancer.153

Архипова В.И., Астрелина Т.А., Кобзева И.В., Самойлов А.С. — Применение регенеративных клеток жировой ткани при консервативном лечении склероатрофического лишена вульвы
Arkhipova V., Astrelina T., Kobzeva I., Samoilov A. — The application of regenerative cells of adequate tissue in canned treatment of vulva scleroatrophic licena157

Галонский В.Г., Нуриева Н.С., Чернов В.Н., Кипарисов Ю.С., Градобоев А.В. — Экспериментальное исследование динамики изменения линейных размеров альгинатных оттисков
Galonsky V., Nurieva N., Chernov V., Kiparisov Yu., Gradoboev A. — Experimental study of the dynamics of change of linear sizes of alginate prints165

Галонский В.Г., Нуриева Н.С., Чернов В.Н., Кипарисов Ю.С., Градобоев А.В. — Устранение контрактуры челюстей при замещающем протезировании пострезекционных дефектов верхней челюсти
Galonsky V., Nurieva N., Chernov V., Kiparisov Yu., Gradoboev A. — Elimination of jaw contractual with substitutional prosthetics of the upper jaw defects.171

Гусенкадиева К.Н., Расулов И.М. — Болезнь височно-нижнечелюстного сустава: болезнь –«хамелеон»
Gusenkadieva K., Rasulov I. — Temporomandibular joint disease: disease–“chameleon”177

Зинкина А.А., Трусов Ю.А., Богданов К.М., Москалев Е. — Галектин-3 как новый биомаркер при хронической сердечной недостаточности
Zinkina A., Trusov Yu., Bogdanov K., Moskalev E. — Galectin-3 as a new biomarker in chronic heart failure. . 180

Калинский Б.М., Кащеев А.А., Кащеев Г.А. — Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в комплексном лечении больных с асептическим некрозом таранной кости 1–2 ст
Kalinskiy B., Kashcheev A., Kashcheev G. — Platelet-rich plasma in the management of osteochondral lesions of the talus of 1–2 stage185

Кесян Г.А., Карапетян Г.С., Шуйский А.А., Уразгильдеев Р.З., Арсеньев И.Г., Кесян О.Г. — Алгоритм выполнения реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при дефиците костной массы лопатки
Kesyana G., Karapetyan G., Shuyskiy A., Urazgil'deev R., Arsen'ev I., Kesyana O. — Algorithm for performing reverse shoulder arthroplasty in patients with a deficit of scapula bone mass.190

Максумов А.А., Исхаков О.С., Мещеряков С.В. — Позвоночно-спинномозговая травма у детей пострадавших внутри автомобиля при дорожно-транспортных происшествиях
Maksumov A., Iskhakov O., Meshcheryakov S. — Spinal cord injury in children injured inside a car in road traffic accidents.194

Орлова И.В., Рожкова М.Г., Фищев С.Б., Лепилин А.В., Севастьянов А.В., Пуздырева М.Н., Шишко Т.В., Кузьмина Л.В. — Особенности выбора прописи брекетов и размеров металлических дуг при ортодонтическом лечении зубочелюстных аномалий
Orlova I., Rozhkova M., Fishchev S., Lepilin A., Sevastyanov A., Puzdyreva M., Shishko T., Kuzmina L. — Features of the choice of the prescription of braces and the size of metal arches in the orthodontic treatment of dental anomalies202

Салпагарова Ф.Х.-М. — Факторы риска развития несостоятельности мышц тазового дна у женщин <i>Salpagarova F.</i> — Development risk factors insurance of the pelvic floor muscles in women	208
Тамер Аль Алами, Белов Ю.В., Косенков А.Н. — Функциональная митральная регургитация при аневризме восходящего отдела аорты у больных подвергающихся операции на аортальном клапане <i>Tamer Al Alami, Belov Yu., Kosenkov A.</i> — Functional mitral regulation in ascending aortic aneurysm in patients undergoing aortic valve surgery	212
Тамер Аль Алами, Белов Ю.В., Косенков А.Н. — Расслоение аорты: причины возникновения и результаты экстренных операций <i>Tamer Al Alami, Belov Yu., Kosenkov A.</i> — Aortic distribution: causes and results of emergency operations	217
Филатов А.С., Заурова М.Б., Серeda Е.В., Энзель Д.А. — Нейровизуализация при тригеминальной прозопалгии. метод Р. Janetta <i>Filatov A., Zaurova M., Sereda E., Anzel D.</i> — Neuroimaging in trigeminal prosopalgia. the P. Janetta method.	222
Чудинов А.Н., Минкаилова С.Р., Жахбаров А.Г., Багатаева П.Р., Бигаева У.С., Гасанова Л.Г. — Клинический случай нейрофиброматоза у детей <i>Chudinov A., Minkailova S., Zhakhbarov A., Bagataeva P., Bigaeva U., Gasanova L.</i> — Clinical case of neurofibromatosis in children	226
Якимова А.В., Даценко Н.С., Маринкин И.О. — Воздействие факторов окружающей среды, профессиональной деятельности и пищевых добавок на мать во время беременности и риск возникновения несиндромальных орофациальных расщелин плода (обзор литературы) <i>Yakimova A., Datsenko N., Marinkin I.</i> — The impact of environmental factors, occupational activities, and dietary supplements on the mother during pregnancy and the risk of non-syndromic orofacial cleft formation in the fetus (literature review)	231
Информация	
Наши авторы. Our Authors	236
Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале	241

DOI 10.37882/2223–2966.2021.07.01

СКРИНИНГ БАКТЕРИЙ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОТИВ *BACILLUS SUBTILIS* И *ESCHERICHIA COLI* ШТАММОВ, НЕСУЩИХ ПЛАЗМИДЫ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ К ИЗВЕСТНЫМ АНТИБИОТИКАМ

SCREENING OF BACTERIA WITH ANTIBACTERIAL ACTIVITY AGAINST *BACILLUS SUBTILIS* AND *ESCHERICHIA COLI* STRAINS CARRYING PLASMIDS THAT PROVIDE RESISTANCE TO KNOWN ANTIBIOTICS

**A. Aghayeva
I. Huseynova
S. Streatfield**

Summary. The main goal of the presented work was to exclude from the list of “isolates of interest” isolated from oil-contaminated soils of Azerbaijan and possessing antibacterial activity in the supernatant, strains producing well-known and commercially available antibiotics. To achieve this goal, the selected bacterial strains were screened against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* strains carrying plasmids that provide resistance to certain antibiotics, such as erythromycin, kanamycin, chloramphenicol, lincomycin, spectinomycin, tetracycline, ampicillin and streptomycin. As a result of the carried-out experiments, all 14 bacterial strains of interest overcome the resistance mechanisms present in the indicator strains.

Keywords: antibacterial agents, antimicrobial activity, antibiotics, bioactive molecules, natural products, pathogenic bacteria, minimum inhibitory concentration.

Агаева Айтан Габировна

С.н.с., Институт молекулярной биологии
и биотехнологий НАН Азербайджана
aytanaghayeva@gmail.com

Гусейнова Ирада Мамедовна

Д.б.н, профессор, Институт молекулярной
биологии и биотехнологий НАН Азербайджана
i_guseinova@mail.ru

Стритфилд Дж. Стивен

Доктор философии по генетике, Директор, Отдел
Биотехнологий Фраунхофер США, Центр Средней
Атлантики, Ньюарк, США
sstreatfield@fraunhofer.org

Аннотация. Основной целью представленной работы было исключение из списка «интересующих изолятов», выделенных из нефтезагрязненных почв Азербайджана и обладающих антибактериальной активностью в супернатанте, штаммов, продуцирующих известные и коммерчески доступные антибиотики. Для реализации поставленной цели был осуществлен скрининг выбранных бактерий против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штаммов, несущих плазмиды, обеспечивающие устойчивость к определенным антибиотикам, таким как эритромицин, канамицин, хлорамфеникол, линкомицин, спектиномицин, тетрациклин, ампициллин и стрептомицин. В результате проведенных экспериментов, все 14 бактериальных штамма, представляющие интерес, превосходят механизмы устойчивости, присутствующие в индикаторных штаммах.

Ключевые слова: антибактериальные агенты, антимикробная активность, антибиотики, биоактивные молекулы, натуральные продукты, патогенные бактерии, минимальная ингибирующая концентрация.

Введение

Микроорганизмы производят ряд полезных соединений — биоактивных натуральных продуктов, которые широко используются в различных отраслях промышленности и медицине (Kumar et al., 2017; Singh et al., 2017). С другой стороны, приблизительно 98% видов микроорганизмов не идентифицированы по сей день и не подлежат культивированию в лабораторных условиях (Wade, 2002; Vitorino et al., 2018; Kellenberger, 2001), и это означает, что все применяемые в промышленности и медицине биомолекулы микробного происхождения продуцированы 2% известных науке видов микроорганизмов.

Как известно, большинство применяемых в медицине антибиотиков были выделены непосредственно из живых организмов, то есть являются натуральными продуктами, или представляют собой модифицированные соединения, основные структуры которых получены от природы (Ali et al., 2018; Jones et al., 2017). Однако существуют некоторые сложности в обнаружении и разработки новых натуральных продуктов для терапевтических целей (Lewis, 2013). Одним из основных проблем в разработке новых лекарственных продуктов из натуральных продуктов является большая вероятность переоткрыть ранее обнаруженные биологически активные соединения (Hughes and Karlén, 2014). В большинстве случаев, на последних этапах разработки обнаруживается, что данная молекула была ранее идентифицирована. Таким образом, выявление известных соединений из экстрактов натурального продукта на ранних стадиях разработки способствует сохранению ресурсов и ускоряют процесс обнаружения новых лекарств (Jackson et al., 2018).

В 2014–2018 годах была создана коллекция бактерий, изолированных из нефтезагрязненных почв Азербайджана. Первичный скрининг и скрининг супернатанта на наличие в коллекции штаммов с антибактериальной активностью, выявил 14 штаммов, которые были внесены в список «интересующих изолятов» (Агаева, 2020). Так как разработка лекарственных препаратов очень долгий и дорогостоящий процесс, и в большинстве случаев существует риск обнаружения ранее идентифицированных соединений, в процесс разработки важно включать стадии, необходимые для получения предварительной информации о строении и механизме активности выбранных соединений. Основной целью представленной работы было исключение из списка «интересующих изолятов» штаммов, продуцирующих известные и коммерчески доступные антибиотики. Для реализации поставленной цели был осуществлен скрининг выбранных бактерий против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штаммов, несущих плазмиды, обе-

спечивающие устойчивость к определенным антибиотикам.

Материал и методы

Объектами исследований служили 14 бактериальных штаммов, изолированных из нефтезагрязненных почв Азербайджана, которые обладали активностью в супернатанте против одного из четырех условно-патогенных штаммов, таких как *Staphylococcus aureus* ATCC29213, *Enterococcus faecalis* и двух *Escherichia coli* (эталонный (DC0) и мутант проницаемости наружной мембраны (DC2) (Richmond et al., 1976)) штаммов (Агаева, 2020). Так как на данном этапе исследований штаммы с антибактериальной активностью считались неизвестными, они могли продуцировать идентифицированное ранее биоактивное соединение. Для того, чтобы элиминировать штаммы с уже открытыми механизмами активности был осуществлен антибактериальный скрининг выбранных изолятов против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штамм-индикаторов, несущих плазмиды обеспечивающие устойчивость к определенным антибиотикам. Изоляты с супернатантной активностью подвергали скринингу против шести штаммов *Bacillus subtilis* (пять штаммов, обладающих устойчивостью к известным антибиотикам, и одного контрольного штамма без какой-либо устойчивости к антибиотикам) и четырех штаммов *Escherichia coli* (три штамма, обладающих устойчивостью к известным антибиотикам и одного контрольного штаммов).

Этот этап был включен для того, чтобы показать, что антимикробные молекулы, продуцируемые выбранными нами изолятами, не являются одним из ранее описанных коммерчески доступных антибиотиков. Штаммы *Bacillus subtilis* были получены из Bacillus Genetic Stock Center (BGSC), а штаммы *Escherichia coli* — во Фраунхоферском Центре Средней Атлантики, США. Идентификация всех вышеуказанных штаммов-индикаторов подтверждена путем секвенирования гена 16S рРНК. Для подтверждения устойчивости штаммов-индикаторов к определенным антибиотикам, штаммы были выращены в чашках, содержащих определенную концентрацию соответствующих антибиотиков. В таблице 1 представлены штаммы *Bacillus subtilis* (грамположительные) и *Escherichia coli* (грамотрицательные) и соответствующая им устойчивость к антибиотикам.

Кроме того, присутствие гена устойчивости к определенным антибиотикам в плазмиде штаммов *Bacillus* и *E. coli* было подтверждено путем определения значений минимальной ингибирующей концентрации (МИК) против соответствующего антибиотика методом микроразведения в бульоне (Coyle et al., 2005) следуя рекомендациям Института клинических и лаборатор-

Таблица 1. Штаммы *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* и соответствующая устойчивость к антибиотикам

Штаммы	Устойчивость к антибиотикам
<i>Bacillus subtilis</i> 1A1	Контроль
<i>Bacillus subtilis</i> 1A717	Эритромицин
<i>Bacillus subtilis</i> 1A718	Канамицин
<i>Bacillus subtilis</i> 1A754	Хлорамфеникол
<i>Bacillus subtilis</i> 1A771	Линкомицин
<i>Bacillus subtilis</i> 1A774	Спектиномицин
<i>Escherichia coli</i> XL1-blue	Контроль и Тетрациклин
<i>Escherichia coli</i> pGreen	Канамицин
<i>Escherichia coli</i> puc19	Ампициллин
<i>Escherichia coli</i> pPBM765	Стрептомицин

ных стандартов (CLSI). Протестированная концентрация антибиотиков 384–0.75 мкг / мл. Для определения МИК, 100 мкл антибиотика добавляли в первую ячейку 96-ячеечного планшета и дважды разбавляли в TSB вдоль ряда. Затем в каждую ячейку добавляли 50 мкл штамма-индикатора до конечной концентрации 5×10^4 клеток на ячейку. В качестве положительного контроля (100% рост индикатора) к 50 мкл среды добавляли 50 мкл индикаторного организма; отрицательным контролем (отсутствие индикатора) служила только питательная среда — 100 мкл. Планшеты инкубировали при 37 °C в течение ночи в открытом пакете (для удержания влаги внутри). После инкубации измеряли оптическую плотность при 650 нм с использованием аппарата Molecular Devices Spectra MaxPlus.

Для скрининга, 14 активных в супернатанте штаммы были инокулированы в 50 мл TSB (триптический соевый бульон) среды и культивировали в течение ночи при 32 °C и 180 об / мин. После 24-часовой инкубации культуральные супернатанты очищали путем центрифугирования при 10000 g в течение 15 минут при 4 °C и фильтровали через 0,22 мкм PES мембрану (мембрана из полиэфирсульфона). Все собранные супернатанты были анализированы против штамм-индикаторов, представленных в таблице 1, методом подавления роста, как описано Хокет с некоторыми модификациями (Hockett and Baltrus, 2017). Сущность метода сводится к тому, что 10 мкл собранных супернатант наносили на чашки Петри с агаром, конфлюирующим со штамм — индикатором (Balouiri et al., 2016; Hockett and Baltrus, 2017). Чашки инкубировали при 37 °C в течение 20–24 часов. По истечении времени инкубации измеряли диаметр прозрачной зоны — зоны подавления роста (ЗПР) индикаторного штамма.

Результаты и обсуждение

В 2014–2018 годах была создана бактериальная коллекция, состоящая из бактериальных штаммов, изолированных из нефтезагрязненных почв Азербайджана. Первичный скрининг и скрининг супернатанта на наличие в коллекции штаммов с антибактериальной активностью, выявил 14 штаммов, продуцирующих биоактивное соединение в супернатант (Агаева, 2020). Все эти 14 активных в супернатанте штаммов были выбраны для дальнейшей характеристики и внесены в список «интересующих изолят». На следующей стадии, для исключения из списка «интересующих изолят» штаммов, продуцирующих известные коммерчески доступные антибиотики, эти изоляты были подвергнуты скринингу против шести штаммов *Bacillus subtilis* (пять штаммов, обладающих устойчивостью к известному антибиотику, и одного контрольного штамма без какой-либо устойчивости к антибиотикам) и четырех штаммов *Escherichia coli* (три штамма, обладающие устойчивостью к известному антибиотику и одного контрольного штамма). Если супернатант «интересующего изолята» ингибировал рост контрольного штамма и штамма, который устойчив к определенному антибиотику, это означало, что данный штамм, продуцировал соединение, отличное от антибиотика, против которого штамм-индикатор был устойчив. Однако, если супернатант «интересующего изолята» ингибировал рост контрольного штамма, и не оказывал никакого влияния на рост устойчивого к антибиотикам штаммов, то можно сделать вывод о том, что изолят, скорее всего, продуцировал соединение, аналогичное известному антибиотику; этот изолят можно исключить из списка «интересующих изолят».

Таблица 2. Минимальная ингибирующая концентрация (мкг / мл) антибиотиков против штаммов *Bacillus* и *E. coli* с генами устойчивости к антибиотикам в плазмиде.

Штаммы / Антибиотики	1A1	1A717	1A754	1A771	1A774	1A718	XL1-Blue	pGreen	pPBM-765	puc-19
Эритромицин	<0.75	>384	<0.75	1.5	0.75	<0.75				
Канамицин	3	0.75	3	1.5	1.5	>384	12	>384	24	24
Хлорамфеникол	1.5	3	24	6	6	3				
Линкомицин	24	96	24	48	24	24				
Спектиномицин	24	12	24	24	>384	24				
Тетрациклин	3	3	3	3	3	3	192	96	96	96
Ампициллин	6	<0.75	1.5	6	2	12	24	1.5	6	>384
Стрептомицин							6	6	>384	6

Таблица 3. Скрининг «интересующих изолятов» против штаммов *B. subtilis*, несущих плазмиды, кодирующие устойчивость к известным антибиотикам. Знак «+» указывает на наличие активности

Штаммы	1A1 (Контроль)	1A717	1A718	1A754	1A771	1A774
AZ-130						
AZ-195						
AZ-279	+	+	+	+	+	+
AZ-289						
AZ-302	+	+	+	+	+	+
AZ-330						
AZ-380	+	+	+	+	+	+
AZ-402	+	+	+	+	+	+
AZ-410						
AZ-411	+	+	+	+	+	+
AZ-437	+	+	+	+	+	+
AZ-463	+	+	+	+	+	+
AZ-469	+	+	+	+	+	+
AZ-477	+	+	+	+	+	+

По результатам выращивания штаммов-индикаторов в чашках, содержащих соответствующий антибиотик, выяснилось, что штаммы-индикаторы росли только в тех чашках, в которых содержался антибиотик, к которым они обладали устойчивостью.

Подтверждение того, что ген в плазмиде штаммов *Bacillus* и *E. coli* действительно обеспечивает устойчивость к определенным антибиотикам, было осуществлено путем определения значений минимальной ингибирующей концентрации (МИК) антибиотиков против штамм-индикаторов (Таблица 2). При сравнении полученных результатов с контрольным штаммом, выяснилось, что штамм 1A717 обладает устойчивостью к эритромицину, 1A718 — к канамицину, 1A754 — к хлорамфениколу, 1A771 — к линкомицину, 1A774 — к спектиномицину, XL1-Blue — к тетрациклину, puc-19 — к ампициллину, pGreen — к канамицину, pPBM-765 — к стрептомицину.

Результаты скрининга «интересующих изолят» штаммов против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штаммов, несущих плазмиды обеспечивающие устойчивость к определенным антибиотикам, представлены в Таблице 3. Как видно из таблицы 3, супернатант штаммов AZ-279, AZ-302, AZ-380, AZ-402, AZ-411, AZ-437, AZ-463, AZ-469 и AZ-477 обладают активностью против контроля и всех устойчивых к антибиотикам штаммов *Bacillus subtilis*; антимикробные препараты, продуцируемые этими штаммами, обладают грамположительной активностью и, скорее всего, механизм их активности отличается от известных протестированных антибиотиков. Мы не обнаружили никакой активности против граммотрицательных штаммов.

Эксперименты, проведенные против устойчивых к антибиотикам штаммов, показывают, что все 14 изолята, представляющие интерес, превосходят механизмы устойчивости, присутствующие в индикаторных штаммах.

Заключение

Учитывая, что разработка лекарственных препаратов очень долгий и дорогостоящий процесс, и в большинстве случаев существует риск обнаружения ранее идентифицированных соединений, в процесс разработки целесообразно включать стадии, необходимые для получения предварительной информации о строении и механизме активности выбранных соединений. Элиминирование штаммов с уже известным механизмом активности позволит сэкономить финансы и время.

В данной статье мы проанализировали активные в супернатанте штаммы бактерий, изолированные из нефтезагрязненных почв Азербайджана, против *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* штаммов, несущих плазмиды, обеспечивающие устойчивость к определенным антибиотикам. Полученные результаты показывают, что все 14 штамма, представляющих интерес, превосходят механизмы устойчивости, присутствующие в индикаторных штаммах, и могут быть кандидатом на новое антимикробное соединение. Дальнейшая характеристика выбранных микроорганизмов будет включать их идентификацию путем секвенирования 16S rRNA гена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаева А.Г. Создание бактериальной коллекции на основе штаммов, изолированных из почв Азербайджана и их скрининг на наличие новых антибактериальных биомолекул // Журнал Наук о Жизни и Биомедицины., 2019, т. 1 (74), № 2, с. 13–19.
2. Ali S.M., Siddiqui R. and Khan N.A. Antimicrobial discovery from natural and unusual sources // J Pharm Pharmacol., 2018, v.70(10), p.1287–1300.
3. Balouiri M., Sadiki M., Ibensouda S.K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review // J. Pharm. Anal., 2016, v. 6(2), p.71–79.
4. Coyle M.B. et al. Manual of Antimicrobial Susceptibility Testing. American Society for Microbiology, 2005,
5. Hughes D. and Karlén A. Discovery and preclinical development of new antibiotics // Ups J Med Sci., 2014, v. 119(2), p.162–169.
6. Hockett K.L., Baltrus D.A. Use of the soft-agar overlay technique to screen for bacterially produced inhibitory compounds // J. Vis. Exp., 2017. 119:55064.
7. Jackson N., Czaplewski L. and Piddock L.J.V. Discovery and development of new antibacterial drugs: learning from experience. // J Antimicrob Chemother, 2018. v73, p.1452–1459
8. Jones M.B., Nierman W.C., Shan Y., Frank B.C., Spoering A., Ling L., Peoples A., Zullo A., Lewis K., Nelson K.E. Reducing the bottleneck in discovery of novel antibiotics // Microbial Ecology., 2017, v.73(3), p.658–667.
9. Kellenberger E. Exploring the unknown. The silent revolution of microbiology // EMBO reports., 2001. V.2(1), p.5–7.
10. Kumar A., Chordia N. Role of microbes in human health // Applied Microbiology: Open Access., 2017, v.3(2).
11. Lewis K. Platforms for antibiotic discovery // Nature Reviews | Drug Discovery., 2013. v.12, p.371–387.
12. Richmond M.H., Clark D.C., Wotton S. Indirect method for assessing the penetration of beta-lactamase-nonsusceptible penicillins and cephalosporins in *Escherichia coli* strains // Antimicrob Agents Chemother., 1976, v.10(2), p.215–218.
13. Singh R., Kumar M., Mittal A., Mehta P.K. Microbial metabolites in nutrition, healthcare and agriculture // 3 Biotech., 2017, v.7(1), p.15.
14. Vitorino L.C., Bessa L.A. Microbial diversity: The gap between the estimated and the known // Diversity., 2018, v.10(2), p.46.
15. Wade W. Unculturable bacteria — the uncharacterized organisms that cause oral infections // J.R. Soc. Med., 2002, v. 95(2), p.81–83.

© Агаева Айтан Габилловна (aytanaghayeva@gmail.com),

Гусейнова Ирада Мамедовна (i_guseinova@mail.ru), Гусейнова Ирада Мамедовна (sstreatfield@fraunhofer.org).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЕ МУТАЦИИ В ГЕНЕ ДИСТРОФИНА У БОЛЬНЫХ МЫШЕЧНОЙ ДИСТРОФИЕЙ ДЮШЕННА

NEW MUTATIONS IN THE DYSTROPHIN GENE IN PATIENTS WITH MUSCULAR DUSHENN DYSTROPHY

**S. Aghayeva
A. Mamedov
A. Mamedbeyli
L. Valiyeva**

Summary. Mutations in the dystrophin gene are the cause of Duchenne muscular dystrophy (DMD), a severe neuromuscular disease that causes death in male patients in 20 years. For the first time, a molecular methods used for analysing the structure of this gene in member of two ethnically different families from Azerbaijan with a diagnosis of DMD. Two distinct mutations were identified (a deletion of a large region spanning 13 exons ((8 to 20) and a deletion of exon 45) associated with two different ethnic groups of the population of Azerbaijan.

The research work was carried out in the laboratory of human genetics of the Institute of Genetic Resources of Azerbaijan National Academy of Sciences and the laboratory of Molecular Biology and Genetics of Western Caspian University.

Keywords: Duchenne muscular dystrophy, creatine phosphokinase, dystrophin gene, exon, mutation.

Агаева Салтанат Аршад

Д. ф. н. б., в. н. с., Институт Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана; старший преподаватель, Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Баку, Азербайджан
saltanat.genetic@gmail.com

Мамедов Аяз Мамед

Д. ф. н. б., н. с., Институт Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана; заведующий лабораторией, Западно-Каспийский Университет, Баку, Азербайджан
ayaz_tamadov@yahoo.com

Мамедбейли Айтен Камал

Д. м. н., профессор, Азербайджанский Медицинский Университет, Баку, Азербайджан
ayten2001@mail.ru

Валиева Лейла Садраддин

Д. ф. н. б., в. н. с., Институт Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан
l.valiyeva@yandex.ru

Аннотация. Мутации в гене дистрофина (DMD) являются причиной мышечной дистрофии Дюшенна (мдД) — тяжелого нейромышечного заболевания, приводящего к 20 годам к смерти пациентов мужского пола. Впервые, методом молекулярной диагностики MLPA (multiplex legation-dependent probe amplification) разработанным лабораторией был проведен анализ структуры этого гена у членов двух этнически различающихся семей из Азербайджана с диагнозом мдД. Были идентифицированы две различающиеся мутации (делеция большого региона, охватывающего 13 экзонов (от 8-го до 20-го) и делеция 45-го экзона), соотнесенные с двумя различными этническими группами населения Азербайджана.

Исследовательская работа проводилась в лаборатории генетики человека Института Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана и лаборатории Молекулярной Биологии и Генетики Университета Западного Каспия.

Ключевые слова: мышечная дистрофия Дюшенна, креатинфосфокиназа, ген дистрофина, экзон, мутация.

Введение

Наследственная болезнь мышечная дистрофия Дюшенна впервые была описана в 1830 году английским анатомом-хирургом Чарльзом Белла. Частота болезни приблизительно 1: 3500–4000 новорожденных мальчиков[6]. Это расстройство обычно

проявляется в возрасте 2–3 лет. Слабость затрагивает проксимальные мышцы, как правило, начиная от нижних конечностей. Дети часто ходят на пальцах, имеют походку вразвалку и лордоз. Таким детям сложно бегать, прыгать, подниматься по ступенькам и вставать с пола. Они часто падают и получают переломы рук или ног (примерно у 20% больных). Наблюдается стабиль-

ное прогрессирующее ослабление, и почти у всех детей развиваются сгибательные контрактуры конечностей и сколиоз. Последствия вовлечения сердечной мышцы включают в себя дилатационную кардиомиопатию, нарушения проводимости и аритмии. Большинство детей пользуются инвалидной коляской в возрасте до 12 лет и умирают от респираторных осложнений к 20 годам.

На поражение мышц и последующие дистрофические процессы указывает повышение фермента креатинфосфокиназы (КФК) в крови. КФК — это фермент, катализирующий превращение креатина в креатинфосфат, обеспечивая этим энергию мышечных сокращений. В больших количествах ММ — изомерная фракция КФК (от английского «muscle» — мышца) поступает в кровоток при повреждении мышечных клеток, что является одним из важных диагностических критериев мышечной дистрофии [10].

Причиной этой патологии являются мутации в гене, кодирующем белок дистрофин, вследствие которых он вырабатывается в недостаточном количестве или вовсе отсутствует. Поскольку дистрофин является основой мышечных волокон, у детей с дистрофией Дюшенна мышца постепенно ослабевает, перерождается и заменяется жировой или соединительной тканью, что постепенно приводит к инвалидизации.

Ген дистрофина расположен в X половой хромосоме (локус Xp21.2) и наследуется по рецессивному типу [1,2,7,8,9]. Состоящий из 79 экзонов и 78 интронов, ген дистрофина является одним из наибольших генов человека длиной 2,6 миллиона нуклеотидных оснований — (DMD.OMIM:300377). Приблизительно 60% всех мутаций в гене дистрофина приходится на долю малых и больших делеций экзонов, а 30% — это точковые мутации. 10% мутаций встречается в виде дупликаций и транслокаций. 98% всех мутаций приходится на долю первых 27 экзонов, область которых названа «кипящей» частью гена. В районе 48, 49, 50 и 51 экзонов, так называемой «горячей» части гена, также регистрируется высокая мутационная активность. Целью наших исследований было молекулярно-генетическое изучение гена дистрофина в двух семьях из различных этнических групп Азербайджана.

Материалы и методы

Материалом для анализа служила кровь пациентов, забранная во время экспедиций в два региона Азербайджанской Республики: Астаринский и Белоканский. Эти регионы расположены на удалении 400 км друг от друга. Астаринский район расположен на берегу Каспийского моря на юго-востоке страны, население которого — этнические талыши. Белоканский район

расположен на северо-западе Республики в предгорье Большого Кавказа, большая часть его населения относится к аварской этнической группе. В каждом из этих регионов выявлено по одной семье с наследственной болезнью мДД.

Определение активности креатининфосфокиназы в венозной крови пациентов проводили в соответствии с методикой [1].

Ген миопатии Дюшенна анализировали с помощью метода секвенирования нового поколения (NGS), основанного на анализе ампликонов. Полученные ампликоны полностью охватили кодирующий регион гена вместе с высоко консервативными областями экзон-интронных сшивок. Минимальное покрытие для каждого ампликона было >20x. Для достижения 100%-го охвата, регионы гена с отсутствующими данными и/или данными низкого качества были дополнены классическим секвенированием по Сенгеру. Варианты релевантности, определенные NGS, непрерывно и в индивидуальном порядке оценивались на месте по критериям качества: те варианты, которые отвечали внутренним стандартам качества (основываясь на процессах экстенсивной оценки) секвенированию по Сенгеру не подлежали. Стандартная запись последовательности в международной базе: DMD: NM_004006.2.

Исследовательская работа проводилась в лаборатории генетики человека Института Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана и лаборатории Молекулярной Биологии и Генетики Университета Западного Каспия.

При тестировании делеций и/или дупликаций гена миопатии Дюшенна были проведены анализы MLPA (multiplex ligation-dependent probe amplification). ДНК выделяли из лейкоцитов с использованием стандартных протоколов высаливания, а качество и количество ДНК проверяли с помощью нанокпельного спектрофотометра.

MLPA-анализ проводили согласно инструкциям производителя (MRC Holland, Амстердам, Нидерланды). 200–500 нг ДНК денатурировали и гибридизовали в течение ночи при 60 °C со смесью зондов SALSA P034 (экзоны DMD1–10, 21–30, 41–50 и 61–70). Затем образцы обрабатывали ДНК-лигазой в течение 15 мин при 54 °C. Реакцию останавливали инкубацией при 98 °C в течение 5 мин. Наконец, амплификацию ПЦР проводили со специфическими флуоресцентно мечеными праймерами ПЦР. Продукты амплификации подвергали электрофорезу на генетическом анализаторе ABI PRISM 3100. Полученные данные были проанализированы с помощью электронных таблиц P034, предоставлен-

Таблица 1. Активность креатининфосфокиназы в сыворотке крови членов семьи А.

№	Пациенты	Результат	Норма, Ед/л	
			Норма для женщин	Норма для мужчин
1	А. Р	12102.6	26–140	38–137
2	А.Э	9966.7	26–140	38–137
3	А. Б	14505.8	26–140	38–137
4	Мать	786.5	26–140	38–137

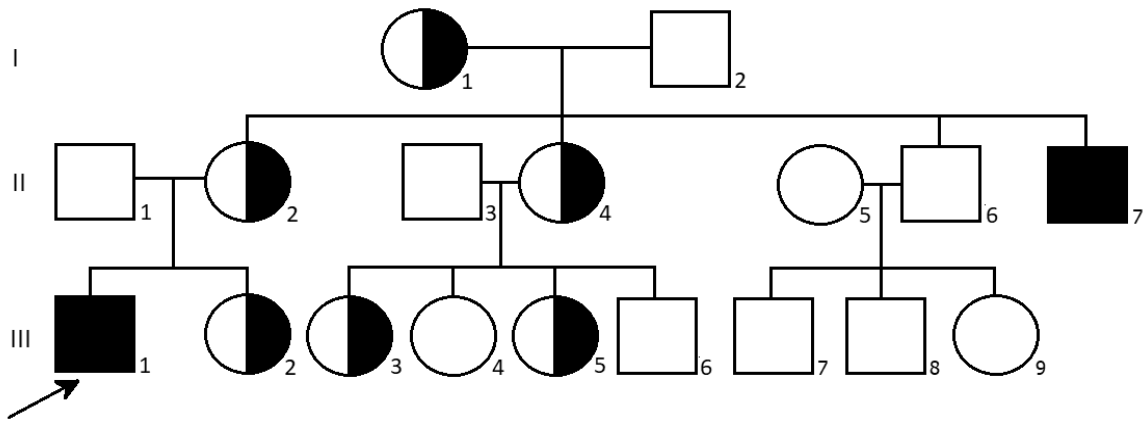


Рис. 1. Родословная семьи пробанда Н.А. с мышечной дистрофией Дюшенна. III-1- пробанд, II-1- отец пробанда, II-2 — мать пробанда, III-2 — сестра пробанда, II-4– тетя пробанда, II-6 и II-7 — дяди пробанда со стороны матери, III-3, III-4, III-5, III-6, III-7, III-8 и III-9 — двоюродные сибсы пробанда, I-1- дедушка пробанда и I-2 — бабушка пробанда.

ных Национальной генетической справочной лабораторией Манчестера.

Результаты

Для всех членов обеих семей с пациентами с подозрением на мышечную дистрофию Дюшенна был проведен биохимический анализ активности фермента креатининфосфокиназы (КФК) в сыворотке крови [4,5] в качестве диагностического критерия мдД.

В Астаринском районе на основании клинического проявления у трех братьев из семьи А (этнических талышей) было подозрение на мышечную дистрофию Дюшенна. Результаты анализа активности фермента КФК в сыворотке крови трех братьев и их матери представлены в таблице[3].

Как видно в таблице 1, по сравнению с нормальными показателями у всех трех братьев была выявлена высокая, во много раз превосходящая эти же показатели у здоровых людей, активность фермента КФК: от 9966,7

ед/л до 14505,8 ед/л. Уровень КФК у матери также был повышен — 786,5 ед/л.

В Белоканомском районе был выявлен мальчик Н.А. с характерными клиническими проявлениями болезни мышечная дистрофия Дюшенна. Была составлена родословная его семьи, отображающая у её членов присутствие, отсутствие или носительство болезни мдД в сочетании с выявленными показателями активности КФК (рисунок 1).

У пробанда (III-1) и у дяди пробанда (II-7) уровни активностей ферментов КФК были увеличены, в обоих случаях они были выше 2000,0 ед/л. Уровень активности КФК у гетерозигот-женщин варьировал в пределах 22.2–1271,0 ед/л, при среднем показателе — 1005 ед/л.

Как видно из родословной, дядя пробанда (II-7) имел болезнь Дюшенна, а мать (II-2) и тетя пробанда (II-4) являются носителями патологического гена Дюшенна. Родная сестра пробанда (III-2), его бабушка (I-1), тетя (II-4) и двоюродные сестры (III-3 и III-5) также являются

Resultfile: MLPA_2778h_F02_1_(62599326_P034-B2 P034-B2) 06/20/2019 08:24:49 **total peak area:** 1000200

Control: MLPA_2778h_E04_1_(62248360_P034-B2 P034-B2) 06/20/2019 08:24:49 compl. TV SFO [06/20/2019 08:28:08]

Control: MLPA_2778h_D04_1_(62234164_P034-B2 P034-B2) 06/20/2019 08:24:49 compl. TV SFO [06/20/2019 08:27:02]

Control: MLPA_2778h_C04_1_(62224508_P034-B2 P034-B2) 06/20/2019 08:24:49 compl. TV SFO [06/20/2019 08:26:38]

data correction: on
DNA dosage: ok
total peak area: ok
max peak area: ok
max peak height: ok

Analysis Mode: Gene vs ctrl

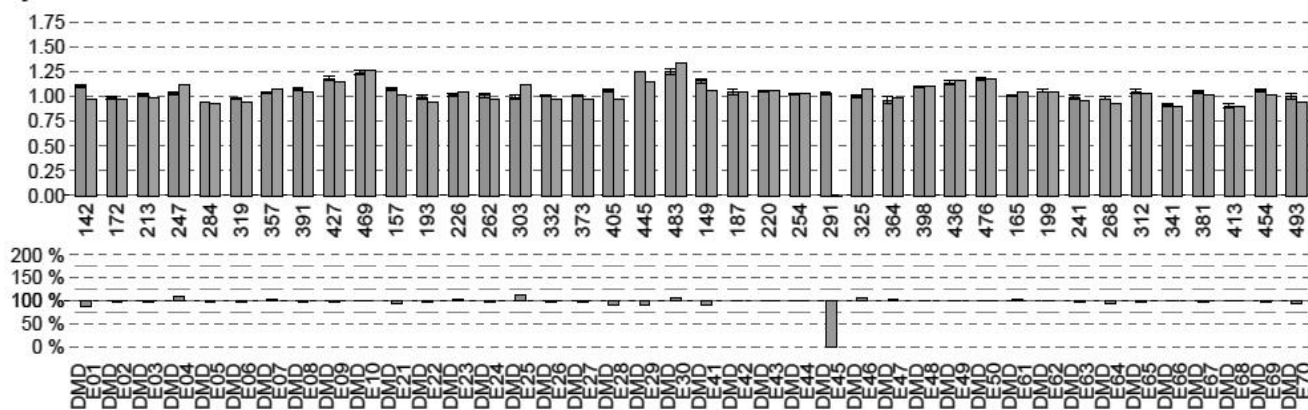


Рис. 2. Результат MLPA анализа у больного А.Р.

Analysis Mode: Gene vs ctrl

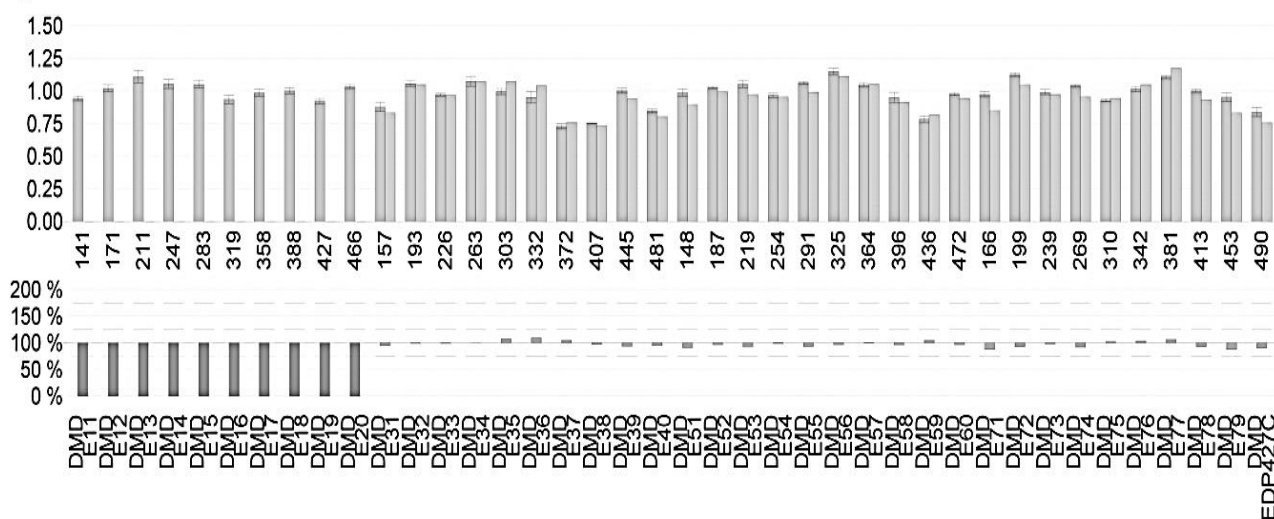


Рис. 3. Результаты генетического анализа пробанда Н.А.

гетерозиготными носителями гена болезни Дюшенна. Следовательно, из 16-ти членов семьи Н.А. пять женщин и двое мужчин имеют патологический ген болезни мышечной дистрофии Дюшенна [5].

Результаты молекулярно-генетического анализа гена дистрофина представлены на рисунке 2.

У всех трех братьев с диагнозом мышечная дистрофия Дюшенна выявлена делеция 45-го экзона из 79 существующих в гене дистрофина.

Результаты генетического анализа пробанда Н.А. представлены на рисунке 3.

У пробанда Н.А. в отличие от предыдущего больного А.Р. была выявлена делеция протяженностью в 13 экзонов из 78 существующих в гене дистрофина, охватывающая регион с 8-го экзона по 20-й экзон.

Таким образом, была изучена молекулярная структура гена дистрофина пациентов из различных регионов Азербайджана с диагнозом мышечной дистрофии Дюшенна. В южном — Астаринском районе у пациента А.Р. — этнического талыша была выявлена делеция 45-го экзона в гене дистрофина. В отличие от него, у больного Н.А. — этнического аварца из северного Белооканского района была обнаружена делеция в гене дистрофина длиной в 13 экзонов, с 8-го по 20-й экзон. В результате выполненного исследования были идентифицированы две различающиеся мутации гена дистрофина — делеция 13-ти экзонов (с 8-го до 20-го) и делеция 45-го экзона, которые были соотнесены с двумя различными этническими группами населения Азербайджана.

Учитывая репродуктивный возраст родителей, во время последующей беременности им была настоятельно рекомендована пренатальная диагностика плода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочков Н.П. (2002). Медицинская генетика. М.: Москва, 298 с.
2. Чухрова А.И. (1997). Анализ мутаций в гене дистрофина. Автореф.канд.дисс. М., Институт медицинской генетики, АМН. 25 с.
3. Aghayeva S.A., Mamedbeyli A.K., Rasulov E.M. (2018). Creatinkinase activities polymorphism study in three families with duchenne muscular dystrophy from Azerbaijan republic. *Journal of Pediatrics. Kazakhstan* ISSN1811–8666 N4(94), p.73–77
4. Aghayeva S.A., Huseynova L.S., Valiyeva G.A., Yusufova Kh., Badalova N.A. (2018) Genetic research of Duchenne muscular dystrophy and galactosemia from Azerbaijan Republic. *International conference of European Academy of Science, November 20–28, Bonn, Germany. (ISBN9781792197710) p.88*
5. Huseynova L.S., Aghayeva S.A., Mammadova S.N., Mahmudova P.A. (2018). Molecular genetic studies of the diseases Duchenne muscular dystrophy, Phenylketonuria and Familial Mediterranean fever in the population of the Azerbaijan Republic. *Sylwan*, 163(5), (Thomson Reuters) ISSN0039–7660.
6. McKusick A. (2002). Mendelian inheritance in man. Tenth edition, London, p. 2115.
7. Torella D., Ellison G.M., Karakikes I., Nadal-Ginard B. (2007). Growth-factor-mediated cardiac stem cell activation in myocardial regeneration. *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine*. V.4: p.46-551.
8. Ueda T., Yoshida M. (2001). Hematopoietic capability of CD34+ cord blood cells: a comparison with CD34+ adult bone marrow cells//*Int J Hematol*, 73(4): 45762.
9. Wang J.S., Shum-Tim D. (2001). The coronary delivery of marrow stromal cells for myocardial regeneration: pathophysiologic and therapeutic indications.//*J Thorac Cardiovasc Surg*. 122(4):699–705.
10. Rahul Tyagi, Sumit Kumar, Ashwin Dalal, Faruq Mohammed, Manju Mohanty, Paramvir Kaur, Akshay Anand. Repurposing Pathogenic Variants of DMD Gene and its Isoforms for DMD Exon Skipping Intervention. *Journal Current Genomics*, V 20, DOI:10.2174/1389202920666191107142754.

© Агаева Салтанат Аршад (saltanat.genetic@gmail.com), Мамедов Аяз Мамед (ayaz_mamadov@yahoo.com),
Мамедбейли Айтэн Камал (ayten2001@mail.ru), Валиева Лейла Садраддин (l.valiyeva@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПАРКЕ ИМ. И.П. КУЛИБИНА ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА

INTEGRATED ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CONDITION OF GREEN PLANTS IN THE PARK IM. I.P. KULIBINA CITY NIZHNY NOVGOROD

*I. Vershinina
E. Ryabova*

Summary. The article presents an assessment of the vital state, aesthetic properties and phytopathological characteristics of tree and shrub plantations in the park named after V.I. P.I. Kulibin, located in the central part of Nizhny Novgorod. Green spaces occupy more than 79% of the total area of the park. It was found that the forest stand of the park is dominated by small-leaved linden, plantavid maple shoots and common hawthorn. More than 30% of all deciduous species are in a strongly weakened state and are in dire need of crowning, treatment of trunks, pruning of dry branches. The unsatisfactory sanitary condition of trees is associated with drying out and the development of pathological processes, the presence of necrotic cancerous and rotten diseases of various etiologies.

Keywords: green spaces, park, ecological frame, dominants, ecological assessment, life state, pathology.

Вершинина Ирина Валерьевна

*К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный педагогический университет
им. К. Минина»
vershinina.iv@gmail.com*

Рябова Евгения Павловна

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
педагогический университет им. К. Минина»
riabova_97@mail.ru*

Аннотация. В статье представлена оценка жизненного состояния, эстетических свойств и фитопатологическая характеристика древесно-кустарниковых насаждений парка им. П.И. Кулибина, расположенного в центральной части г. Нижнего Новгорода. Зеленые насаждения занимают более 79% от общей площади территории парка. Установлено, что в составе древостоя парка доминируют липа мелколистная, поросль клена плантавидного и боярышник обыкновенный. Более 30% всех лиственных пород находятся в сильно-ослабленном состоянии и остро нуждаются в кронировании, лечении стволов, обрезке сухих веток. Неудовлетворительное санитарное состояние деревьев выражено усыханием и развитием патологических процессов, наличием некрозно-раковых и гнилевых заболеваний различной этиологии, и обусловлено возрастом зеленых насаждений и воздействием ряда стрессовых факторов.

Ключевые слова: зеленые насаждения, парк, экологический каркас, доминанты, экологическая оценка, жизненное состояние, патология.

Введение

Зеленые насаждения парков являясь частью природно-экологического каркаса, представляют собой своеобразный центр стабилизации городской среды. Озелененные территории идут в разрез с геометризмом линий и объемом многоэтажных зданий и строений, тем самым смягчают и облагораживают городскую застройку [1]. Растительность как основной структурный и функциональный элемент городского парка вносит существенный вклад в формирование экологически благоприятной обстановки урбанизированной территории [2,3]. Однако современное состояние городских зеленых насаждений находится в зависимости от комплекса стрессовых факторов [4,5], основанных на увеличении концентрации хозяйственной деятельности человека и увеличением числа автомобильного транспорта. В городской среде результат такого воздействия проявляется «...в замет-

ном снижении качества компонентов природной среды, уменьшении биологического разнообразия, снижении средообразующих, эстетических и рекреационных функций городского ландшафта, прямым следствием чего становится ухудшение состояния здоровья населения» [6]. Сохранение качественных показателей состояния зеленых насаждений в условиях городской среды позволяет создать благоприятные условия для нормальной жизнедеятельности человека на урбанизированных территориях. Важным аспектом поддержания оптимального состояния растительности парков и скверов являются системные мониторинговые исследования экологического состояния зеленого фонда урбоэкосистемы.

Материалы и методы

Парк имени И.П. Кулибина расположен в Нижегородском районе г.Н.Новгорода. Парк ограничен



Рис 1. Парк им. И.П. Кулибина (Google-Карты: вид со спутника)

с северной стороны улицей М. Горького, а с южной — улицей Белинского, с запада на восток его территория заключена между Ашхабадской и Ошарской улицами. Таким образом, парк расположен между улицами с плотным транспортным движением и граничит с жилой и общественной застройкой.

Общая площадь парка составляет 98 998 кв.м, при этом площадь территории, занятой зелеными насаждениями составляет более 79%. Парк имени Кулибина включен в реестр озелененных территорий общего пользования (ОТОП) г.Н.Новгорода. Городской парк им. Кулибина отличается среди всех иных парков и скверов центральной части Н.Новгорода, в первую очередь, своим мемориально-историческим значением. Он основан в 1937 г. на месте Всесвятского Петропавловского кладбища, где был похоронен выдающийся нижегородец — механик-самоучка И.П. Кулибин.

Планировка и структура парка им. И.П. Кулибина сложились исторически и обусловлена целевым назначением функциональных зон, месторасположением и характером существующих насаждений. План реконструкции парка разработан и осуществлен в 1987 г. институтом «Горьковгражданпроект», и отражает современную планировочную ситуацию [7]. Для парка им. И.П. Кулибина характерно наличие открытых, полукрытых и закрытых пространств, которые, наряду

с исторически сложившимися объектами, диктуют расположение функциональных зон и парковых элементов на его территории.

Рельеф парка имеет небольшой уклон на юго-восток. Почвы представлены антропогенно преобразованными техногенными грунтами, преимущественно насыпными с каменистыми включениями и прослойками. Для них характерно уплотнение верхних горизонтов и наличие строительного и прочего мусора. Территория парка им. И.П. Кулибина имеет оптимальный водный режим. Зеленые насаждения парка представлены древесно-кустарниковой растительностью с преобладанием лиственных пород. Нижний ярус сформирован кустарниками: порослью клёна плантавидного (*Acer platanoides L.*), боярышником обыкновенным (*Crataegus laevigata (Poir.) DC.*), спиреей Вангутта (*Spiraea vanhouttei (Briot) Zabel*). Рекреационная нагрузка на территории парка им И.П. Кулибина распределена равномерно.

Категории жизненного состояния зеленых насаждений осуществляли по методике Б.Г. Нестерова. Ослабление состояния древесно-кустарниковых культур характеризовали методом расчета средневзвешенной величины на основании оценок категорий состояния зеленых насаждений: 1 — здоровое, 2 — ослабленное, 3 — сильно ослабленное, 4 — усыхающее, 5 — свежий сухостой.

Таблица 1. Видовой состав, категории жизненного состояния и уровень эстетической оценки древесной растительности, произрастающей на территории парка им. И.П. Кулибина г. Н. Новгорода

Наименование древесной культуры	Кол-во, (экз)	Доля, %	Категория Эстетическая оценка				Кср. Кэ
			1	2	3	4	
Деревья лиственных пород							
Липа сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	504	30,1	88	268	11	34	1,6
			255	195	54	-	1,6
Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth.)	174	10,4	20	57	71	26	2,6
			50	89	35	-	1,9
Клён платановидный (<i>Acer platanoides</i> L.)	292	17,4	78	128	66	20	2,1
			180	86	26	-	1,5
Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	48	2,8	7	13	18	10	2,6
			5	17	26	-	2,4
Ясень высокий (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	315	18,8	15	123	129	48	2,7
			42	201	72	-	1,9
Ясень ланцетолистный (<i>Fraxinus lanceolate</i> L.)	20	1,2	5	10	5	-	2,0
			11	8	1	-	1,5
Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L.)	53	3,1	2	15	26	10	2,8
			14	33	6	-	1,8
Тополь серебристый (<i>Populus alba</i> L.)	23	1,4	3	14	4	2	2,2
			11	10	2	-	1,6
Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	144	8,6	9	55	50	30	2,9
			22	77	45	-	2,2
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	81	0,7	2	19	26	34	3,1
			24	8	1	-	1,3
Яблоня дикая (<i>Malus sylvestris</i> Mill.)	12	0,7	2	3	3	4	2,8
			-	8	4	-	2,3
Каштан конский обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	1	0,06	-	1	-	-	2,0
			-	1	-	-	2,0
Боярышник обыкновенный (<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.)	1	0,06	-	-	1	-	3,0
			-	-	1	-	3,0
Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	1	0,06	-	1	-	-	2,0
			-	1	-	-	2,0
Черемуха обыкновенная (<i>Prunus padus</i> L.)	3	0,18	-	1	2	-	2,7
			-	-	3	-	3,0
Всего деревьев:	1672	100	231	708	515	218	2,5
			614	734	276	-	1,8
Деревья хвойных пород							
Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	29	53,7	2	6	9	12	3,1
			1	7	21	-	2,7
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)	24	44,4	7	3	7	7	2,6
			7	3	14	-	2,3
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	1	1,8	1	-	-	-	1
			1	-	-	-	1
Всего деревьев:	54	100	10	9	16	19	2,2
			9	10	35	-	2,5

где K_{cp} — средневзвешенная величина состояния породы;

Кэ — средневзвешенная величина эстетической оценки

Таблица 2. Видовой состав, категории жизненного состояния и эстетическая оценка кустарниковой растительности, произрастающей на территории парка им. И.П. Кулибина г. Н. Новгорода

Наименование культуры	Кол-во, кв.м.	Доля, %	Категория Эстетическая оценка				Кср. Кэ
			1	2	3	4	
Боярышник обыкновенный (<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.)	67,7	16,7	3,5	28,2	29,5	6,5	2,6
			3,5	39,2	25,0	-	2,3
Чубушник венечный (<i>Philadelphus coronarius</i>)	1,5	0,37	-	-	1,5	-	3,0
			-	1,5	-	-	2,0
Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i>)	1,8	0,44	-	-	1,8	-	1,8
			-	1,8	-	-	2,0
Спирея Вангутта (<i>Spiraea vanhouttei</i> (Briot) Zabel)	44,3	10,93	-	10,7	20,6	13,0	3,0
			-	17,7	26,2	-	2,6
Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i> Lam.)	65,5	16,7	-	28,4	21,3	15,8	2,8
			-	38,9	26,6	-	2,4
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i> L.)	5,0	1,23	-	-	5	-	3
			-	-	5	-	3
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	34,0	8,39	-	30	4	-	2,1
			-	34	-	-	2,0
Клен ясенелистный (поросль) (<i>Acer negundo</i> L.)	31,0	7,65	-	3,5	22,5	5,0	3,0
			-	-	17,5	13,5	3,4
Клен платановидный (поросль) (<i>Acer platanoides</i> L.)	95,6	23,59	-	33,9	44,3	17,4	2,8
			-	29,4	23,5	42,7	2,7
Ясень высокий (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	28,5	7,03	-	22,5	6,0	-	2,2
			15,5	6,5	6,5	-	1,7
Тополь серебристый (<i>Populus alba</i> L.)	30,2	7,45	-	30,2	-	-	1,0
			30,2	-	-	-	1,0
Всего кустарников:	405,1	100	3,5	187,4	156,5	57,7	2,5
			49,2	169,0	130,3	56,2	2,5

Фитопатологическое состояние древесных пород оценивалось визуально по общепринятым методикам. Эстетическая оценка зеленых насаждений проводилась по методике В.А. Агальцевой, 1993 г. по трехбалльной системе: 1 балл — высокая, 2 балла — средняя, 3 балла — низкая [8], при этом деревья подлежащие вырубке не учитывались. Выявление вредителей и болезней осуществлено по методике И.И. Журавлева, 1979 г. [9].

Результаты и обсуждение

Зеленые насаждения на территории Нижнего Новгорода выполняют важнейшие средообразующие и эстетические функции. Широко известна роль зеленых насаждений как звукопоглощающего барьера, аккумулятора взвешенных веществ и вредных примесей, содержащихся в атмосферном воздухе города. Деревья и кустарники в вегетационный период активно обогащают атмосферу города кислородом, увеличивают влажность воздуха. Сомкнутые насаждения формируют особую фитосреду, которая характеризуется уве-

личением влажности воздушных масс, уменьшением скорости ветра, более плавной амплитудой суточного изменения температур, по сравнению с аналогичными показателями открытых пространств. Некоторые биологические виды древесно-кустарниковых пород, особенно хвойные, выделяют фитонциды, которые имеют существенное оздоровительное значение. Не менее важен эстетический эффект от декоративных свойств зеленых насаждений, которые смягчают негативные факторы урбанизации. Однако свои положительные свойства зеленые насаждения проявляют только при условии их нормального развития, в виду чего ослабленные, имеющие низкие эстетические характеристики и мало привлекательные древесно-кустарниковые породы должны заменяться более устойчивыми к городским условиям, обладающими при этом привлекательными декоративными качествами.

Газонное покрытие создает фон для дендрологических и цветочных композиций, имеет большое санитарно-гигиеническое и эстетическое значение, и формирует целостность архитектурно-ландшафтного комплекса.

В настоящее время травянистый покров парка сильно деградирован, травостой редкий, засорен или отсутствует из-за затенения, значительная часть газона вытоптана. Площадь проективного покрытия составляет 30%.

В результате инвентаризации зеленых насаждений установлено, что на территории парка произрастает 1672 экз. древесных насаждений лиственной породы. Видовой состав зеленых насаждений парка им. И.П. Кулибина г. Нижнего Новгорода представлен 24 видами, относящимися к 21 роду, 11 семействам и 2 отделам. Количественная характеристика видового состава зеленых насаждений парка им. И.П. Кулибина, оценка их жизненного и эстетического состояния приведены в таблице 1.

Зеленые насаждения представлены древесной растительностью лиственных и хвойных пород деревьев, а также кустарниковой растительностью (таблица 2). Доминирующей древесной культурой среди лиственных пород в парке им. И.П. Кулибина является липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), Она составляет более 30% от общего числа деревьев лиственных пород. Субдоминантными лиственными породами являются ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.) и клён платановидный (*Acer platanoides* L.) 18,8% и 17,4% соответственно. Единичными экземплярами представлены древесные культуры: каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L., боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.), ива козья (*Salix caprea* L.). Среди хвойных пород преобладает ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Karst.), доля которой составляет более половины всех деревьев хвойных пород (53,7%). Доминирующим видом кустарниковой растительности является поросль клена платановидного (*Acer platanoides* L.) 23,6%.

Среднее значение жизнестойкости у большинства лиственных пород деревьев соответствует ослабленному состоянию (42,3%), основное число данной категории древесных культур составляют насаждения липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) — 268 экз., клёна платановидного (*Acer platanoides* L.) — 128 экз., ясеня высокого (*Fraxinus excelsior* L.) — 123 экз. Чуть менее трети всех деревьев лиственных пород (30,8%) и хвойных (29,6%), а также 38,6% кустарниковых насаждений имеют сильно-ослабленное состояние и нуждаются в проведении кронирования, обрезки сухих веток, лечение стволов.

Эстетическое состояние насаждений зависит от целого ряда факторов: вида и возраста древесных и кустарниковых насаждений, уровня антропогенной и рекреационной нагрузки, структурной организации и плотности размещения насаждений. Наиболее вы-

сокий класс эстетики (1,5) среди лиственных древесных культур отмечен для клена платановидного (*Acer platanoides* L.), ясеня ланцетолистного (*Fraxinus lanceolata* L.). Эстетика кустарников оценена несколько ниже, чем у деревьев, так средняя оценка 2,0 отмечена у чубушника венечного (*Philadelphus coronarius*), кизильника блестящего (*Cotoneaster lucidus*) и сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.).

Санитарная оценка зеленых насаждений выявила их неудовлетворительное состояние. Ослабление деревьев сопровождается усыханием, на долю усыхающих ветвей приходится свыше 50% всех повреждений. Многие деревья имеют механические повреждения, сухобочины и нуждаются в лечении, при этом велика доля гнилевых патологических факторов. У лип и кленов, примыкающим к улицам Белинского и Горького отмечено снижение прироста, измельчение листвы, краевой ожог. Среди болезней лиственных пород преобладают некрозно-раковые, что обусловлено возрастом насаждений, высотой деревьев. Так, средняя высота прикрепления первого живого сучка по породам составила: у липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) — 8,48 м, вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.) — 6,34 м, клена платановидного (*Acer platanoides* L.) — 4,97 м, ясеня высокого (*Fraxinus excelsior* L.) — 3,8 м, березы повислой (*Betula pendula* Roth.) — 8,08 м, рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) — 2,57 м, тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) — 11,3 м, тополя серебристого (*Populus alba* L.) — 11,5 м. Некрозные болезни обнаружены в основном на породах с тонкой корой — рябине обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и ясене высоком (*Fraxinus excelsior* L.). Преимущественно распространены туберкуляриевый, нуммуляриевый и цитофомовый некроз. Гиперпластические бактериозы в виде опухолевидного рака отмечены на клене ясенелистом (*Acer negundo* L.). Бактериозы в виде слизетечения отмечены на березе повислой (*Betula pendula* Roth.), клене ясенелистом (*Acer negundo* L.), рябине обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и липе сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.).

Биологическое разрушение древесины стволов вызвано трутовиками: ложным — *Phellinus igniarius* L. (отмечен на клене, липе, вязе, тополе), серно-желтым — *Laetiporus sulphureus* (тополь, ясень), настоящим — *Fomes fomentarius* L. (береза, липа), кленовым трутовиком — *Oxyporus populinus* Fr. (клен), щелевиком обыкновенным — *Schizophyllum commune* Fr. (ясень, клен, липа). Гниль стволов визуально отмечена как в виде плодовых тел трутовиков, так и в виде дупла (начальная стадия или конечная стадия).

Из болезней на листьях клена (подрост) отмечено их поражение мучнистой росой (степень средняя, пораже-

но от 10 до 35% листьев) черной пятнистостью (слабая степень, до 596 листьев). Мучнистая роса отмечена также и на карагане древовидной (*Caragana arborescens* Lam.). На листьях липы встречалась кремовая пятнистость (10–15%). Сильной поврежденности листьев вредителями не отмечено, лишь на отдельных липах в нижней части встречались листья поврежденные слизистым липовым пилильщиком (*Caliroa annulipes* L.) На клене единично встречался многоядный трубочковерт (*Byctiscus betulae* L.). Бурым войлочным липовым клещиком (*Eriophyes leiosoma* Nal.) на отдельных деревьях было повреждено до 75% листьев, на березе и клёне — березовый войлочный (*Eriophyes Rudis Typicus* Nal.) и единично — кленовый войлочный клещики (*Aceria pseudaplatani* (Corti).), на ели — еловый хермес (*Adelges tardus*) — 3,5%.

Заключение

Парк имени И.П. Кулибина в г. Н. Новгороде входит в реестр озелененных территорий общего пользования. Площадь, занятая зелеными насаждениями, составляет более 2/3 от общей площади парка. Основную долю в структуре зеленых насаждений составляют древесные лиственные культуры, их количество составляет 1672 экз., кустарники занимают площадь 405,1 кв. м.

Преобладающей лиственной культурой является липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), среди кустарников доминирует поросль клена платановидного (*Acer platanoides* L.) — 23,6%.

Значительная доля зеленых насаждений парка характеризуется ослабленным и сильно-ослабленным состоянием. Санитарно-патологическая оценка свидетельствует о неудовлетворительном состоянии большинства произрастающих на территории парка древесных культур. На каждой исследуемой древесной культуре выявлено два и более патологических признака. Среди основных болезней зеленых насаждений парка им. И.П. Кулибина преобладают бактериозы и некрозно-раковые опухоли различной этиологии, поражение древесины трутовиками. Неудовлетворительное состояние зеленых насаждений сквера обусловлено возрастом и ослабленным иммунитетом древостоя, произрастающего в городских условиях, а также связано с недостаточностью и низким качеством осуществления уходных мероприятий за озелененными территориями общего пользования. Парк им. И.П. Кулибина остро нуждается в благоустройстве, включая первоочередную задачу по периодической инвентаризации, реконструкции и уходу за существующими зелеными насаждениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аткина Л.И., Гневнов Е.С. Оценка эстетического состояния насаждений парков окраин г. Екатеринбурга и пути их улучшения // Хвойные бореальной зоны, XXXI, № 1–2. 2013. С. 36–41.
2. Козлов А.В., Медведева Е.Б. Оценка обеспеченности горожан озелененными территориями в условиях современного развития города Нижнего Новгорода // Приволжский научный вестник. 2015. № 12(1)–52. С. 15–18.
3. Кириллов С.Н., Половинкина Ю.С. Оценка состояния зеленых насаждений общего пользования г. Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11, Естеств. науки. 2013. № 1 (5). С. 29–34.
4. Рунова Е.М., Гаврилин И.И., Гаврилина М.К. Комплексная оценка экологического состояния древесных растений урбоэкосистемы Братска по интегральному показателю устойчивости // Хвойные бореальной зоны, XXX, № 3–4. 2012. С. 312–315.
5. Иевская А.А., Корсунова Т.М. Изучение состояния растительности в системе озеленения города Улан-Удэ // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 2 (31). С. 54–59.
6. Копосова Н.Н., Шайбекова М.Р. Проектирование парка «Мещерское озеро» как структурного элемента экологического каркаса города Нижнего Новгорода // Успехи современного естествознания. 2017. № 7. С. 81–85.
7. Воронина О.Н. Ландшафтная архитектура нижегородских парков. Н.Н.: Полиграфцентр ННГАСУ. 2013. 263 с.
8. Агальцова В.А. Основы лесопаркового хозяйства. М.: МГУЛ. 2008. 213 с.
9. Журавлев И.И., Крангауз Р.А. Яковлев В.Г. Болезни лесных и древесных кустарников. М.: Лесная промышленность. 1974. 160 с.

© Вершинина Ирина Валерьевна (vershinina.iv@gmail.com), Рябова Евгения Павловна (riabova_97@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (ТМ) РЯСКОЙ МАЛОЙ (LEMNA MINOR) В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ ХОДЦА

ACCUMULATION OF HEAVY (HM) DUCKWEED (LEMNA MINOR) UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE HODZA RIVER

V. Zubkova
F. Arslanbekova
Z. Makakhaniuk

Summary. The possibility of testing the state of water and bottom sediments of the Hodza River based on the study of the chemical composition of Lemna minor is being considered. A high positive relationship was established between the HM content in duckweed and bottom sediments of the river, a high positive relationship between the iron content in water and duckweed. A contrasting technogenic phytogeochemical anomaly in iron was revealed, which can be defined as selective, characteristic of duckweed. The biological absorption coefficients for the duckweed / water system are several orders of magnitude higher in comparison with the duckweed / bottom sediment system. According to the total removal of elements by duckweed, they can be arranged in a row: Fe > Zn > Cu > Pb > Cd, which completely coincides with the range of the content of these elements in plants.

Keywords: anthropogenic pollution, heavy metals, bottom sediments, concentration coefficient, biological absorption coefficient, phytogeochemical anomaly.

Зубкова Валентина Михайловна

Д.б.н., профессор, Российский государственный
социальный университет (Москва)
vmzubkova@yandex.ru

Арсланбекова Флура Файзирахмановна

К.б.н., Российский государственный социальный
университет (Москва)
arslanka_65@mail.ru

Макаханюк Жанна Сергеевна

Аспирант, Российский государственный
социальный университет (Москва)
Nanochka16@mail.ru

Аннотация. Рассматривается возможность тестирования состояния воды и донных отложений реки Ходца на основе изучения химического состава Lemna minor. Установлена высокая положительная связь между содержанием ТМ в ряске и донных отложениях реки, высокая положительная связь между содержанием железа в воде и ряске. Выявлена контрастная техногенная фитогеохимическая аномалия по железу, которую можно определить как селективную, характерную для ряски. Коэффициенты биологического поглощения для системы ряска/вода на несколько порядков выше в сравнении с системой ряска/донные отложения. По общему выносу элементов ряска их можно расположить в ряд: Fe > Zn > Cu > Pb > Cd, что полностью совпадает с рядом содержания этих элементов в растениях.

Ключевые слова: антропогенное загрязнение, тяжелые металлы, донные отложения, коэффициент концентрации, коэффициент биологического поглощения, фитогеохимическая аномалия.

Большая роль в формировании и восстановлении качества природных вод принадлежит высшим водным растениям [17, 10, 5].

Воздействие на растения различных токсикантов, в том числе и тяжелых металлов, приводит к снижению устойчивости биоценозов.

В связи с этим изучение химического состава водных растений, являющихся мощным аккумулятором загрязнителей, позволит выявить наиболее контрастные техногенные биогеохимические аномалии, образующиеся при загрязнении воды и донных отложений и уровень концентрации загрязнителей, создающий потенциальный экологический риск.

Тяжелые металлы относят к числу наиболее опасных химических загрязняющих веществ поверхностных вод. Попадая в водотоки, они долгое время могут оставаться в экосистеме, претерпевая трансформационные изменения, аккумулируясь растениями и животными, вызывая необратимые изменения и нарушения жизненно важных функций у большинства организмов [19, 20].

Высшие водные растения (ВВР), накапливая элементы-загрязнители могут удерживать их практически в течение всего вегетационного периода, исключая из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения. При этом они играют существенную роль в очистке водоемов от поллютантов [16].

Водные растения реагируют на присутствие в воде тяжелых металлов быстро. Металлы вызывают ряд изменений — в морфологии, анатомии, физиологических и биохимических процессах клеток растений. Для оценки степени токсичности металлов обычно используют параметры выживаемости и скорости роста растений, прежде всего гидрофитов. При этом биохимические изменения являются первичными в этой цепочке и могут служить биомаркером воздействия тяжелых металлов на растения [1]. В этой связи многие водные растения можно использовать для биотестирования и биоиндикации загрязнения металлами, а растения, способные накапливать тяжелые металлы, — применять для биоремедиации и в очистке сточных вод [3,15].

ВВР оказывает разностороннее воздействие на динамику водных масс и донных отложений. Прежде всего, она оказывает механическое сопротивление движению воды и тем самым способствует осаждению взвешенных в воде веществ и их накоплению. Кроме того, растительность накапливает (сорбирует) различные вещества на листьях и стеблях, а также поглощает их в процессе обмена с внешней средой. Количество накапливаемых растительностью биогенных элементов, металлов и других загрязняющих веществ может исчисляться десятками и сотнями тысяч тонн [7].

Данная проблема становится особенно актуальной на территориях с разноплановым и многокомпонентным техногенным воздействием.

Целью наших исследований явилось определение аккумулирующей способности и роли ряски малой в миграциях ТМ на примере малой реки Ходца.

Методы

Материалом для исследований послужили пробы воды, почвы и образцы прибрежно-водной растительности, отобранные в летний период (начало августа) 2020 г. в малой реке Ходца вблизи крупного промышленного центра г. Электросталь Московской области.

С учетом строения береговой линии нами было установлено три створа: в истоке (55.810586 с.ш., 38.480605 в.д.), в промежуточной точке (55.808665 с.ш., 38.507754 в.д.) и в устье (55.773356 с.ш., 38.637410 в.д.).

Содержание ТМ в образцах воды, донных отложений и растениях определено атомно-абсорбционным методом по методикам, представленным в природоохранных нормативных документах федерального уровня, в аккредитованных испытательных лабораториях МГУ имени М.В. Ломоносова, филиала Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр ги-

гиены и эпидемиологии в Московской области» и «Центре сертификации и экологического мониторинга агрохимической службы “Московский”».

Для установления характера связи между содержанием загрязнителей в изучаемых компонентах проведен корреляционный анализ.

Для определения аккумуляции исследуемых тяжелых металлов использовали коэффициент концентрации (КК) или коэффициент биологического накопления (КБН), показывающий способность растений избирательно поглощать химические элементы. Его вычисляли как отношение содержания элемента в растении к содержанию в воде или донных отложениях.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований прибрежно-водной растительности, выявлено, что из-за неблагоприятных гидрохимических свойств воды *Lemna minor* является одним из двух видов растений (второй вид — *Carex aquatilis*), преобладающих в малой реке Ходца.

Представители семейства рясковые (*Lemnaceae*) — перспективный экспериментальный объект для экотоксикологических исследований и биомониторинга в силу своей химической чувствительности. Ряска малая (*Lemna minor*), которой представлено это семейство в изучаемом водном объекте — однодольное покрытосемянное растение, неукорененный плейстофит, с упрощенным строением [14].

Она широко распространена в стоячих или с медленным течением водоёмах и довольно чувствительна к загрязнению ТМ [4].

Результаты наших исследований свидетельствуют о дифференциации в интенсивности накопления ТМ растениями *Lemna minor*, отобранными на разных участках реки Ходца (табл. 1). Так, содержание кадмия, свинца, цинка и меди в пространстве варьировало в 1,1–1,2 раза; железа — 7,8 раза.

В первую очередь к резкому обеднению фитоценоза реки высшей водной растительностью по нашим данным приводит содержание в воде железа. Постоянное превышение ПДК по этому элементу способствует накоплению его в растениях ряски до 5864 мг/кг сухой массы. В литературе встречаются единичные данные по такой высокой концентрации железа в водных растениях [6].

Нашими исследованиями установлено, что такое концентрирование осок железом происходило

Таблица 1. Содержание ТМ в воде, донных отложениях и *Lemna minor*

Определяемый показатель	Содержание ТМ в воде, мг/дм ³	Содержание ТМ в донных отложениях, мг/кг	Содержание ТМ в <i>Lemna minor</i> , мг/кг
Fe	18,7±2,8 0,522±0,157	5159±361 1374±96	5864,32±879,65 754,60±113,19
Cd	0,0005±0,0001 0,0005±0,0001	2,29±0,16 0,45±0,03	0,571±0,064 0,464±0,054
Pb	0,02±0,006 0,02±0,006	6,28±0,44 5,11±0,36	0,539±0,051 0,491±0,053
Zn	0,03±0,003 0,01±0,001	24,9±2,13 33,8±4,01	34,68±2,93 41,75±3,18
Cu	0,02±0,002 0,04±0,001	6,73±0,44 8,23±0,92	8,76±1,41 10,14±1,38

*В числителе — исток; в знаменателе — промежуточная точка

Таблица 2. Содержание железа в воде, донных отложениях и береговом грунте реки Ходца в летнюю межень, среднее за 2018–2020 гг.

Место взятия образца	Вода, мг/дм ³	Донные отложения, мг/кг	Береговой грунт, мг/кг
Исток	18,5	5159±1548	902±271
Среднее течение	1,76	1374±412	790±237
Нижнее течение	9,94	577±173	2625±788

Таблица 3. Корреляционная зависимость содержания ТМ в *Lemna minor*, воде и донных отложениях

Варианты	Железо	Кадмий	Свинец	Цинк	Медь
Вода	R = 0,66	-	-	R = — 0,30	R = 0,31
Характер связи	высокая положительная	-	-	средняя отрицательная	средняя положительная
ДО	R = 0,66	R = 0,64	R = 0,62	R = 0,65	R = 0,63
Характер связи	высокая положительная				

на фоне превышения его допустимых норм в среднем за 3 года в воде в 5,9–33,1 раза (табл. 2).

Высокая накопительная способность *L. minor* по отношению к тяжелым металлам может свидетельствовать о зависимости процесса аккумуляции от степени контакта растения с водной средой. Е.М. Коробова указывает, что влаголюбие вида может играть большую роль в накоплении химических элементов, чем его систематическое положение [9].

Химический состав растений отражает элементный состав среды обитания, в связи с чем содержание изучаемых элементов в большей степени должно коррелировать с составом донных отложений.

Корреляционный анализ зависимости содержания ТМ в ряске от концентрации ТМ в воде и донных отложениях показал на высокую положительную связь кон-

центрации всех изучаемых ТМ в растениях с их количеством в донных отложениях (табл. 3).

С содержанием ТМ в воде и ряске установлена высокая положительная связь только по железу.

Механизмы устойчивости ряски к избытку ТМ проявляются, очевидно, в способности накапливать высокие концентрации ТМ, при этом проявлять к ним толерантность; другие растения стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций [11].

Расчет коэффициентов концентрирования (КК) ТМ по отношению к водной среде и донным отложениям, характеризующих степень толерантности растений и являющихся критериями при выборе биоиндикаторов, показал, что они определяются видом элемента и его концентрацией в среде (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты биоконцентрирования ТМ рясковой малой, 2020 г

Элемент		По содержанию в воде	По содержанию в донных отложениях
Cd	1.	1142	0,25
	2.	928	1,03
Pb	1.	27	0,09
	2.	25	0,10
Fe	1.	314	1,14
	2.	1446	0,55
Zn	1.	1156	1,39
	2.	1043	1,24
Cu	1.	438	1,30
	2.	254	1,23

*1 — исток; 2 — Промежуточная точка.

Таблица 5. Продуктивность *Lemna minor* в реке Ходца в 2020 г., г/м²

Место отбора проб	Число растений	Число щитков	Число щитков с повреждениями	% щитков с повреждениями	Сухая масса, г/м ²
Исток	150±14	160±13	36±	22,5	42,2
Промежуточная точка	200±16	750±54	-	отсутствуют	48,7
НСР 05					4,08

Установленная зависимость коэффициентов биологического поглощения металлов в растениях от содержания соответствующих ТМ в воде и донных отложениях неоднозначна в пространстве.

Однозначным является лишь то, что тяжёлые металлы поглощаются активнее в системе ряска-вода, чем в системе ряска-донные отложения. Коэффициенты биологического поглощения для системы ряска/вода на несколько порядков выше по сравнению с системой ряска/донные отложения.

К настоящему времени опубликованы работы, посвященные оценке аккумулятивной способности различных видов ряски и их использованию для очистки сточных и рудничных вод от тяжелых металлов и других поллютантов [2, 13, 18, 21].

В соответствии с полученными данными ряску по отношению к воде можно отнести к сверконцентраторам. По отношению к донным отложениям ряска является аккумулятором кадмия, железа, цинка и меди. Поэтому в силу своей химической чувствительности *Lemna minor* — перспективный экспериментальный объект для экотоксикологических исследований и биомониторинга.

Ряску малую (*Lemna minor*) многие авторы считают оптимальным биоиндикатором, так как она реагирует

на различные виды загрязнений. В связи с чем *Lemna minor* широко используется в фитоиндикации.

Кроме того, способность растений семейства рясковых к извлечению и накоплению значительный количеств металлов активно используется в технологии очистки стоков.

Одним из главных параметров при оценке загрязненности водоемов является их биологическая продуктивность. Все металлы связаны со степенью биопродуктивности следующим образом: негативное действие токсичных металлов, как правило, увеличивается с уменьшением биопродуктивности. Показатель биопродуктивности лежит в основе определения экологического риска. При этом показатель биопродуктивности водоема, используется как показатель его трофического уровня.

Нами оценена продуктивность ВВР в разных участках реки Ходца (табл. 5).

Сухая масса растений существенно различалась в зависимости от места отбора проб (табл. 5). Плотность ряски (г/м²) увеличивалась от истока к промежуточной точке.

В нижнем течении растения ряски отсутствовали, что, очевидно связано как со скоростью движе-

Таблица 6. Накопление ТМ *Lemna minor*, мг/м²

Показатели	Исток	Промежуточная точка
Cd	0,025	0,023
Pb	0,023	0,026
Fe	247,47	36,75
Zn	1,46	2,03
Cu	0,370	0,494

ния воды, так и с меньшим содержанием биогенов по сравнению с верхним течением. От верхней точки к промежуточной содержание практически всех загрязнителей уменьшалось. Кроме того, возрастало значение pH.

По приведенным результатам можно рассчитать количество ТМ, вовлекаемых в биологический круговорот на определенный период времени (табл. 6).

Общее количество извлекаемых растениями загрязнителей изменялось в широких пределах в зависимости от вида растений и извлекаемых элементов.

Биологический вынос элементов у *Lemna minor* в истоке варьировал от 23 мкг на 1 м² по кадмию до 247470 мкг на 1 м² — по железу; в промежуточной точке по тем же элементам — от 23 до 36750 мкг. Таким образом, интервал колебаний в выносе кадмия и железа отмечен в 1598–10760 раз.

По общему выносу элементов во всех местах отбора проб их можно расположить в следующий убывающий ряд:

Fe>Zn>Cu>Pb> Cd, то есть он полностью совпадает с рядом содержания этих элементов в растениях.

Однако ряска очень быстро размножается, давая огромные урожаи зеленой массы с единицы площади водоема. Она одинаково хорошо растет как в сухое, так и в дождливое лето. При регулярном удалении ее за сезон собирают для кормления рыбы до 80 т/га. По некоторым данным, суточный прирост ряски составляет 10–20% от общей массы. Лучше делать сборы каждые 5–10 дней.

Высокая урожайность обусловливается тем, что ряска состоит из фотосинтезирующих и размножающихся клеток. Имея малые размеры и покрывая поверхность водоема, ряска поглощает почти всю физиологически полезную солнечную радиацию. Ряска усваивает не только минеральные вещества, но и интенсивно поглощает ТМ [12].

Заключение

В связи с усиливающимся загрязнением природной среды многие токсичные вещества попадают в водотоки, где они аккумулируются в организмах гидробионтов, достигая значительных величин, что может привести их к гибели [8]. Только немногие виды, способные переносить сильное загрязнение среды обитания и высокие дозы загрязняющих веществ, приспосабливаются к антропогенному прессингу. В реке Ходца одним из таких видов растений является *Lemna minor*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акмуханова, Н.Р. Создание консорциума высших водных растений и микроводорослей для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов [Текст] / Н.Р. Акмуханова, Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова [и др.] // Физиология растений, 2018. — том 65. — № 1. — С. 73–80.
2. Бардюкова, А.В. О возможности применения свободноплавающих гидрофитов водных экосистем Беларуси для очистки сточных вод от соединений металлов методом фиторемедиации [Текст] / А.В. Бардюкова, О.В. Ковалёва // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема», 2019. — № 3(36). — С. 9–16.
3. Вайсман, Я.И. Использование водных растений для доочистки сточных вод [Текст] / Я.И. Вайсман, Л.В. Рудакова, Е.В. Калинина // Экология и промышленность России. — 2006. — № 11. — С. 9–11.
4. Горленко, В.М. Экология водных микроорганизмов [Текст] / В.М. Горленко, Г.А. Дубинина, С.И. Кузнецов. — М.: Наука, 1977. — 289 с.
5. Дайнеко, Н.М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью водоемов вблизи г. Жлобина Гомельской области Республики Беларусь [Текст] / Н.М. Дайнеко, С.Ф. Тимофеев, С.В. Жадько // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2016. — Т. 327. — № 5. — С. 124–132.
6. Железнова, С.Н. Баланс железа в плотной культуре диатомовой водоросли *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin [Текст]: материалы международ. науч. конференции, посвящ. 125-летию Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН Москва. — М., 2015. — С. 238–241.

7. Казмирук В.Д. Накопление тяжелых металлов высшей водной растительностью различных биотопов устьевой области Волги [Текст]: материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвящ. памяти Б.А. Флерова. — Борок, 2008. — С. 30–34.
8. Капитонова, О.А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов ряской малой (*Lemna minor* L.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-akkumulyatsii-tyazhyolyh-metallov-ryaskoy-maloy-lemna-minor-l> (дата обращения: 1.06.2021 г.).
9. Коробова, Е.М. Миграция меди кобальта и йода в ландшафтах Юго-Восточной Мещеры [Текст] / Е.М. Коробова // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения. — М.: ИМГРЭ, 1991. — С. 3–17.
10. Красильникова, Н.С. Растения семейства Lemnaceae как биоиндикаторы экологического состояния водных экосистем [Текст]: материалы Всероссийской научно-технической интернет конференции. — Орел: Орел ГТУ, 2009. — 220с.
11. Макаханюк, Ж.С. Миграция тяжелых металлов в системе береговой грунт — донные отложения — растения реки Ходца в период летней межени 2019 [Текст] / Ж.С. Макаханюк, В.М. Зубкова, Л.А. Розумная // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2020. — № 2. — С. 67–74.
12. Моисеев, Н.Н. Живые корма [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Моисеев, С.В. Севастеев. — Новосибирск, 2016. — 115 с.
13. Никаноров, А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах [Текст] / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов // Л.: Гидрометеоздат, 1991. — 312 с.
14. Цаценко, Л.В. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды [Текст] / Л.В. Цаценко, В.Г. Пасхалиди // Масличные культуры, 2018. — Вып. 4 (176). — С. 146–51.
15. Чачина, С.Б. Использование биотехнологических методов доочистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5741> (дата обращения: 31.05.2021).
16. Шашуловская, Е.А. О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища [Текст] / Е.А. Шашуловская // Поволжский экологический журнал, 2009. — № 4. — С. 357–360.
17. Шуйский, В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений [Текст] / В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров // Сб. научн. докл. VII междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России». — СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002 г. — 19 с.
18. Galczynska, M. Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water [Text] / M. Galczynska, N. Mankowska, J. Milke, M. Busko // Journal of Water and Land Development. — 2019. — No 40 (I–III). — P. 161–173.
19. Ghazaryan, K. Copper phytoremediation potential of wild plant species growing in the mine polluted areas of Armenia [Text] / K. Ghazaryan // Environmental Pollution. — 2019. — T 249. — P. 491–501.
20. Guo, J. Bioassessment of heavy metal toxicity and enhancement of heavy metal removal by sulfate-reducing bacteria in the presence of zero valent iron [Text] / J. Guo, Y. Kang, Y. Feng // Journal of environmental management. — 2017. — T. 203. — P. 278–285.
21. Sasmaz, A. Removal of Cr, Ni, and Co in the water of chromium mining areas by using *Lemna gibba* L. and *Lemna minor* L. [Text] / A. Sasmaz, I.M. Dogan, M. Sasmaz // Water and Environment Journal. — 2016. — No 30 (3–4). — P. 235–242.

© Зубкова Валентина Михайловна (vmzubkova@yandex.ru),

Арсланбекова Флура Файзирахмановна (arslanka_65@mail.ru), Макаханюк Жанна Сергеевна (Nanochka16@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И ИММУНОЦИТОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ИНТОКСИКАЦИИ АЦЕТАТОМ СВИНЦА

CHANGES IN HEMATOLOGICAL AND IMMUNOCYTOCHEMICAL PARAMETERS OF WHITE RAT BLOOD DURING LEAD ACETATE INTOXICATION

**O. Komusova
O. Shubina
O. Kirdyashkina**

Summary. This study is aimed at studying the leukogram and leukocyte indices of blood, T — and B — lymphocyte subpopulations to assess the state and functioning of the cellular and humoral immunity in acute lead acetate intoxication. Studies have shown that the introduction of lead acetate in animals of the experimental group showed changes in the leukogram and leukocyte indices, the content of CD3, CD4, CD8, CD20-lymphocytes, indicating the course of pathological processes, disruption of the cellular and humoral links of immunity, inhibition of immunoreactivity caused by the action of lead acetate.

Keywords: blood, lymphocytes, cellular immunity, humoral immunity, leukogram.

Комусова Ольга Ивановна

К.б.н., ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»
(г. Саранск)
timoshkina03@mail.ru

Шубина Ольга Сергеевна

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

Кирдяшкина Ольга Викторовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»
(г. Саранск)
Sigma.ov@mail.ru

Аннотация. Данное исследование направлено на изучение лейкограммы и лейкоцитарных индексов крови, субпопуляции Т- и В- лимфоцитов для оценки состояния и работы клеточного и гуморального звена иммунитета при острой интоксикации ацетатом свинца. Исследования показали, что при введении ацетата свинца у животных опытной группы отмечались изменения, в лейкограмме и лейкоцитарных индексах, содержании CD3, CD4, CD8, CD20-лимфоцитов, указывающие на протекание патологических процессов, нарушение работы клеточного и гуморального звеньев иммунитета, угнетение иммунореактивности, вызванные действием ацетата свинца.

Ключевые слова: кровь, лимфоциты, клеточный иммунитет, гуморальный иммунитет, лейкограмма.

Введение

Изучение лейкоцитарного профиля в норме и при различных воздействиях является традиционным и важнейшим направлением современной гематологии. Несмотря на большое число исследований в данном направлении и с учетом выраженной защитной функции и высокой реактивности лейкоцитов периферической крови представляется целесообразным изучение их количественного содержания для оценки степени эндогенной интоксикации животного организма, клеточного и гуморального звеньев иммунитета при подостром отравлении соединениями свинца [1,2,4].

Цель выполнения исследования

Выявить закономерности изменений лейкограммы, лейкоцитарных индексов крови, оценить экспрессию субпопуляций лимфоцитов в периферической крови у крыс при подострой интоксикации ацетатом свинца.

Материалы и методы исследования

Данное исследование проведено на 50 белых беспородных половозрелых крысах-самцах, которые были разделены на 2 группы. Контрольная группа находилась на общем режиме вивария. Опытная группа получала в течение 7 суток перорально ацетат свинца

Таблица 1. Лейкограмма крови крыс (M±s)

Показатель	Контроль	Опыт
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,8±0,3	7,2±0,2*
Палочкоядерные нейтрофилы,%	2,4±1,4	5,6±1,0*
Сегментоядерные нейтрофилы,%	16,2±1,9	17,3±0,9**
Эозинофилы,%	3,1±1,0	9,3±0,9*
Базофилы,%	1,8±0,8	1,0±0,4*
Моноциты,%	4,1±1,5	2,3±0,5*
Лимфоциты,%	72,3±2,6	64,3±1,6*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю $P \leq 0,01$; ** — достоверно по отношению к контролю $P \leq 0,05$; # — достоверно по отношению к опыту 1 $P \leq 0,01$; ## — достоверно по отношению к опыту 1 $P \leq 0,05$.

Pb(CH₃COO)₂·3H₂O в дозе 45 мг/кг/сутки (в пересчете на свинец), что соответствует подострой интоксикации экспериментальных животных [4,5].

В работе применялись высокоинформативные методы исследования периферической крови: гематологические, иммуноцитохимические, статистические.

Периферическую кровь получали из хвостовой вены крысы под наркозом смеси эфира с хлороформом (1:1) перед декапитацией.

Мазки крови окрашивали по методу Романовского — Гимзы. Лейкоциты подсчитывали в камере Горяева. Относительное содержание лейкоцитов определяли путем цитологического исследования мазков крови [1,3,5].

Расчет индексов производился на основании данных лейкограммы.

Для получения характеристики Т-клеточного звена циркулирующих лимфоцитов оценивалась экспрессия маркеров CD3, CD4, CD8. Для оценки В-системы иммунитета (гуморального звена) определялось количество В-лимфоцитов (CD20).

Согласно инструкции фирмы производителя Dako (Дания) суспензию лимфоцитов раскапывали на стеклах с лунками, предварительно обработанными 0,1% поли-L-лизинном (Serva, Германия). В каждую лунку вносили по 20 мкл клеточной взвеси в концентрации 5×10⁶/мл. Инкубировали в течение 30 мин во влажной камере. Фиксировали 70% этиловым спиртом 10 мин. После фиксации клетки отмывали в фосфатном буфере (PBS) 3 раза по 5 мин. Далее на приготовленные клетки наносили по 20 мкл специфических моноклональных антител (МКАТ) к CD-маркерам клеток: к CD3, к CD4, к CD8, к CD20 (в разведении 1/100), производства Dako (Дания) и PBS в качестве контроля для исключения пря-

мого иммуномечения (окрашивания) клеток вторичными антителами и инкубировали в течение 30 минут при комнатной температуре во влажной камере. Затем стекла трижды отмывали в PBS, после чего на лунки наносили вторые связывающие антитела по 20 мкл с инкубацией 10 мин. Далее проводили трехкратную промывку стекол PBS. Затем на лунки наносили стрептавидин, конъюгированный с пероксидазой, по 20 мкл с инкубацией 10 мин. Далее трехкратно промывали стекла PBS. Приготовленный *ex tempore* хромоген (3-диаминобензидин тетрагидрохлорид) наносили по 30 мкл на лунку на 10 мин. и смывали его дистиллированной водой. Стекла подсушивали [5].

Визуализацию и подсчет иммунопозитивных клеток проводили с помощью бинокулярного светового микроскопа (Axioscop «Carl Zeiss», Германия). Увеличение: объектив ×100, окуляр ×10. CD-позитивные клетки имели отчетливое коричневое окрашивание. Определяли среднее содержание клеток, экспрессирующих CD белки [5].

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 8.0. Для проверки статистических гипотез использовали t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Результаты представлены как среднее ± стандартное отклонение (s). Критический уровень значимости $p \leq 0,01$, $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

При изучении показаний лейкограммы контрольных животных было установлено, что изучаемые показатели крови находились в пределах физиологической нормы (табл. 1) [1,2]. В тоже время в лейкограмме опытных животных наблюдались значительные изменения, что свидетельствует о воздействии свинца на клетки крови и органы лейкопоза и демонстрирует признаки интоксикации (табл. 1).

Таблица 2. Лейкоцитарные индексы крови у крыс ($M \pm s$)

Показатель, усл.ед	Контроль	Опыт
Индекс Кребса	0,2±0,04	0,3±0,03*
Лейкоцитарный индекс	3,9±0,5	2,8±0,2*
Лейкоцитарный индекс интоксикации	0,2±0,03	0,3±0,03*
Индекс сдвига лейкоцитов крови	0,3±0,04	0,5±0,04*
Индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов	22,1±9,6	28,1±5,0*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю $P \leq 0,01$; * — достоверно по отношению к опыту 1 $P \leq 0,01$.

Таблица 3. Содержание субпопуляций лимфоцитов в периферической крови у крыс, % ($M \pm s$)

Субпопуляция лимфоцитов	Контроль	Опыт
CD3	45,1±2,6	36,2±1,8*
CD4	31,7±2,5	20,5±1,0*
CD8	18,4±1,4	8,6±0,4*
CD20	22,0±1,3	13,1±0,6*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю $P \leq 0,01$; * — достоверно по отношению к опыту 1 $P \leq 0,01$.

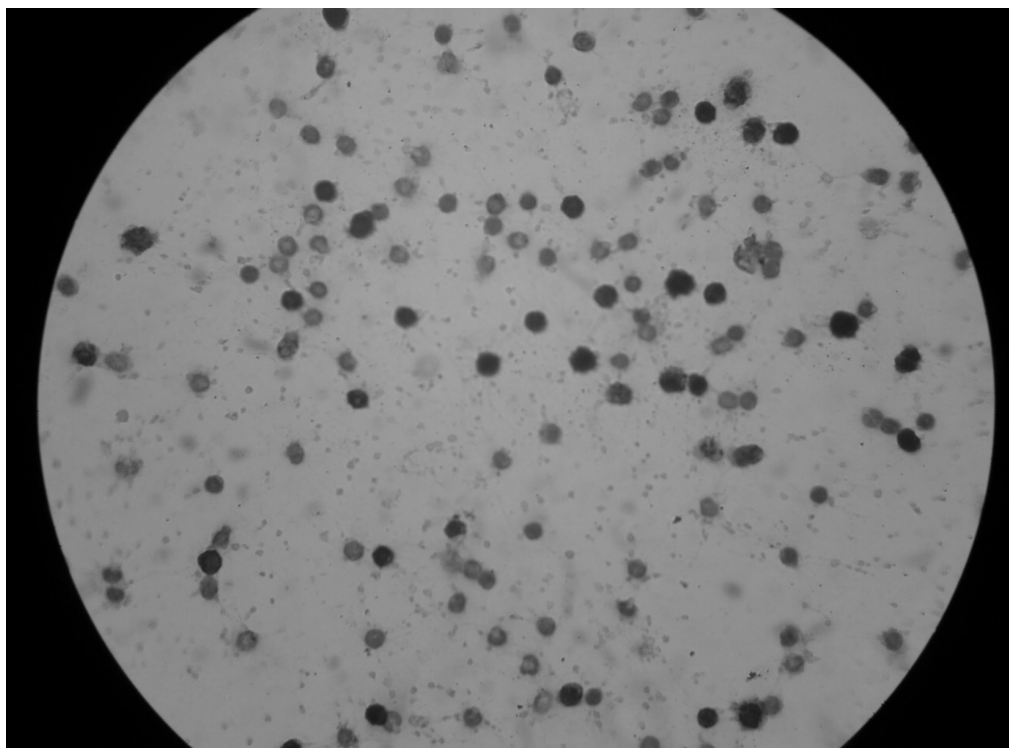


Рис. 1. Субпопуляция Т-лимфоцитов (CD3) в периферической крови у крыс (контроль). Окрашивание (иммуномечение) моноклональными антителами к CD3-маркеру клеток. Об. 100 × ок. 10.

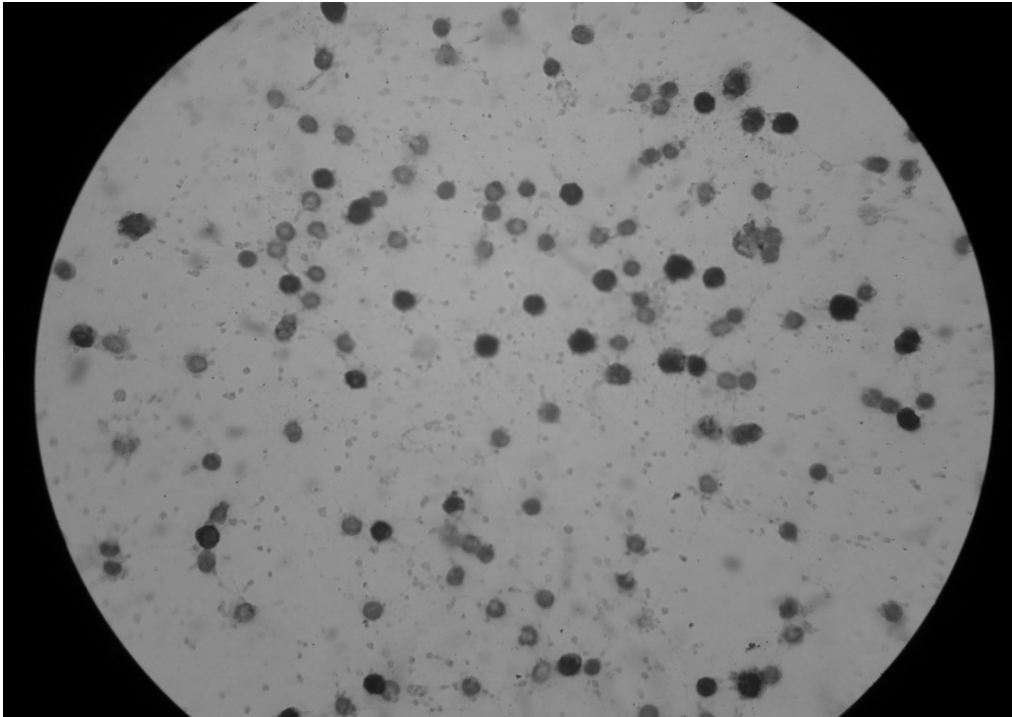


Рис. 2. Субпопуляции Т-лимфоцитов (CD3) в периферической крови у крыс (опыт 1). Окрашивание (иммуномечение) моноклональными антителами к CD3-маркеру клеток. Об. 100 × ок. 10.

В крови животных, получавших ацетат свинца, наблюдался умеренный рост общего количества лейкоцитов (на 5,2%, $p \leq 0,01$). При этом произошло существенное увеличение количества палочкоядерных нейтрофилов (на 127,8% ($p \leq 0,01$), при умеренном росте концентрации сегментоядерных (на 6,4%, $p \leq 0,05$). Обращает на себя внимание резкое увеличение под влиянием свинцовой интоксикации количества эозинофилов (в 2,95 раза, $p \leq 0,01$), при существенном уменьшении содержания базофилов (на 42,7%, $p \leq 0,01$), моноцитов (на 41,9%, $p \leq 0,01$) и лимфоцитов (на 11%, $p \leq 0,01$, табл. 1).

В качестве оценки интоксикации организма крысы провели анализ лейкоцитарных индексов, который показал, что в опытной группе по сравнению с контрольной, наблюдалось увеличение индекса Кребса (на 38,4%, $p \leq 0,01$), лейкоцитарного индекса интоксикации (на 25%, $p \leq 0,01$), индекса сдвига лейкоцитов крови (на 61,3%, $p \leq 0,01$), индекса соотношения лимфоцитов и моноцитов крови (на 26,9%, $p \leq 0,01$), уменьшение лейкоцитарного индекса (на 28,8%, $p \leq 0,01$), (табл. 2).

Совокупность изменения индексов указывает на течение в организме патологического процесса, сопровождающегося разрушением и сбоем в работе иммунной системы. Это выразилось в стойком повышении пока-

заний всех индексов, за исключением лейкоцитарного, величина которого понизилась вследствие увеличения относительного содержания нейтрофилов.

При оценивании экспрессии маркеров CD3, CD4, CD8, характеризующих работу Т-клеточного звена циркулирующих лимфоцитов так же был обнаружен ряд изменений в сравнении с показаниями контрольной группы животных (табл. 3).

Отмечалось уменьшение содержания CD3, CD4, CD8-лимфоцитов на 20%, 35%, 53% ($p \leq 0,01$). Полученные данные свидетельствуют о возникновении иммунодефицита по клеточному типу, ослаблении цитотоксической и супрессорной функций.

При оценивании работы В-системы иммунитета основным определяемым маркером В-лимфоцитов являлся CD20. В сравнении с показателями контрольной группы, в опытной группе отмечалось снижение CD20-лимфоцитов на 40% ($p \leq 0,01$), что указывает на нарушения в работе гуморального иммунитета и нарушение продукции антител (табл. 3).

Выводы

Получение крысами течение 7 суток перорально ацетат свинца $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ в дозе 45 мг/кг/сут-

ки привело к резким изменениям в лейкоцитарной формуле: более чем двукратному росту числа палочкоядерных нейтрофилов и еще более значительному увеличению содержания эозинофилов при существенном снижении относительного содержания базофилов и лимфоцитов.

Так же, у животных опытной группы отмечались изменения, в лейкоцитарных индексах, содержании CD3, CD4, CD8, CD20-лимфоцитов, указывающие на протекание патологических процессов, нарушение работы клеточного и гуморального звеньев иммунитета, угнетение иммунореактивности, вызванные действием ацетата свинца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бышевский, А.Ш. Неспецифическая коррекция изменений гемостаза при заболеваниях, протекающих с гиперкоагуляцией / А.Ш. Бышевский, С.И. Галян, В.А. Полякова // *Фундаментальные исследования*. — 2008. — № 2. — С. 29–36.
2. Васильев, Ю.Г. Ветеринарная клиническая гематология / Ю.Г. Васильев // *Учебное пособие*. Гриф УМО вузов России (+ DVD/ Лань, 2020. — 687 с.
3. Дубынин, В.А. Регуляторные системы организма человека: учеб. пособие для студ. вузов / В.А. Дубынин, А.А. Каменский, М.Р. Сапин. — М.: Дрофа, 2010. — 365 с.
4. Кобец, Т.В. Интегральные лейкоцитарные индексы как критерий оценки тяжести течения эндогенной интоксикации и эффективности проводимого лечения у детей с атопическим дерматитом [Электронный ресурс] / Т.В. Кобец [и др.] // *От научных разработок к внедрению в практику: педиатрия и детская хирургия: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф., 4–5 окт. 2012 г. / под ред. Т.И. Текученко; КГМУ им. С.И. Георгиевского*. — Алушта, 2012. — Режим доступа: URL: <http://drcobez.narod.ru/st>
5. Семченко, В.В. Гистологическая техника: учебное пособие / В.В. Семченко, С.А. Барашкова, В.И. Ноздрин, В.Н. Артемьев. — Омск-Орел: Омская областная типография. — 2006. — 290 с.

© Комусова Ольга Ивановна (timoshkina03@mail.ru),

Шубина Ольга Сергеевна (os.shubina@mail.ru), Кирдяшкина Ольга Викторовна (Sigma.ov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева

ФИТОПЛАНКТОН РЕКИ ОБЬ В РАЙОНЕ ГОРОДА СУРГУТ¹

PHYTOPLANKTON OF THE OB RIVER IN VICINITY OF SURGUT

O. Skorobogatova
E. Gontazhevskaya
A. Moskaleva

Summary. An ecological and floristic phytoplankton assessment of the Ob River in one of its middle course segments, located at high latitudes, was carried out. A rich algological community was observed, based on the summer and autumn field material, with the composition noticeably changed since earlier studies carried out in 1996. The top 10 families comprise more than a half, and the largest 8 genera include 33% of all observed algae. Under conditions of pH close to neutral, the main factor influencing the formation of species diversity, total abundance and structure of the identified phytoplankton is water temperature. The study also features the floristic comparison of the Ob River plankton assemblages with those of other large rivers: Lena, Irtysh, Dnieper, Volga. The prevalence of planktonic, widespread, oligohalobial, beta-mesosaprobic varieties and forms of algae, which prefer a neutral medium reaction, was revealed in the studied phytoplankton.

Keywords: species, assemblage, flora, diversity, abundance, ecology.

Скоробогатова Ольга Николаевна

К.б.н., доцент, Нижневартровский государственный университет
Olnics@yandex.ru

Гонтажевская Екатерина Николаевна

Нижневартровский государственный университет

Москалева Анна Сергеевна

Нижневартровский государственный университет

Аннотация. Проведена эколого-флористическая оценка фитопланктона реки Обь на одном из отрезков ее среднего течения, находящегося в высоких широтах. На основе летне-осеннего полевого материала установлено богатое альгологическое сообщество, состав которого заметно изменился при сравнении с более ранними исследованиями 1996 г. В составе ведущих 10 семейств находится более половины, а крупнейшие 8 родов включают 33% всех выявленных водорослей. В условиях показателя pH близкого к нейтральному, основным фактором, влияющим на формирование видового богатства, общей численности и структуры выявленного фитопланктона является температура воды. Приведено флористическое сравнение альгоценозов планктона реки Обь с крупными реками: Лена, Иртыш, Днепр, Волга. В исследованном фитопланктоне выявлено преобладание планктонных, широко распространенных, олигогалобных, бета-мезосапробных разновидностей и форм водорослей, предпочитающих нейтральную реакцию среды.

Ключевые слова: вид, альгоценоз, флора, разнообразие, численность, экология.

Введение

Город Сургут располагается на правом берегу реки Обь, в среднем её течении в центральной части Западно-Сибирской равнины.

По климатическим условиям район приравнен к Крайнему Северу. Климат района резко континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная, снежный покров сохраняется в среднем 207 дней. Лето короткое, теплое. Наблюдаются резкие колебания температуры в течение года и даже суток [12]. Речная сеть относится к бассейну Карского моря. Исследуемый участок приходится на зону тайги, где р. Обь протекает в основном по болотистой таежной равнине. В районе преобладают верховые болота, которые питаются

атмосферными осадками. Мощность торфа достигает 6–10 м. Берега реки преимущественно низкие, заболоченные, легко размываемые [4].

Среднее течение Оби в альгологическом плане до 1980-х годов исследовалось фрагментарно. Затем с 1979 по 1994 гг. Науменко Ю.В. были проведены многолетние исследования, касающиеся выявления видового состава, сезонной и межгодовой динамики фитопланктона и оценки качества вод р. Обь [10]. Однако обновление альгоценозов происходит каждые 3–5 лет, поэтому настоящее исследование остается весьма актуальным. Результаты исследования по зеленым хлорококковым водорослям опубликованы в 2018 г [5, 6]. Оригинальные материалы опубликованы по зеленым водорослям [1].

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда федерального имущества и Правительства Ханты-Мансийского автономного округа-Югры в рамках научного проекта № 18-44-860005.

Таблица 1. Таксономический состав выявленного фитопланктона р. Обь (г. Сургут)

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид, разновидность	Доля, %
Cyanobacteria	1	3	3	7	9	2,8
Chrysophyta	3	3	4	8	34	10,5
Bacillariophyta	2	12	22	36	114	35,2
Euglenophyta	2	2	3	9	60	18,5
Xanthophyta	1	1	1	1	2	0,6
Dinophyta	1	2	4	5	8	2,5
Cryptophyta	1	1	1	1	2	0,6
Chlorophyta	3	4	16	39	84	25,9
Charophyta	1	1	3	5	11	3,4
Всего	15	29	57	111	324	100

Материалы и методы исследования

Исследование основано на 27 оригинальных сборах фитопланктона реки Обь, выполненных в период с июля по октябрь 2018 года, стационарным методом, 2 раза в месяц (левое, правое течение и середина), в створе города Сургут.

Изучение водорослей выполнено на зафиксированном формальдегидом материале, с доведением раствора до 4%, и обработкой осадка гравиметрическим методом. Одновременно со сбором фитопланктона с помощью портативного pHscan 2 Waterproof измеряли температуру и активную реакцию воды.

Микроскопирование выполнено с применением световых микроскопов Nikon Elipse E200 и Primo Star Zeiss с кратным увеличением от 640 до 1600, идентификация проведена с помощью отечественных и зарубежных определителей, монографий и атласов. Диатомовые водоросли определены на постоянных препаратах, изготовленных путем помещения их створок в канадский бальзам. Освобождение створок диатомовых водорослей от органических веществ осуществлено методом холодного выжигания с помощью серной кислоты. Таксономический список выявленных водорослей, выполнен в соответствии с современными номенклатурными изменениями глобальной базы данных по водорослям [24]. Анализ таксономической структуры фитопланктона проведен с использованием методов, принятых в сравнительной флористике [8, 21].

Количественный учет клеток каждого вида проведен в камере Наджотта с перерасчетом на 1 литр пробы воды [14]. Доминантный комплекс определен по первым 2—3 позициям списка численности водорослей.

Экологическая приуроченность водорослей определена с помощью определителей, монографий [7] и крупных статей [3, 9, 22].

Целью обсуждаемого исследования является эколого-флористический анализ фитопланктона реки Обь в створе города Сургута.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях летне-осеннего периода 2019 г. максимальный прогрев верхнего слоя воды реки Обь отмечен в конце июля — плюс 19,4 °С, минимальный в начале октября — плюс 11,34 °С. Показатель активности водородного показателя находился в диапазоне 6,5—6,7, что свидетельствует о нейтральной среде верхнего слоя воды реки Обь. После весеннего подъема 2019 г., в июле уровень воды находился на отметке — 5,07 м, постепенно падая к концу сентября до 1,39 м, осенний подъем уровня реки в начале зарегистрирован в начале октября (1,45 м).

В результате изучения 27 проб фитопланктона выявлено 324 представителя водорослей, вошедших в состав 111 родов, 57 семейств, 29 порядков, 15 классов, 9 отделов (табл. 1).

Характеризуя представленность отделов в фитопланктоне Оби следует подчеркнуть, что основу составляют диатомовые — 35,2% списочного состава выявленных водорослей и зеленые — 25,9%, что является характерной чертой голарктических рек [16]. Пики видового разнообразия фитопланктона приходятся на конец июля 70 видов (31,8%) при температуре воды 15 °С, третью часть, разнообразия составляют диатомовые и сентябрь — 73 (25,5% выявленных водорослей) при

Таблица 2. Сравнение альгоценозов планктона крупных рек России

Сравниваемые показатели	Обь	Иртыш	Лена	Днепр	Волга
Число семейств	57	56	58	105	105
Число родов	111	347	106	271	307
Число видов	324	401	222	1569	1423
Отношение числа семейств к числу родов, %	51,4	16,1	55,0	39,0	34,0
Отношение числа семейств к числу видов, %	17,6	14,0	26,0	7,0	7,4
Отношение числа родов к числу видов, %	34,3	87,0	48,0	17,2	22,0
Пропорции флоры	1:1,9:5,7	1:6,1:7,1	1:1,8:4	1:2,6:15	1:3:14
Родовая насыщенность	2,9	7,1	4,0	15,0	14,0
Семейства с одним видом	22	16	18	26	15
Число родов с одним видом	56	60	49	110	49

температуре воды 11 °С, основу фитопланктона в этот период составляют диатомовые и зеленые.

Как правило, в реках, текущих на север, на первом месте стоит отдел диатомовых, в отличие от многих рек, несущих свои воды на юг, в которых отмечают значительное преобладание зеленых, например, в Днепре [13].

У зеленых водорослей наибольшее разнообразие выявлено со второй половины августа до середины сентября включительно, при низких уровнях воды температуре 15—16 °С. Эвгленовые занимают в крупных сибирских реках 4—5 место [11], однако в рассматриваемом случае они находятся на 3-м месте. Наибольшее их разнообразие обнаружено во II декаде июля и в сентябрьских сборах, соответственно 10 и 13—18 видов, при температуре воды в диапазоне 15,5—11,4 °С. Отдел золотистых занимает 4-ую позицию, наибольшее разнообразие (6—10 водорослей) наблюдается в планктоне со II декады августа по II декаду сентября, при температуре воды 16,3—12,3°. Подобные наблюдения отмечены в реке Вах [17]. Роль остальных 5 отделов составляет в сумме 32 таксона, или 9,9% и для фитопланктона Оби не играет большой роли, в то же время дальнейшие исследования могут изменить наше представление о роли того или иного отдела. Водоросли Xanthophyta в речных водах Обского бассейна развиваются аллохтонно, о чем свидетельствуют литературные публикации [18].

Семейственный спектр водорослей, характеризует внутреннюю структуру альгофлоры исследуемого водоема. В первую десятку, отражающим основную часть флористического спектра семейственного спектра фитопланктона Оби входят 194 вида, составляя более половины всех выявленных водорослей. Лидируют семейства *Scenedesmaceae* (36 видов), *Phacaceae* (32), *Dinobryaceae* (31), *Euglenidae* (25), *Bacillariaceae* (15), *Naviculaceae* и *Gomphonemataceae*

(по 12), *Stephanodiscaceae* (11), *Hydrodictyaceae* и *Selenastraceae* (по 10).

В списке ведущих семейств первую позицию занимают эвгленовые водоросли (17,6% всего списочного состава), затем следуют зеленые (17,35), затем диатомовые (15,4) и золотистые — 9,6%. Известно, что особенностью альгофлоры высоких широт является наличие большого числа маловидовых семейств [19, 20, 22, 23]. В исследуемом фитопланктоне выявлен высокий удельный вес маловидовых семейств: представленных только одним видом — 6,8%, или 22 семейства, 2-мя видами 6,2%, или 10 семейств и 3-мя видами 4,6%, или 5 семейств. Остальные семейства занимают промежуточное положение с составом от 4 до 7 водорослей.

Анализ родового спектра фитопланктона показывает, насколько неравномерно распределяются виды среди родов. Первые 8 ведущих родов, включают 33,3% выявленных водорослей. К ним относятся *Trachelomonas* и *Lepocinclis* (по 18 видов), *Desmodesmus* (15), *Phacus* и *Nitzschia* (по 14), *Dinobryon* (12), *Scenedesmus* (9), *Pseudokephyrion* (8)

В списке лидирующих родов выделяются эвгленовые, составляя 15,3% из числа найденных водорослей, зеленые — 7,4 и золотистые — 6,2%. К одновидовым относится 56 родов, или 17,3% обнаруженных водорослей, родам с 2-мя видами — 28, или 16,1%, с 3-мя — 3, или 2,8%. Остальные роды занимают промежуточное положение, включая 4—7 представителей.

Для флористического анализа изучаемого фитопланктона важно оценить и сравнить некоторые показатели сообществ с другими реками (табл. 2).

При сравнении фитопланктона Оби с другими крупными реками отмечается, что число семейств, родов, видов, родовая насыщенность, значительно ниже в си-

бирских реках. Лимитирующими факторами для развития фитопланктона являются высокие скорости течения, неблагоприятный температурный режим, низкая минерализация и бедность биогенными элементами, что свойственно рекам, несущим свои воды на север.

Если в рассматриваемом ряду составов фитопланктонов — ряду обеднения — сравнивать изменение двух показателей: числа родов и среднего числа видов, разновидностей и форм водорослей в одном роде, то придется констатировать, что обеднение фитопланктонов особо проявляется в уменьшении разнообразия родов и семейств и менее резко в уменьшении второго показателя. Более богатые флоры отличаются повышенными значениями пропорции флор.

Во всех сравниваемых сообществах не высок удельный вес семейств и особенно родов, представленных только одним видом. Так для Оби он составляет 17,3%; Иртыша — 14,6; Лены — 22,1; Днепра — 7,0; Волги — 3,4%. Полученные материалы, несмотря на многие черты сходства, с большой убедительностью отражают разные пути исторического развития сибирских и европейских альгофлор. Среди сибирских рек состав фитопланктона Оби является достаточно богатым.

На протяжении всего периода летне-осенних исследований в планктоне постоянно наблюдали 2 вида. Численность *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen колебалась в диапазоне от 477,7 в августе до 1267,4 тыс. кл/л в сентябре. Наибольшая численность *Trachelomonas hispida* (Perty) F. Stein отмечена в сентябре — 1924,9 тыс. кл/л, с быстрым ее снижением в октябре до 57,6. В более ранних исследованиях фитопланктона рек региона отмечаются подобные наблюдения [11, 15].

Сезонная динамика численности фитопланктона на исследуемом участке р. Обь указывает на то, что наиболее важную роль играют эвгленовые, диатомовые, зеленые и золотистые водоросли.

Общая численность водорослей в июле составляет 8533,4, тысяч клеток на 1 л воды (далее тыс. кл/л), в августе — 4358,8, сентябре — 20774,3, в октябре — 1918,4 тыс. кл/л. Таким образом, кривая численности водорослей имеет 1 пик, в связи с увеличением температуры воды в первой декаде сентября, в октябре следует резкое падение численности водорослей. Всего за период исследований водоросли Cyanobacteria составили 931,9 тыс. кл/л, Chrysophyta — 5805,2, Bacillariophyta — 8824,7, Euglenophyta — 12215,2, Dinophyta — 843,0, Chlorophyta — 6965,0 тыс. кл/л. Водоросли Xanthophyta и Cryptophyta в течение летне-осеннего периода наблюдений встречаются единично.

По географической принадлежности основу фитопланктона составляют космополиты — 118 видов (35% выявленных водорослей), что является характерным для многих северных регионов. По количеству космополитных видов зеленые занимают лидирующую позицию — 39 видов (21%). По категории галобности, наиболее многочисленными является группа индифферентных водорослей, которая включает в себя 226 видов (69,8%), что свидетельствует о малой минерализации вод, обусловленной физико-географическими особенностями исследуемой территории. По отношению к активности водородного показателя среды обитания водорослей первое место занимают индифферентные виды 154 вида (45%). Воды р. Обь в районе г. Сургут имеют нейтральную реакцию, несущественно изменяющуюся в течение года, поэтому в реке выявлена значительная доля индифферентов. Из них с наибольшей численностью развиваются зеленые водоросли. По отношению к концентрации органических веществ состав водорослей-индикаторов образован — мезосапробами, включающими 186 видов (55%). Это говорит о средней степени загрязнения вод легкоокисляемыми органическими нетоксичными веществами. Воды р. Обь самоочищаются, но слабо насыщены кислородом.

Сохранение биоразнообразия занимает особое место среди основных экологических проблем современности. Проведение идентификации и инвентаризации видового состава водной экосистемы реки Обь указывает на богатый водорослей состав планктона. По сравнению с данными 1995 года видовой состав альгоценоза в районе г. Сургут на 173 вида уменьшился. Возможно, этот факт связан с тем, что результаты предыдущих исследований относятся к многолетним в отличие от настоящих. Однако, в среднем течении Оби нами выявлено 239 новых видов, часть которых в 1994 г. были выявлены выше по течению, что свидетельствует о смене биогеоценозов. Пропорция флоры для р. Обь в районе г. Сургут по оригинальным данным составляет 1:1,9:5,7. Число одновидовых семейств в семейственном спектре составляет 38,6%; в родовом спектре число одновидовых родов составляет — 50,5%. Наиболее устойчивыми видами для реки оказались *Aulacoseira italica* (Bacillariophyta) и *Trachelomonas hispida* (Euglenophyta), у которых отмечена наиболее высокая активность. Пик общей численности водорослей приходится на сентябрь — 20774,3 тыс.кл/л. По количеству клеток на 1 литр воды выделяются отделы *Bacillariophyta* и *Euglenophyta*. Экологический анализ водорослей фитопланктона Средней Оби показал преобладание планктонных, широко распространенных форм, олигогалобных, бетамезосапробных разновидностей и форм водорослей, предпочитающих нейтральную реакцию среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашурова З.М., Скоробогатова О.Н. Зеленые водоросли планктона реки Обь в районе города Сургут // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 8. С. 8–16.
2. Баженова О.П. Многолетняя динамика фитопланктона бассейна реки Иртыш: Состояние и тенденции. Омск, 2005, 318 с.
3. Барина С.С., Медведева Л.А. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М.: ВНИИприроды, 2000. 150 с.
4. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / Под ред. Николаева. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 448 с.
5. Гонтажевская Е.Н., Скоробогатова О.Н. Пространственное распределение хлорококковых водорослей в прибрежном планктоне реки Обь // В сборнике: XX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Ответственный редактор А.В. Коричко. 2018. С. 85–89.
6. Изгужина Р.Р., Скоробогатова О.Н. Динамика водорослей Scenedesmus в прибрежном планктоне реки Обь // В сборнике: XX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Сборник статей. Ответственный редактор А.В. Коричко. 2018. С. 104–108.
7. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Под ред. А.И. Копылова. Кострома: Костромской печатный дом. 2015. 284 с.
8. Малышев Л.И. Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. Л., 1972. С. 17–40.
9. Науменко Ю.В. Водоросли фитопланктона реки Оби. Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 1995. С. 55.
10. Науменко Ю.В. Фитопланктон реки Оби автореферат дис. ... доктора биологических наук / Центр. сиб. ботанич. сад. Новосибирск, 1996.
11. Науменко Ю.В., Скоробогатова О.Н. Эвгленовые водоросли р. Вах (Западная Сибирь). Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2010. № 10. С. 49–53.
12. Обзор состояния окружающей среды города Сургута 2006–2010, 2011. 98 с.
13. Приймаченко А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ. Киев: Наук, думка, 1981. 278 с.
14. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М., 2003. 157 с.
15. Скоробогатова О.Н. *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim. в планктоне реки Вах (Западная Сибирь). Естественные и технические науки. 2010. № 3 (47). С. 107–111.
16. Скоробогатова О.Н. Фитопланктон р. Вах (Западная Сибирь) диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск. Нижневартковск, 2010.
17. Скоробогатова О.Н. Редкие *Cyrosophyta* в планктоне реки Вах и условия их обитания. В мире научных открытий, № 4.1(64) г. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. С. 670–679.
18. Скоробогатова О.Н. Эколого-таксономические сведения о водорослях *Xanthophyta* в планктоне реки Вах В мире научных открытий, № 4.1(64) г. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015а. С. 661–670.
19. Скоробогатова О.Н. Таксономическая структура цианопрокариот и водорослей водных объектов парка Югра (Нижневартковский район, ХМАО — Югра). Вестник Нижневартковского государственного университета. 2017. № 4. С. 8–16.
20. Скоробогатова О.Н., Мингалимова А.И., Галимзянова С.Т. Таксономический Состав водорослей р. Аган // В сборнике: Север России: стратегии и перспективы развития. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 281–286.
21. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та. 1984. 288 с.
22. Skorobogatova O.N. Taxonomic Composition of phytoplankton in the Vakh river (Western Siberia) // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 5th International field symposium "West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present" and the International conference "Carbon Balance of Western Siberian Mires in the Context of Climate Change". 2018. С. 012017.
23. Skorobogatova O.N., Yumagulova E.R., Storchak T.V., Ivanova N.A. Phytoplankton of surface waters under oil pollution (Samotlor field, Western Siberia). *Periodico Tche Quimica*. 2019. Т. 16. № 32. С. 306–320.
24. Guiry M.D. in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2019. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 08 June 2019.

© Скоробогатова Ольга Николаевна (Olnics@yandex.ru),

Гонтажевская Екатерина Николаевна, Москалева Анна Сергеевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОТЫ АСКОРБИНОВОЙ В ЦВЕТКАХ *CALENDULA OFFICINALIS* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF ASCORBIC ACID IN THE FLOWERS OF *CALENDULA OFFICINALIS* L. GROWING IN DIFFERENT DISTRICTS OF THE ORENBURG REGION

**I. Tarenkova
N. Vinokurova
A. Bondarenko
A. Sinegovets
I. Mikhailova**

Summary. The aim of this work is a comparative analysis of the content of ascorbic acid in the flowers of *Calendula officinalis* L. growing in different climatic conditions in the Orenburg region. The method of redox titration established that the largest amount of ascorbic acid is contained in the flowers of *Calendula officinalis* L. harvested in Sharlyksky and Ponomarevsky districts ($1.030 \pm 0.1\%$ and $0.686 \pm 0.08\%$, respectively), which can be explained by the climatic conditions of the growth of *Calendula officinalis* L.

Keywords: *Calendula officinalis* L., material of medicinal plants, ascorbic acid, Orenburg region.

Таренкова Ирина Валерьевна

Ассистент, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург
itarenkova@mail.ru

Винокурова Наталья Викторовна

К.б.н., доцент, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург
nschustova@mail.ru

Бондаренко Анатолий Игоревич

Аспирант, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия
anat1998bond@mail.ru

Синеговец Ангелина Анатольевна

Ассистент, Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург
a.a.sinegovets@yandex.ru

Михайлова Ирина Валерьевна

Д.б.н., Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург
michaylova74@yandex.ru

Аннотация. Целью работы явился сравнительный анализ содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis* L., произрастающей в различных климатических условиях на территории Оренбургской области. Методом окислительно-восстановительного титрования установлено, что наибольшее количество кислоты аскорбиновой содержится в цветках *Calendula officinalis* L., заготовленных в Шарлыкском и Пономаревском районах ($1,030 \pm 0,1\%$ и $0,686 \pm 0,08\%$ соответственно), что может быть объяснено климатическими условиями произрастания *Calendula officinalis* L.

Ключевые слова: *Calendula officinalis* L., лекарственное растительное сырьё, кислота аскорбиновая, Оренбургская область.

Введение

С *calendula officinalis* L. — однолетнее травянистое растение семейства Астровые (*Asteraceae*), распространено повсеместно на территории Российской Федерации, в том числе и в Оренбургской области. Спектр применения *Calendula officinalis* L. определяется наличием биологически активных веществ (БАВ), среди которых значительный вклад в суммарное терапевтическое действие вносит кислота аскорбиновая.

Известно, что кислота аскорбиновая является природным антиоксидантом, участвует в транспорте электронов в окислительно-восстановительных процессах (в частности, восстанавливает Fe^{3+} в Fe^{2+} , усиливает действие витамина Е, преобразует его окисленную форму [10], является восстановителем и легко переходит в кислоту дегидроаскорбиновую). В то же время, кислота аскорбиновая оказывает влияние на обмен веществ, ускоряет заживление ран, повышает свёртываемость крови и сопротивляемость к инфекциям, оказывает

Таблица 1. Климатическая характеристика районов Оренбургской области

Районы	Количество осадков, мм/год	Географическое расположение	Характеристика климата	Средне-годовая температура, °С	Высота над уровнем моря, м
Шарлыкский	350–400	Северо-запад	Континентальный	+2,4	190
Пономарёвский	414	Северо-запад	Резко континентальный	+2,3	169
Сакмарский	343	Центр	Резко континентальный	+3,9	111
Кваркенский	265–315	Северо-восток	Резко континентальный	+1,5	281
Тюльганский	352,63	Север центральной части	Континентальный	+3,1	308
Оренбургский	375	Центр	Умеренно-континентальный	+4,7	107
Беляевский	320	Центр	Резко континентальный	+3,9	128
Адамовский	306–320	Восток	Резко континентальный	+1,5	284

антиоксическое действие при отравлении многими ядами и бактериальными токсинами [8]. Исследования показывают, что накопление БАВ, в т.ч. кислоты аскорбиновой, зависит от природно-климатических факторов, таких как количество осадков, температуры воздуха, высоты над уровнем моря районов произрастания растений, рельефа местности, химического состава почвы [9].

В настоящее время все чаще возникает потребность в поиске перспективных регионов для культивирования лекарственного сырья с максимальным содержанием действующих веществ. Исходя из вышеизложенного, представляет актуальность изучение содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis L.*, произрастающей в различных климатических условиях на территории Оренбургской области.

Целью настоящего исследования явился сравнительный анализ содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis L.*, произрастающей в различных районах Оренбургской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились цветки *Calendula officinalis L.*, собранные в восьми районах Оренбургской области в период максимального накопления БАВ во время цветения в местах вдали от города, автомобильных и железных дорог, промышленных предприятий, отстойных сооружений [3], а также в качестве сырья сравнения сырьё *Calendula officinalis L.*, приобретённое в аптечной сети.

Выбор районов обусловлен климатическими характеристиками (таблица 1).

Количественное определение содержания кислоты аскорбиновой в исследуемом ЛРС производили методом окислительно-восстановительного титрования [2].

Содержание кислоты аскорбиновой в пересчете на абсолютно сухое сырьё в процентах (X) вычисляли по формуле (1):

$$X = \frac{V \cdot 0,000088 \cdot 300 \cdot 100 \cdot 100}{a \cdot (100 - W)}$$

где: 0,000088 — количество кислоты аскорбиновой, соответствующее 1 мл раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (0,001 моль/л), в граммах;

V — объём раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (0,001 моль/л), пошедшего на титрование, в миллилитрах;

a — навеска сырья в граммах;

W — потеря в массе при высушивании сырья в процентах [1], [2].

Результаты проведенных исследований обработаны с использованием пакета программ для ПК «Microsoft Excel 2016», «STATISTICA 10.0», включая метод непараметрического (критерий Манна-Уитни) анализа.

Результаты исследования

Количественное определение содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis L.*, произрастающей в некоторых районах Оренбургской

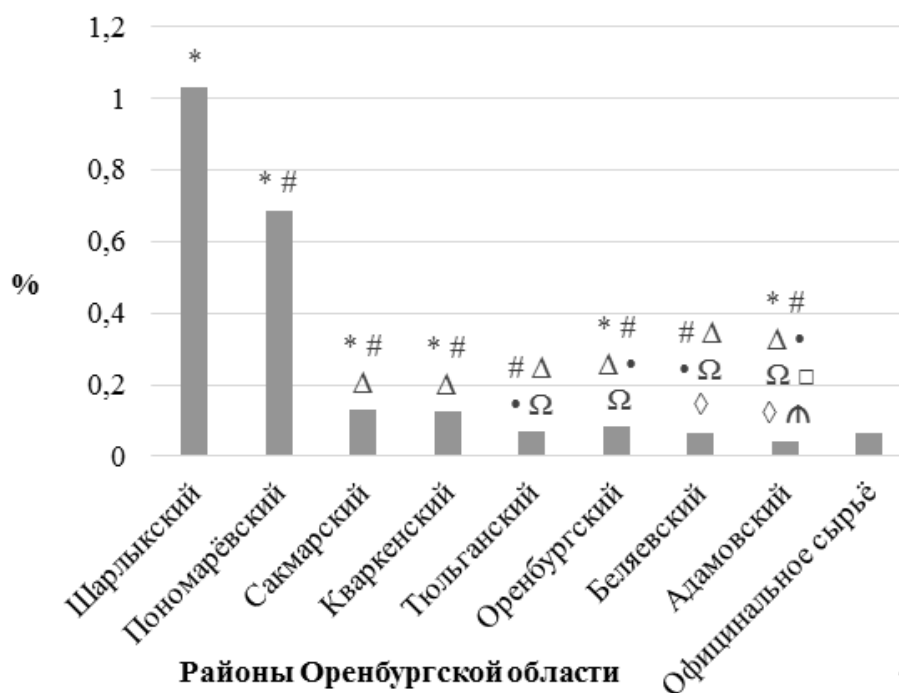


Рис. 1. Содержание кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis* L.

Примечание: достоверные различия ($p < 0,05$): * — по сравнению с официальным сырьём; # — по сравнению с цветками *Calendula officinalis* L. (далее — ЛР), произрастающими в Шарлыкском районе; Δ — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Пономарёвском районе; • — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Сакмарском районе; Ω — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Кваркенском районе; □ — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Тюльганском районе; ◇ — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Оренбургском районе; ♯ — по сравнению с цветками ЛР, произрастающими в Беляевском районе.

области, показало, что по сравнению с официальным сырьём цветки *Calendula officinalis* L., произрастающие в Шарлыкском, Пономарёвском, Сакмарском, Кваркенском, Тюльганском и Оренбургском районах, накапливают кислоту аскорбиновую в более высоких концентрациях (рисунок 1). Наибольшее накопление кислоты аскорбиновой отмечается в цветках *Calendula officinalis* L., собранных в Шарлыкском и Пономарёвском районах, $1,030 \pm 0,104\%$ и $0,686 \pm 0,079\%$ соответственно, а наименьшее — в цветках, собранных в Адамовском районе — $0,044 \pm 0,002\%$ (рисунок 1).

Анализ количественного содержания кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis* L., произрастающей в различных районах Оренбургской области, установил, что содержание кислоты аскорбиновой различно в зависимости от района произрастания растения. Количественное содержание кислоты аскорбиновой можно выразить следующей последовательностью: Шарлыкский > Пономарёвский > Сакмарский > Кваркенский > Оренбургский > Тюльганский > Беляевский > Адамовский.

Обсуждение

Обсуждая полученные результаты, установленные различия по содержанию кислоты аскорбиновой в исследуемом сырье можно объяснить, с одной стороны, тем, что определяющим фактором накопления кислоты аскорбиновой в растениях могут являться осадки. Отмечено, что обильные дожди негативно влияют на содержание данного витамина в растениях, поскольку избыток влаги препятствует накоплению кислоты аскорбиновой. При этом оптимальная обеспеченность солнечной энергией и оптимальное увлажнение растений обеспечивают сохранность в них кислоты аскорбиновой [5], [7]. Осадки на территории Оренбургской области распределяются неравномерно. Их среднее количество убывает с северо-запада (450 мм в год) на восток (260 мм в год), тем самым определяя более высокое содержание кислоты аскорбиновой в цветках *Calendula officinalis* L., собранной в Шарлыкском районе на северо-западе области и низкое содержание в восточных Адамовском и Кваркенском районах. Тем самым, в цветках *Calendula officinalis* L., собранных

в северо-западных районах Оренбургской области, кислоты аскорбиновой должно содержаться существенно больше, чем в сырье, заготовленном на востоке области [6], что подтверждается полученными нами данными.

С другой стороны, существует также зависимость концентрации кислоты аскорбиновой от высоты местности произрастания растений над уровнем моря. По мере увеличения высоты местности произрастания происходит повышение содержания кислоты аскорбиновой в данных растениях. Факторами, определяющими закономерности накопления кислоты аскорбиновой, являются понижение температуры и повышение уровня ультрафиолетовой радиации [4]. Однако, согласно проведенным исследованиям, этот фактор не является определяющим, поскольку высота над уровнем моря на территории одного района также может варьироваться, ввиду особенностей рельефа (горы, низменности, холмы, возвышенности и т.д.). К примеру, в нашем исследовании наименьшее содержание кислоты аскорбиновой отмечено в Адамовском

районе ($0,044 \pm 0,002\%$), который отличается значительной высотой над уровнем моря (284 м), в то время как в Кваркенском районе, также существенно возвышающемся над уровнем моря (281 м), содержание кислоты аскорбиновой оказывается несколько большим ($0,127 \pm 0,008\%$).

Следовательно, полученные данные подтверждают необходимость системного учёта влияния всех факторов, воздействующих на произрастающее растение и определяющих накопление кислоты аскорбиновой.

Заключение

Таким образом, исследования показали, что Шарлыкский и Пономарёвский районы являются наиболее благоприятными районами Оренбургской области для заготовки цветков *Calendula officinalis* L., что можно объяснить наиболее благоприятными климатическими условиями данных районов, способствующими накоплению биологически активных веществ в цветках *Calendula officinalis* L.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов В.Г. Фармацевтическая химия. В 2 ч.: Ч. 1. Общая фармацевтическая химия; Ч. 2. Специальная фармацевтическая химия: Учебник для вузов / В.Г. Беликов. — М.: МЕДпресс-информ, 2007. — 624 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. В 3 т. / Министерство здравоохранения Российской Федерации. 14 изд. [Электронный ресурс]. — URL: <http://femb.ru/femb/pharmasorea.php> (дата обращения 25.11.2020)
3. Куркин В.А. Фармакогнозия: Учебник для студентов фармацевтических вузов / В.А. Куркин. — Самара: ООО «Офорт» СамГМУ, 2004. — 1180 с.
4. Новрузов А.Р. Содержание и динамика накопления аскорбиновой кислоты в плодах ROSA CANINA L. / А.Р. Новрузов // Химия растительного сырья. — 2014. — № 3. — С. 221–226.
5. Овчаров К.Е. Витамины растений / К.Е. Овчаров. — М.: Колос, 2009. — 328 с.
6. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков.; под ред. доктора химических наук, академика ВАСХНИЛ В.М. Ключковского. — М.: Колос, 1965. — 447 с.
7. Смирнов М.И. Витамины / М.И. Смирнов. — М.: Медицина, 1999. — 56 с.
8. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин. — М.: Колос, 2000. — 180 с.
9. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография / Г.Н. Чупахина. — Калининград, 1997. — 120 с.
10. Яковлева Г.П. Лекарственное растительное сырьё. Фармакогнозия / Г.П. Яковлева, К.Ф. Блинова. — СПб.: СпецЛит, 2004. — 765 с.

© Таренкова Ирина Валерьевна (itarenkova@mail.ru), Винокурова Наталья Викторовна (nschustova@mail.ru),
Бондаренко Анатолий Игоревич (anat1998bond@mail.ru), Синеговец Ангелина Анатольевна (a.a.sinegovets@yandex.ru),
Михайлова Ирина Валерьевна (michaylova74@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ШЕРСТЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF WASTE FROM WOOL PRODUCTION ENTERPRISES ON THE ENVIRONMENT

I. Chadova

Summary. The article presents the results of assessing the impact of wool production enterprises waste on the environment. Particular emphasis is placed on air and wastewater pollution. The characteristic of the toxicological effect of auxiliary substances and dyes during wool processing is also presented.

Keywords: wool, pollution, ecology, waste water, emissions.

Чадова Инна Николаевна

*К.б.н., доцент, Ставропольский Государственный
Аграрный Университет
innachadova@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты оценки влияния отходов предприятий шерстяного производства на окружающую среду. Особый акцент сделан на загрязнении атмосферы и сточных вод. Также представлена характеристика токсикологического воздействия вспомогательных веществ и красителей при обработке шерсти.

Ключевые слова: шерсть, загрязнение, экология, сточные воды, выбросы.

Защита окружающей среды и противодействие изменению климата — это не только признанная во всем мире политическая необходимость, но также и выгодная инвестиция в создание рабочих мест и более устойчивую экономику. Для достижения стабильного роста каждая страна должна обеспечить экологизацию существующих отраслей промышленности, поддержку и становление нового «зеленого» производства. «Зеленый» индустриальный сектор сокращает выбросы парниковых газов и загрязнения благодаря повышению энерго- и ресурсоэффективности, а также одновременно способствует сохранению биоразнообразия и услуг экосистем [1].

В тоже время активно развивающееся на сегодняшний день общество потребления не в полной мере готово перейти на ресурсосберегающие технологии и экологически чистое производство. Связано это с тем, например, что владение той или иной вещью стало не жизненной необходимостью, а признаком и мерилом жизненного успеха. Рыночная экономика заинтересована в быстрой смене модных циклов. Дизайнеры, создавая ту или иную вещь, заранее предусматривают быстрое старения модных трендов, чем провоцируют людей покупать одежду все чаще.

В свою очередь предприятия шерстяной промышленности, выпускающие одежду и предметы обихода, из-за специфики производства, несмотря на развитие техники и технологии, сталкиваются с проблемами экологичности. Связано это с тем, что изготовление

шерстяных изделий включает различные физические и химические процессы, поэтому от вида шерсти и характера ее обработки зависит серьезность и тяжесть воздействия технологических процессов на окружающую среду и здоровье человека. Для шерстяного производства характерно не только потребление больших объемов воды, но и использование различных абразивных веществ [2]. Существует целый ряд процессов химической обработки, для которых необходима вода, химические ингредиенты и электроэнергия. Все это влечет за собой образование отходов. Характер отходов зависит от типа производства, использованных волокон и особенностей технологических процессов.

В данном контексте особую актуальность и значимость приобретает исследование воздействия предприятий шерстяной промышленности на воздушный и водный бассейн, а также на жизнь и здоровье людей, с конкретными примерами видов загрязнений и современными методами борьбы с ними, что в целом предопределяет выбор темы данной статьи, а также подтверждает ее теоретическую и практическую значимость.

Значительное внимание изучению и исследованию технологий изготовления шерстяных изделий в направлении их экологизации уделяют различные ученые. О глубокой проработанности данной проблематики свидетельствуют, в частности, труды таких авторов, как: Исламова З.Ш., Амирова Н.С., Набиева И.А., Wang, Wanlin; Dai, Shifan; Zhang, Tongsheng; Zhang.

Таблица 1. Характеристика токсикологического воздействия вспомогательных веществ и красителей при обработке шерсти

Продукт	Применение в производстве	Негативный эффект
Диспергаторы	Колорирование	Изменение санитарного состояния водоемов
Смягчители	Окончательная обработка	Изменение органолептических свойств воды
Прошивные агенты	Пигментная печать	Неприятный запах и вкус воды, снижение биохимического процесса окисления
Отделочные агенты		Токсическое воздействие на ил
Гидрофобизаторы		Заболевания различной природы
Ароматические амины	Составляющие красителей	Канцерогенное воздействие
Хлорированные углеводороды	Химическая чистка и обработка материала и волокон	Канцерогенное воздействие, повреждения легких, печени, гипотония

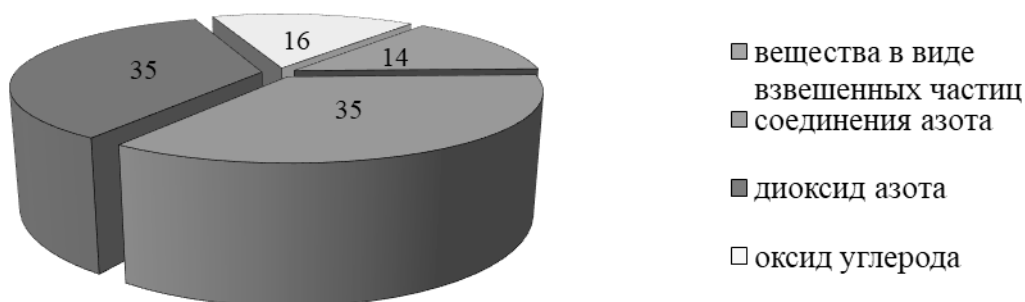


Рис. 1. Структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями шерстяной промышленности, % [3]

Перспективам использования экологобезопасных ресурсо- и энергосберегающих, безформальдегидных, а также перспективных нано-, био- и химических технологий при производстве шерстяных изделий посвящены труды Тасымбековой А.Н., Логиновой Л.В., Нурмаханкызы Н., Матниязова Г.К., Нурлыбаева А.Н., Adediran, Adeolu; Lemounga, Patrick N.; Yliniemi, Juho.

Однако несмотря на имеющиеся наработки, ряд вопросов, связанных с выбором такой технологии в шерстяном производстве, которая бы гарантировала не только выпуск экологически безопасной продукции, но и сделала невозможным или сводила к минимуму негативное вредное воздействие на здоровье человека и загрязнение окружающей среды (воздуха, воды, почв), остаются открытыми и требуют более детального анализа.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении оценки влияния отходов предприятий шерстяного производства на окружающую среду.

К отходам шерстяной промышленности относят отходы производства шерстяных изделий в виде волокон, пряжи, нитей, лоскутов, обрезков материалов, а также отходы от красящих растворов при нанесении рисунка на изделия, отходы (воды) от промывки тех-

нологического оборудования и самой шерсти, отходы от производства технических тканей в результате пропитки синтетическими растворами, отходы вымачивающего состава на основе резорцинформальдегидных смол, латекса и т.д.

Соответственно оценка влияния данных отходов на окружающую среду осуществляется в трех основных аспектах:

- ◆ загрязнение воздуха рабочей зоны при производстве продукции и распыление вредных веществ, используемых в ходе производства;
- ◆ загрязнение неорганическими и органическими веществами (красителями, тяжелыми металлами и т.д.) сточных вод предприятий;
- ◆ загрязнение почвы от сбора и временного складирования промышленных отходов. Основными побочными продуктами производства являются отходы шерсти, смесь смешанного мусора с растительными добавками. Однако влияние данной группы загрязняющих веществ на окружающую среду минимально.

В рамках первой группы анализируется состав, проводится оценка степени загрязнения и очистки воздуха из рабочих зон оборудования шерстяного производства. Существенным источником загрязне-

ния воздушной среды также являются теплоэнергетические (котельные) установки предприятий. Известно, что основными поллютантами, образующимися при сжигании твердого и жидкого топлива, являются NOx и SO2. Также изучению подлежит степень и полнота улавливания отработанными растворами кислых компонентов дымовых газов с получением электролитов и повторным использованием их в производстве.

На рис. 1 представлена структура выброса загрязняющих веществ предприятий шерстяной промышленности в атмосферу.

Второй тип загрязнений, связанный со сбросами вредных веществ в водное пространство, предполагает оценку уровня очистки технологических сточных вод предприятий от красителей и тяжелых металлов. Как известно, по объему сбросов загрязненных сточных вод шерстяная промышленность занимает 8–9 место после энергетического комплекса. Содержание поверхностно-активных веществ в сточных водах ряда предприятий превышает предельно допустимые концентрации в 100–200 раз. Особенно это касается тех, которые осуществляют первичную обработку шерсти, они сбрасывают в водоемы в сутки столько загрязненных стоков, сколько сбрасывает город с населением 500 тыс. человек.

К наиболее опасным химическим загрязнителям вод в текстильном производстве следует отнести диоксины, присутствие которых связано с использованием для отбеливания шерсти водных растворов хлорида и гипохлорита натрия. Диоксины высоко токсичны, обладают мутагенным и канцерогенным действием и могут вызывать проблемы в области репродуктивного здоровья и развития, поражение иммунной системы, гормональные нарушения и раковые заболевания.

В таблице 1 представлена оценка вредного воздействия красителей и промывающих веществ шерстяной промышленности на примере типичных химических препаратов.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы. Предприятия шерстяной промышленности оказывают существенное влияние на окружающую среду. Для успешного решения экологических проблем необходимо повсеместное внедрение экологически адаптированных технологий, замкнутых технологических циклов и малоотходных производств, совершенствование технологических процессов, а также использование нового оборудования с меньшим уровнем выбросов, замена токсичных и биологически нерасщепляемых веществ нетоксичными и биологически расщепляемыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Armingeon, Klaus Trade-offs between redistribution and environmental protection: the role of information, ideology, and self-interest // *Journal of European public policy*. 2021. Volume 28: Number 4; pp 489–509.
2. Знаенко А.Б., Чадова И.Н. Экологическая культура в природоохранной деятельности // Молодежь, образование, наука, экология: сб. науч. трудов по материалам Всероссийской научно-практ. конф., посвященной Дню Российской науки. Ставрополь, 2021. С. 101–106.
3. *Recycling from Waste in Fashion and Textiles: A Sustainable and Circular Economic Approach* / Pintu Pandit, Shakeel Ahmed, Kunal Singha, Sanjay Shrivastava. Wiley-Scrivener, 2020. 496 p.

© Чадова Инна Николаевна (innachadova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ В РАЙОНАХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК Г. УЛАН-УДЭ

ESTIMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL IN THE AREAS OF UNAUTHORIZED LANDFILLS OF ULAN-UDE

**T. Cheredova
O. Chudinova
S. Gulgenov
Yu. Voronina**

Summary. The article represents the results of evaluation the chemical compounds in areas of unauthorized landfills of Ulan-Ude. Experiments was made with soil samples from four landfills which were taken because of location (near housing estates, industrial, transport and water objects) compounds and volume of waste and estimated age of the landfill. In article was made a quantitative assessment of the content in the soil of nickel, manganese, copper, zinc, cadmium and lead. All samples from landfills how exceeding heavy metals concentration from 1.08 to 15.84 times in contrast with background areas. Also we made soil structure valuation and the content of the main elements with scanning electron microscope. The results of analysis show the concentration of the main elements in the background samples and in samples from the landfill is not observed.

Keywords: unauthorized landfills, solid municipal waste, heavy metals.

Чередова Татьяна Викторовна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
cheredova-tv@yandex.ru

Чудинова Ольга Николаевна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
chudinova1980@inbox.ru

Гулгенов Сергей Жаргалович

К.б.н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
gulgenov-s@mail.ru

Воронина Юлия Сергеевна

Преподаватель, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (г. Улан-Удэ)
u_voronina96@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки химического состава почвы в районах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ. Эксперимент проводился с образцами почвы с четырех свалок, основными критериями выбора которых являлись их месторасположение (близость к жилым домам, промышленным, транспортным объектам, водным объектам), ориентировочный состав и объем накопленных отходов, предположительный «возраст» свалки. В работе проведена количественная оценка содержания в почве никеля, марганца, меди, цинка, кадмия и свинца. Во всех исследуемых пробах почвы со свалок наблюдается превышение концентрации тяжелых металлов от 1,08 до 15,84 раз по сравнению с фоновыми пробами. Также была проведена оценка структуры почвы и содержания основных элементов в ней с помощью растрового электронного микроскопа, анализ результатов которой показал, что значительного изменения концентрации основных элементов в фоновых пробах и в образцах с территории свалок не наблюдается.

Ключевые слова: несанкционированная свалка, твердые коммунальные отходы, тяжелые металлы.

Введение

Почвы всех урбанизированных территорий подвержены значительной антропогенной нагрузке. Причинами тому являются изъятие земельных участков в длительное пользование для строительства производственных и жилых объектов, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в ре-

зультате деятельности промышленных предприятий и транспорта, устройство водонепроницаемых покрытий проездов, площадок и тротуаров [10]. В идеале оставшаяся часть открытых грунтовых покрытий должна быть использована для создания зеленых насаждений и лесопарковых зон, однако современной тенденцией многих малых городов России, в том числе и г. Улан-Удэ, является хаотичный рост несанкциониро-

ванных свалок на грунтовой местности. Компоненты ТКО, накопленных на свалках под действием атмосферных осадков могут мигрировать в почву, изменяя тем самым ее буферную способность, физические свойства, микробиологические, паразитологические показатели и химический состав почв. Поэтому при разработке рекомендаций по комплексному использованию загрязненных территорий, направленных на их фиторемедиацию, следует изучить химический состав почв.

Цель исследования

Изучение химического состава почвы в районах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы почвы с несанкционированных свалок на территории г. Улан-Удэ. Для оценки химического загрязнения почвы в районах несанкционированных свалок был проведен анализ миграции токсичных элементов в почву из состава отходов. Для этого были выбраны 4 несанкционированные свалки на территории г. Улан-Удэ (рецепторные точки №№ 1–3, 6) [11]. Рецептторная точка № 1. Свалка п. Батарейка, Советский район г. Улан-Удэ. Свалка площадью 375 м², размещена на участке с супесчаным типом почв с разреженной растительностью. Особенностью свалки является ее возраст, который, по словам местных жителей, составляет около 20 лет. Свалка за это время не убиралась. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около 90 м³. На свалке накоплены коммунальные отходы, отходы садоводческих хозяйств, частично не крупногабаритные строительные отходы (кирпич, шифер).

Рецепторная точка № 2. Свалка п. Кирзавод, Железнодорожный район г. Улан-Удэ. Свалка площадью 70 м² размещена на участке с каштановым типом почв с хорошо развитой растительностью. Особенностью свалки является ее близость к границе промплощадки ТЭЦ-1. Свалка расположена в санитарно-защитной зоне предприятия, образована вокруг контейнерной площадки. Контейнерная площадка оборудована водонепроницаемым покрытием, имеет ограждение с трех сторон, на ней размещены стандартные металлические контейнеры объемом 0,75 м³ в количестве двух штук, отходы из которых периодически вывозятся, однако грунтовая территория вокруг площадки от мусора не очищается. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около 21 м³. Компонентный состав накопленных отходов представлен в основном коммунальным мусором, источником которого является население, проживающее в соседнем общежитии.

Рецепторная точка № 3. Свалка п. Восточный, Железнодорожный район г. Улан-Удэ. Свалка площадью 5600 м², размещена на участке с глинистым типом почв. Свалка образована, прежде всего, компонентами строительного мусора (золошлаковые отходы, древесина, лом бетона, цемента), крупногабаритными отходами (мебель), а также коммунальными отходами, которые «рассеяны» по всей территории свалки. По результатам визуального осмотра свалка подвергалась горению. На некоторых участках свалки наблюдаются явления вторичной экологической сукцессии, которые проявляются в виде формирования плодородного слоя и восстановления растительного слоя степного биоценоза. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около свыше 1500 м³.

Рецепторная точка № 6. Свалка п. Сосновый, Октябрьский район г. Улан-Удэ. Свалка площадью 600 м², размещена на участке с песчаным типом почв. По компонентному составу накопленных отходов выбранная свалка аналогична рецептторной точке № 1 (свалка п. Батарейка), однако данная свалка используется местными жителями не только для складирования ТКО, но также для слива жидких бытовых отходов, кроме того, верхний слой свалки периодически срезается и вывозится на захоронение. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов на момент проведения эксперимента составляло около 285 м³.

Для отбора проб каждая исследуемая свалка была условно вписана в окружность, по радиусу которой были отобраны три точки: точка отбора проб № 3 — центр свалки (центр окружности); точка отбора проб № 1 — окраина свалки (граница окружности); точка отбора проб № 2 — середина свалки (посередине между точками № 1 и № 3). Кроме того, для каждой свалки была выбрана фоновая точка — участок с подобным типом почв, не загрязненный отходами. Пробы были отобраны в соответствии с существующими требованиями [6]. Точечные пробы отбирались на пробной площадке методом конверта. Для химического анализа объединенные пробы составлялись не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса каждой объединенной пробы — 1–1,2 кг.

Количественную оценку содержания в почве тяжелых металлов проводили с применением атомно-абсорбционного метода с плазменной атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре Spectr AA 240 (РД 52.18.191–89). Оценка структуры почвы и содержания основных элементов проводилась с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6510LV JEOL, с привлечением Центра коллективного пользования «Прогресс» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.

Таблица 1. Количественная оценка содержания тяжелых металлов в почвах

Наименование элемента	Концентрация тяжелого металла, мг/кг					ПДК, мг/кг
	Фоновая точка	Точки отбора проб на свалке				
		Точка № 1	Точка № 2	Точка № 3	Среднее значение	
Рецепторная точка № 1						
Никель	0,33±0,05	0,80±0,20	0,45±0,11	0,54±0,14	0,6±0,15	20
Марганец	-	-	-	-	-	1500
Медь	0,91±0,23	2,74±0,69	2,50±0,63	1,39±0,35	2,21±0,56	33
Цинк	9,20±2,30	86,0±21,5	52,7±13,2	192,8±48,2	110,5±27,63	55
Кадмий	0,25	0,20±0,05	0,14±0,04	0,19±0,05	0,18±0,05	0,5
Свинец	2,30±0,56	3,11±0,78	4,53±1,13	5,5±1,4	4,38±1,10	32
Рецепторная точка № 2						
Никель	0,29±0,07	0,14±0,03	-	0,16±0,04	0,15±0,04	20
Марганец	17,44±4,36	16,44±4,11	7,67±1,92	13,44±3,36	12,52±3,13	1500
Медь	1,02±0,26	2,03±0,51	1,07±0,27	1,49±0,37	1,53±0,38	33
Цинк	54,84±13,71	16,65±4,16	6,72±1,68	16,63±4,16	13,33±3,33	55
Кадмий	0,40±0,10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5
Свинец	5,69±1,42	7,42±1,85	6,47±1,62	5,51±1,38	6,47±1,62	32
Рецепторная точка № 3						
Никель	-	-	0,47±0,12	0,59±0,15	0,53±0,14	20
Марганец	4,29±1,07	9,64±2,41	32,5±8,13	44,2±11,05	28,78±7,2	1500
Медь	0,50±0,13	0,55±0,14	0,25±0,24	0,82±0,21	0,54±0,2	33
Цинк	0,64±0,16	1,71±0,43	8,16±2,04	20,56±5,14	10,14±2,54	55
Кадмий	-	-	-	-	-	0,5
Свинец	0,25±0,06	0,2	2,71±0,68	0,69±0,17	1,2±0,43	32
Рецепторная точка № 6						
Никель	-	-	-	-	-	20
Марганец	5,83±1,46	25,30±6,33	6,69±1,67	6,72±1,68	12,90±3,23	1500
Медь	0,23±0,06	0,86±0,22	0,52±0,16	0,69±0,17	0,76±0,17	33
Цинк	1,60±0,40	41,65±10,41	12,72±3,18	9,01±2,25	21,13±5,28	55
Кадмий	-	-	-	-	-	0,5
Свинец	0,50±0,12	1,39±0,35	3,90±0,97	0,51±0,13	1,93±0,48	32

Примечания. Жирным шрифтом выделены превышения нормативов ПДК. «-» менее чувствительности прибора

Результаты исследования

Исследования, направленные на оценку содержания микроэлементов в почвах на территории Сибири и Дальнего Востока, проводятся уже более 40 лет [4]. Некоторыми учеными изучалось содержание в почвах тяжелых металлов [8]. В рамках исследования качества почвы в районах несанкционированных свалок аналогичный подход был использован при выборе приоритетных загрязняющих веществ. Результаты количественной оценки содержания тяжелых металлов в почвах с территории несанкционированных свалок представлены в таблице.

Результаты анализа показали, что единственным элементом, по которому наблюдаются превышения

гигиенических нормативов на исследуемых участках, является цинк. Максимальное превышение норм ПДК по цинку было выявлено на свалке п. Батарейка (рецепторная точка № 1) — 3,5 ПДК на всём участке складирования отходов. По остальным химическим элементам превышения гигиенических нормативов в исследуемых образцах не наблюдалось. Концентрация никеля и кадмия в почве была настолько мала, что установить ее значение с помощью используемого метода и прибора не представлялось возможным. Однако сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в образцах с территории свалок и в фоновой точке наглядно показал негативное воздействие несанкционированного складирования отходов. Во всех проанализированных рецепторных точках за исключением рецепторной точки № 2 (п. Кирзавод) наблюдалось превышение концен-

трации тяжелых металлов на участках складирования отходов по сравнению с фоновыми показателями: выявлены превышения от 1,08 раз (по меди) до 15,84 раз (по цинку). Фоновые концентрации тяжелых металлов в рецепторной точке № 2, напротив, были выше аналогичных показателей с участка складирования отходов по никелю, марганцу, цинку и кадмию. Причиной высоких показателей концентрации некоторых тяжелых металлов в фоновой пробе может являться негативное воздействие промышленных выбросов, так как точка отбора прилегает к границе промплощадки ТЭЦ-1 и находится в зоне её влияния с подветренной стороны.

В процессе проведения исследования образцов почв на растровом электронном микроскопе JSM-6510LV JEOL было выявлено весовое содержание основных элементов в почве. Анализ результатов проведенного эксперимента показал, что значительного изменения концентрации основных элементов в фоновых пробах и в образцах с территории свалок не наблюдалось. Однако сравнительный анализ перечня выявленных элементов показал, что для проб, отобранных с участков несанкционированных свалок, характерен более расширенный перечень элементов по сравнению с фоном. Особенно ярко данная закономерность наблюдается в рецепторной точке № 6, где наличие соединений азота и фосфора, скорее всего, связано с по-

ступлением в почву моющих средств совместно с жидкими бытовыми отходами.

В целом же указанный метод, на наш взгляд, не является показательным для исследования почвы, так как на качество проведения анализа значительное влияние оказывают, в первую очередь, маленький вес навески для исследования, а также гранулометрический состав отобранной пробы почвы, неравномерность ее состава по объему пробы.

Заключение

Оценка содержания тяжелых металлов в почвах с территории несанкционированных свалок г. Улан-Удэ показала, что несанкционированное размещение отходов приводит к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Однако не менее весомый вклад в загрязнение почвы вносят выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в частности от предприятий теплоэнергетики.

В результате анализа весового содержания основных элементов в почве было выявлено, что для проб, отобранных с участков несанкционированных свалок, характерен более расширенный перечень элементов по сравнению с фоном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоголовов В.Ф. 1989. Геохимический атлас Улан-Удэ. Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во. 51 с.
2. ГОСТ Р 53123–2008. Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы.
3. ГОСТ 17.4.4.02–2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
4. Макеев О.В. 1973. Микроэлементы в почвах Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука. 174 с.
5. РД 52.18.191–89 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
6. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы / Под ред. Подуновой А.Г., М. 1993.
7. Сеничкина М.Г. 1986. Микроэлементы в почвах Сибири. Новосибирск: Наука. 174 с.
8. Сосорова С.Б., Кашин В.К. 2009. Тяжелые металлы в почвах и растениях дельты реки Селенги. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 162 с.
9. Убугунов В.Л. 2004. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 128 с.
10. Убугунов Л.Л., Убугунов В.Л. 2013. Техногенное загрязнение почв Бурятии тяжелыми металлами: источники, современное состояние, ремедиация // Международный журнал прикладных фундаментальных исследований. № 8–1. С. 19–21.
11. Чередова Т.В., Чудинова О.Н., Гулгенов С.Ж. 2018. Оценка биологической активности почв на несанкционированных свалках г. Улан-Удэ // Инновационные подходы к решению проблем «Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы»: сборник материалов международной научно-практической конференции, 19–20 октября 2018 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. С. 346–350

© Чередова Татьяна Викторовна (cheredova-tv@yandex.ru), Чудинова Ольга Николаевна (chudinova1980@inbox.ru),
Гулгенов Сергей Жаргалович (gulgenov-s@mail.ru), Воронина Юлия Сергеевна (u_voronina96@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ ПОИСКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ В НЕПРЕРЫВНЫХ САУ С ПОМОЩЬЮ НАСТРАИВАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ НА ФИЛЬТРАХ ЛАГЕРРА¹

ALGORITHM FOR SEARCHING PARAMETRIC DEFECTS IN CONTINUOUS ACS USING CONFIGURABLE MODELS ON LAGUERRE FILTERS

**V. Bloschinskiy
S. Shalobanov
S. Shalobanov**

Summary. An algorithm for searching for single parametric defects in continuous automatic control systems based on configurable dynamic models built on Laguerre filters in canonical form was considered. Numerical experiments were carried out to configure the diagnostic model. A set of vectors of reference defect technical states of the diagnostic object was calculated. On the basis of the calculated diagnostic features, the diagnostics of the introduced defects was carried out. The accuracy of the proposed algorithm and the diagnostic possibilities of applying the filters under consideration are estimated. For modeling and conducting numerical experiments, a special software package developed in Scilab / Xcos was used.

Keywords: parametric defect, automatic control system, diagnostic object, diagnostic feature, Laguerre filter, configurable model.

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

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

Шалобанов Сергей Сергеевич
К.т.н, доцент, Тихоокеанский государственный
университет, Хабаровск
shalobanov_ne@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен алгоритм поиска одиночных параметрических дефектов в непрерывных системах автоматического управления, основанный на настраиваемых динамических моделях, построенных на фильтрах Лагерра в канонической форме. Проведены численные эксперименты по настройке диагностической модели. Вычислен набор векторов эталонных дефектных технических состояний объекта диагностирования. На основе рассчитанных диагностических признаков осуществлено диагностирование вводимых дефектов. Дана оценка точности предлагаемого алгоритма и диагностических возможностей применения рассматриваемых фильтров. Для моделирования и проведения численных экспериментов использовался разработанный в Scilab/Xcos специальный программный комплекс.

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

Введение

На сегодняшний день вопросы диагностики и идентификации систем автоматического управления (САУ) остаются актуальными ввиду возрастающих требований к надежности и качеству таких систем. В данном ключе техническая диагностика САУ является активно развивающимся направлением, а задачи разработки и исследования алгоритмов диагностирования [1–4] занимают важное место в проблемах построения высокоэффективных методов ди-

агностического обеспечения технических систем. При диагностировании технического состояния систем автоматического управления широкое применение находят традиционные типы математических моделей, которые являются предметом изучения теории идентификации [5–7].

Данная работа является логическим продолжением работ [8, 9], где была рассмотрена возможность применения динамических моделей, построенных на фильтрах на элементах задержки и фильтрах Лагерра, для

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1616.2020.8

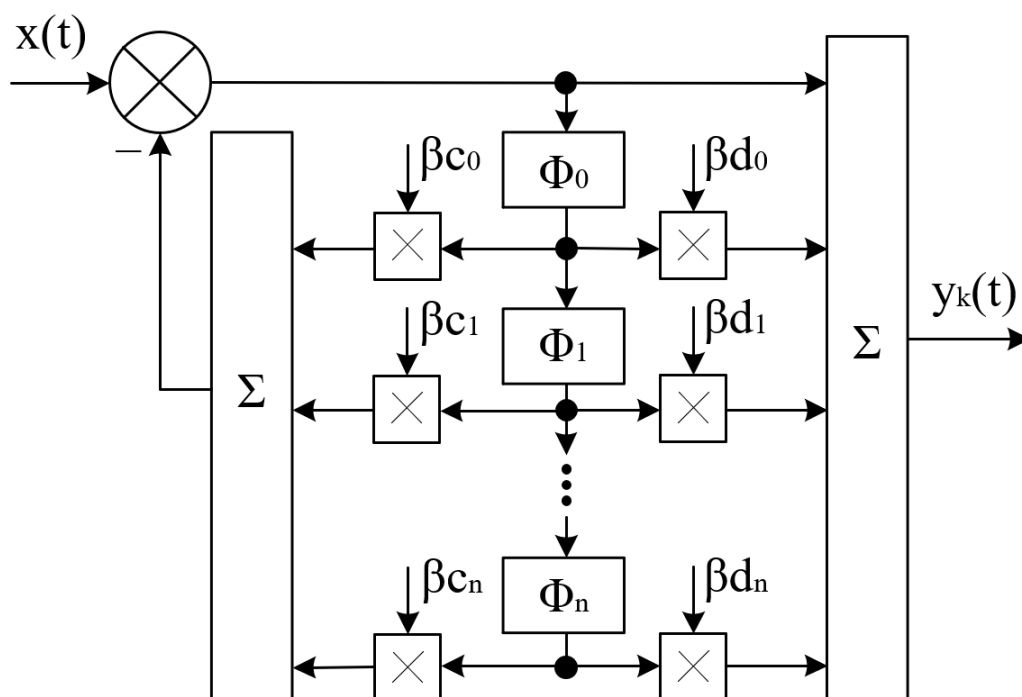


Рис. 1. Структура диагностической модели для k-ой контрольной точки

поиска параметрических дефектов непрерывных САУ. Идея предлагаемого алгоритма строится на совместном использовании методов диагностики и идентификации. Было определено, что лучшие результаты диагностирования обеспечивает модель на фильтрах Лагерра, включенных в обратную связь. При этом было рассмотрено применение фильтров, включаемых только в обратную связь, либо в прямой цепи. Цель данной работы — рассмотрение возможности применения динамических моделей на фильтрах Лагерра, построенных по канонической форме, и определение возможных преимуществ и недостатков такой диагностической модели.

Описание алгоритма

В данной работе для построения фильтров изоморфной динамической модели используется каноническая форма, которая имеет в своем составе каскадное соединение рекурсивной и нерекурсивной частей. Общий вид моделей для n базисных функций $\Phi_i(t)$ представлен на рисунке 1. Здесь $x(t)$ — диагностический сигнал, подаваемый на вход модели и объекта; $y_k(t)$ — выходной сигнал изоморфной модели для k -ой контрольной точки; $\beta c_1 \dots \beta c_n$ и $\beta d_1 \dots \beta d_n$ — настраиваемые коэффициенты изоморфной модели для рекурсивной и нерекурсивной частей.

В работе рассматривается система ортогональных базисных функций на основе фильтров Лагерра, кото-

рые реализуются с помощью следующих передаточных функций:

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

где b — изменяемый характеристический коэффициент фильтров Лагерра; Φ_0 — передаточная функция для первого звена фильтра; Φ_i — передаточные функции последующих звеньев.

Коэффициенты βc_i и βd_i получаются из контуров самонастройки диагностической изоморфной модели, которые строятся по градиентному методу. В качестве критерия близости сигналов объекта и модели был выбран квадрат ошибки. Таким образом, расчет коэффициентов βc_i и βd_i осуществляется согласно следующим выражениям:

$$\beta c_i(t) = -ac \int_0^t e(t) u_i(t) dt,$$

$$\beta d_i(t) = -ad \int_0^t e(t) u_i(t) dt,$$

где $u_i(t)$ — функция выхода i -го базисного блока изоморфной модели, $e(t)$ — функция критерия близости объекта и модели, ac и ad — изменяемые коэффициенты для рекурсивной и нерекурсивной частей.

В предлагаемом алгоритме поиск параметрического дефекта в объекте осуществляется путем сравнения

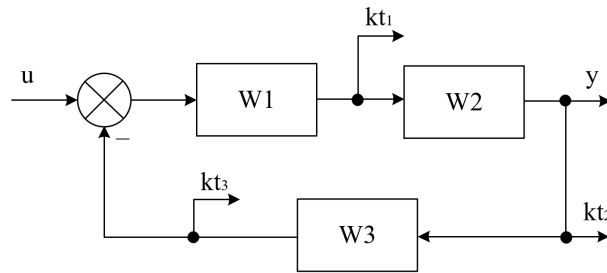


Рис. 2. Структура объекта диагностирования

векторов текущего технического состояния объекта с набором эталонных векторов дефектов, которые рассчитываются на этапе настройки диагностической модели. Векторы описывают одно из возможных дефектных состояний объекта с помощью своих параметров, которыми являются значениями коэффициентов βc_i и βd_i . В данном случае, при правильной настройке диагностической модели, за определенное время эти коэффициенты стремятся к константе. Сравнение векторов осуществляется путем определения близости векторов друг к другу с помощью расчета диагностических признаков дефектов согласно следующему выражению:

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

где Y — вектор параметров текущего состояния объекта диагностирования; Z_j — вектор эталонных параметров j -ого рассматриваемого дефекта; N — вектор параметров нормального (исправного) состояния объекта диагностирования. Данные три вектора составлены в совокупности по всему набору используемых контрольных точек. Значения диагностического признака лежат в пределах от 0 до 1. Если признак равен 0, то это означает полное совпадение векторов.

Численные эксперименты

В данной работе для проверки работоспособности предлагаемого алгоритма используется графическая интерактивная среда блочного моделирования Scilab/Xcos. В качестве объекта диагностирования была рассмотрена структура САУ в типичном представлении: объект управления и элемент управления, охваченные отрицательной обратной связью. Его структура показана на рисунке 2, где u — входной сигнал объекта, y — выходной сигнал, $kt_1 \dots kt_3$ — сигналы контрольных точек.

Блоки «W1», «W2» и «W3» соответственно реализуют следующие передаточные функции:

$$W1(s) = \frac{b_{10}}{a_{11}s + 1} = \frac{2}{s + 1},$$

$$W2(s) = \frac{b_{20}}{a_{21}s + 1} = \frac{2}{2s + 1},$$

$$W3(s) = b_{30} = 1.$$

Для каждой контрольной точки объекта, которые устанавливались после каждого динамического блока, строится изоморфная модель, согласно рисунку 1. При проведении экспериментов значения коэффициентов βc_i и βd_i не всегда стремятся к определенному значению в конце времени моделирования, а могут совершать колебания вокруг постоянного значения. Поэтому значения коэффициентов рассчитываются по среднему значению последних 10% отсчетов.

Настройка изоморфных моделей проводилась согласно алгоритму, описанному в работах [8, 9]. Значение параметра N (количества используемых базисных функций) определяются по порядку передаточной функции объекта диагностирования и выбирается равным ему или большим на одну или две единицы. Параметр b определяет быстродействие фильтров Лагерра. Его лучше выбирать таким, чтобы переходные характеристики звеньев фильтра в общем соответствовали переходной характеристике объекта диагностирования. Параметры ac и ad в контурах самонастройки, которые в основном влияют на скорость работы модели, выбирались экспериментально. Таким образом, были выбраны следующие параметры изоморфных моделей:

$$N = 3, \quad b = 0.27, \quad ac = 1.6, \quad ad = -1.1.$$

Для проведения экспериментов по определению параметрических дефектов был определен набор векторов эталонных дефектных технических состояний объекта для каждого динамического блока. Набор состоит из 20 векторов для отклонений в значениях каждого параметра на $\pm 10\%$ и $\pm 25\%$. В качестве диагностируемых дефектов были рассмотрены отклонения параметров на $\pm 7\%$, $\pm 14\%$ и $\pm 20\%$. Результаты прове-

Таблица 1. Результаты диагностирования

Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак	Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак
$a_{11}-7\%$	$a_{11}-10\%$	0.0000046	$a_{11}+20\%$	$a_{11}+25\%$	0.0000128
	$a_{11}+10\%$	0.0001478		$a_{11}+10\%$	0.0000514
	$a_{11}-25\%$	0.0001632		$a_{11}-10\%$	0.0004605
	$a_{11}+25\%$	0.0005246		$a_{11}-25\%$	0.0010299
	$b_{30}-25\%$	0.8578172		$b_{30}-25\%$	0.8641984
$b_{20}-14\%$	$b_{20}-10\%$	0.0001425	$b_{20}-20\%$	$b_{20}-25\%$	0.0003125
	$b_{20}-25\%$	0.0013728		$b_{20}-10\%$	0.0009807
	$b_{20}+10\%$	0.0038591		$b_{20}+10\%$	0.0066301
	$b_{20}+25\%$	0.0084195		$b_{20}+25\%$	0.0123166
	$a_{21}+25\%$	0.6130306		$a_{21}+25\%$	0.6263334
$a_{21}+7\%$	$a_{21}+10\%$	0.0000356	$a_{21}-20\%$	$a_{21}-25\%$	0.0001125
	$a_{21}-10\%$	0.0011907		$a_{21}-10\%$	0.0004362
	$a_{21}+25\%$	0.0012388		$a_{21}+10\%$	0.0037589
	$a_{21}-25\%$	0.0043481		$a_{21}+25\%$	0.008177
	$b_{20}+25\%$	0.5787546		$b_{20}+25\%$	0.6288635
$b_{30}+14\%$	$b_{30}+10\%$	0.0000373	$b_{30}-20\%$	$b_{30}-25\%$	0.0001554
	$b_{30}+25\%$	0.0002362		$b_{30}-10\%$	0.0004898
	$b_{30}-10\%$	0.0017529		$b_{30}+10\%$	0.0033458
	$b_{30}-25\%$	0.0058223		$b_{30}+25\%$	0.0062697
	$b_{20}+25\%$	0.7333311		$b_{20}+25\%$	0.7204141

денного диагностирования представлены в таблице 1. Ввиду большого количества рассмотренных дефектов, в таблице приведена только их часть, а также сокращен список значений диагностических признаков.

Проведенный эксперимент по диагностированию параметрических дефектов показал, что предлагаемый алгоритм правильно определил все введенные в объект дефекты. Для оценки эффективности работы алгоритма вычислялась различимость дефектов, за которую была принята разница между минимальным значением диагностического признака для вектора эталонного дефекта объекта не являющимся искомым и искомым. Таким образом средняя различимость составила 0.0004374. Малое значение различимости объясняется тем, что при расчете использовались значения признаков дефектов одного и того же параметра, но с разной степенью его отклонения. Также была рассчитана различимость для параметров, то есть разница между минимальным значением признака для вектора эталонного дефекта параметра не являющимся искомым и искомым. В данном случае средняя различимость составила 0.7028456.

Выводы

В работе представлен алгоритм диагностирования одиночных параметрических дефектов в непрерывных САУ с помощью изоморфных моделей, основанных

на фильтрах Лагерра, построенных в канонической форме. По результатам проведенных численных экспериментов по диагностированию вводимых дефектов видно, что предложенный алгоритм позволяет с высокой различимостью определить параметрический дефект, и с меньшей различимостью определить направление изменения отдельного параметра. Это является определенным плюсом, так как не все существующие методы и алгоритмы диагностирования позволяют определить направление изменения параметров в объекте. Малая различимость параметрического дефекта относительно группы эталонов, соответствующих его изменению на разную процентную величину, позволяет уменьшить количество используемых эталонов до числа параметров объекта диагностирования. В этом случае поиск дефектов будет осуществляться с высокой различимостью (выше 70% от всей шкалы значений диагностических признаков). Рассмотренный способ построения фильтров в канонической форме обеспечивает немного большие показатели различимости, чем при использовании только рекурсивной или нерекурсивных частей, которые были представлены ранее в работах [8, 9]. Это можно объяснить увеличением размерности используемых векторов технического состояния объекта. При этом увеличивается сложность настройки самой диагностической модели за счет необходимости выбирать два коэффициента в контурах самонастройки. Необходимо отметить, что существует возможность уменьшения размерности наборов эталонных векторов де-

фектов, потому что некоторые признаки дефектов для одного параметра имеют довольно схожие значения.

Преимуществом предлагаемого алгоритма является то, что для настройки изоморфных моделей не нужно знать точного строения объекта диагностирования. Этот факт позволяет избавиться от зависимости от большой априорно известной информации об объ-

екте. Еще одним плюсом предложенной методики является отсутствие необходимости сложных расчетов для создания моделей, так как их настройка проводится экспериментальным методом под конкретный заводо-исправный объект диагностирования. Это обстоятельство позволяет исключить ошибки диагностирования, связанные с неадекватностью используемой динамической диагностической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Iserman R. Fault-Diagnosis Application. Springer, 2011.
2. Voronin V.V., Davydov O.A. Local Area Network Failures Types, Consequences and Criticality Analysis. Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC), 2017. P. 184–187.
3. Cheng C., Chen T. Robust adaptive diagnostic observers design for actuator fault dynamic systems. 11th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA), Taichung, 2014. P. 360–364.
4. Шумский А.Е., Жирабок А.Н. Принятие решений при диагностировании нелинейных динамических систем непараметрическим методом. Автоматика и телемеханика. 2021. Н. 2. С. 111–131.
5. Sayed-Mouchaweh M. Fault Diagnosis of Hybrid Dynamic and Complex Systems. Springer, 2018.
6. Patton R.J., Frank P.M., Clark R.N. Issues of Fault Diagnosis for Dynamic Systems. Springer, 2000.
7. Rosenwasser E.N., Yusupov R.M. Sensitivity of Automatic Control Systems. CRS Press, Boca Raton, 2019.
8. Bloshchinskiy V.D., Shalobanov S.V. Finding Parametric Defects in Continuous Dynamic Objects Using Isomorphic Models on IIR Filters and Laguerre Filters. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Publisher: IEEE, 2020, P. 1–5.
9. Блощинский В.Д., Шалобанов С.В. Влияние параметров контура самонастройки изоморфной динамической модели на различимость дефектов непрерывных САУ. Информатика и системы управления. 2019. Н. 4(62). С. 92–100.

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



Тихоокеанский государственный университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ¹

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DETERMINING THE STATE OF LOCAL COMPUTER NETWORKS

I. Voronin
A. Gazin
T. Zolotareva
D. Skudnev
O. Selishchev

Summary. This article considers the evaluation of the efficiency of an intelligent decision support system for identifying the state of local computer networks, conducted according to certain criteria: error coefficient, performance coefficient, error coefficient. The paper also considers the economic benefits of implementing the DSS.

Objective: to evaluate the efficiency of an intelligent decision support system for identifying the state of local computer networks.

Methods: efficiency assessment based on the analysis of the error coefficient, the productivity coefficient and the error coefficient, as well as the economic calculation of efficiency.

Results: an intelligent decision support system has been developed to identify the state of local computer networks, an analysis of the efficiency of its operation has been carried out.

Conclusions: the evaluation of the effectiveness of the functioning of the analyzing software module of the DSS for identifying the state of the LAN shows its importance in the work of a medium-sized company.

Keywords: intelligent decision support system; identification of the state of local computer networks; traffic analyzers.

Воронин Илья Васильевич

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный педагогический университет имени
П.П. Семенова-Тян-Шанского»
megaviv@yandex.ru

Газин Алексей Иванович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный педагогический университет имени
П.П. Семенова-Тян-Шанского»
yearn@bk.ru

Золотарева Татьяна Александровна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный педагогический университет имени
П.П. Семенова-Тян-Шанского»
zolotarevatatyana2016@yandex.ru

Скуднев Дмитрий Михайлович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный педагогический университет имени
П.П. Семенова-Тян-Шанского»

Селищев Олег Владимирович

Преподаватель, ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный педагогический университет имени
П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк
ole9153@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена оценка эффективности работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений для идентификации состояния локальных вычислительных сетей, проводившаяся по определенным критериям: коэффициент ошибок, коэффициент производительности, коэффициент ошибок. Также в работе рассмотрена экономическая выгода от внедрения СППР.

Цель: оценить эффективность работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений для идентификации состояния локальных вычислительных сетей.

Методы: оценка эффективности на основе анализа коэффициента ошибок, коэффициента производительности и коэффициента ошибок, а также экономический расчет эффективности.

¹ Работа выполнена в рамках гранта № 19–47–480002



Введение

Реализация системы поддержки принятия решений для идентификации состояния локальных вычислительных сетей (ЛВС) представляет собой симбиоз трех главных компонент:

- ◆ статического анализатора;
- ◆ сигнатурного анализатора;
- ◆ нейросетевого анализатора.

Посредством дополнительного введения в полученный симбиоз нечетко-логических отношений следует ожидать довольно тщательной и достаточно гибкой идентификации состояния ЛВС. Рассмотрим более подробно фактическую структуру и действительную функциональность разрабатываемого программного продукта по обнаружению ошибок в ЛВС.

Материалы и методы

Интеллектуальная система поддержки принятия решений (СППР) была разработана с применением Embarcadero Delphi. Среда разработки была выбрана для обеспечения стабильной работы программного комплекса, как на новых, так и под управлением старых операционных систем [1]. Данная программа была зарегистрирована как программа для ЭВМ (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Научная обработка отчетов анализаторов сетевых трафиков» № 2021610934 от 19.01.2021 г.). Оценка реальной эффективности работы программы проводилась по определенным критериям.

Оценка подобной эффективности осуществлялась по трем главным функциональным критериям [2, 3]:

- ◆ коэффициент ошибок (в зависимости от типа сниффера);
- ◆ коэффициент производительности (в зависимости от объема информации);
- ◆ коэффициент ошибок (в зависимости от типа ЛВС).

Результаты: разработана интеллектуальная система поддержки принятия решений для идентификации состояния локальных вычислительных сетей, проведен анализ эффективности функционирования ее работы.

Выводы: оценка эффективности функционирования работы анализирующего программного модуля СППР для идентификации состояния ЛВС показывает свою значимость в работе фирмы средних размеров.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений; идентификация состояния локальных вычислительных сетей; анализаторы трафика.

Первая функциональная зависимость показывает, как отношение числа ошибочно определенных пакетов к общему числу пакетов зависит от выбора типа сниффера (тип импортируемого файла-отчета). Такая зависимость может быть представлена в виде следующей таблицы.

В графическом виде получим следующую зависимость (рис. 2).

Вторая функциональная зависимость показывает, как величина, обратная времени работы анализирующего программного модуля (АПМ), зависит от объема информации (число записей в журналах и пр.). Эта зависимость может быть представлена в виде следующей таблицы.

В графическом исполнении получим далее следующую зависимость (рис. 3).

Третья функциональная зависимость показывает, как отношение числа ошибочно определенных пакетов к общему числу пакетов зависит от выбора типа ЛВС (тип оборудования, топология и т.д.). Подобная зависимость представима в виде следующей таблицы.

В графическом виде получим следующую зависимость (рис. 4).

Очевидно, что наиболее адекватно судить об эффективности работы СППР следует по первому критерию, так как третий критерий во время экспериментов изменялся незначительно, а значимость второго существенно снижается за счет применения современных высокопроизводительных ЭВМ.

Экономическая выгода от внедрения СППР зависит от стоимости её разработки, стоимости эксплуатации и экономической прибыли, которую может обеспечить система, своевременно предупреждая нарушения работоспособности ЛВС. Представим каждый из этих показателей отдельно [4, 6].

Таблица 1. Данные для 1-го коэффициента ошибок

Тип sniffера	Коэффициент ошибок
Sniffer_1	0,88
Sniffer_2	0,79
Sniffer_3	0,28
Sniffer_4	0,35
Sniffer_5	0,39
Sniffer_6	0,40
Sniffer_7	0,45

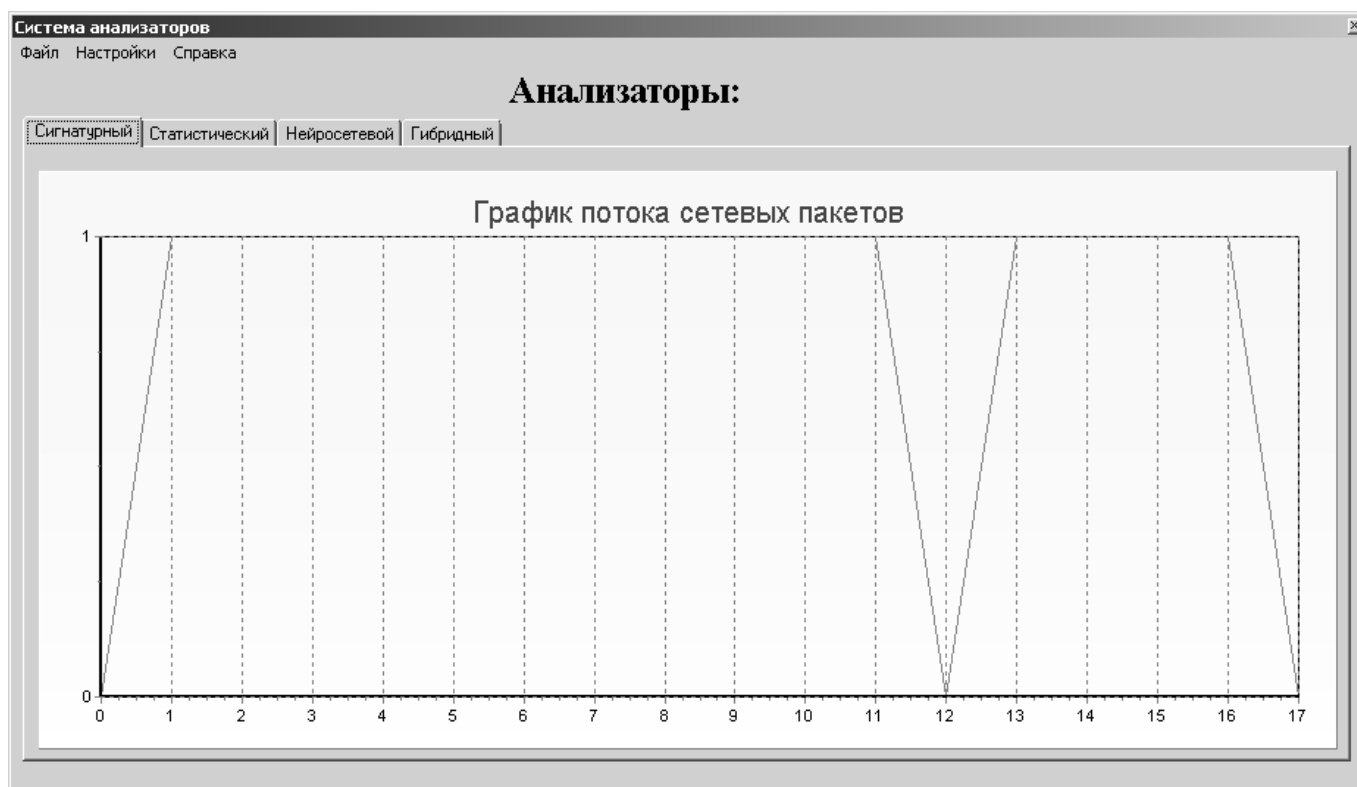


Рис. 1. Главное окно программы для ЭВМ «Научная обработка отчетов анализаторов сетевых трафиков»

Стоимость разработки СППР. Экспериментальные данные, необходимые для расчета:

- ◆ число экспертов — 2;
- ◆ оплата консультаций экспертов — 1500 руб./час;
- ◆ примерное время работы экспертов — 40 ч.
- ◆ число программистов — 2;
- ◆ заработная плата программистов — 1500 руб./час;
- ◆ примерное время работы программистов — 140 ч.

Вычислим стоимость разработки программного обеспечения посредством следующей формулы:

$$S = 2 * 1500 * 140 + 2 * 2500 * 40 = 540000 \text{ руб.}$$

Стоимость эксплуатации СППР. Экспериментальные данные для расчета стоимости эксплуатации системы:

- ◆ число обслуживающего персонала — 1 человек;
- ◆ заработанная плата обслуживающего персонала в месяц — 35 000 руб.;
- ◆ затраты на электроэнергию в месяц — 900 руб.;
- ◆ затраты на обработку служебной информации в месяц — 2000 руб.

Значит, исходя из формулы расчета эксплуатации СППР, получаем:

Таблица 2. Данные для коэффициента производительности

Число записей	Коэффициент производительности, мс ⁻¹
100	0,5
200	0,4
300	0,38
400	0,31
500	0,27
1000	0,12
2000	0,08

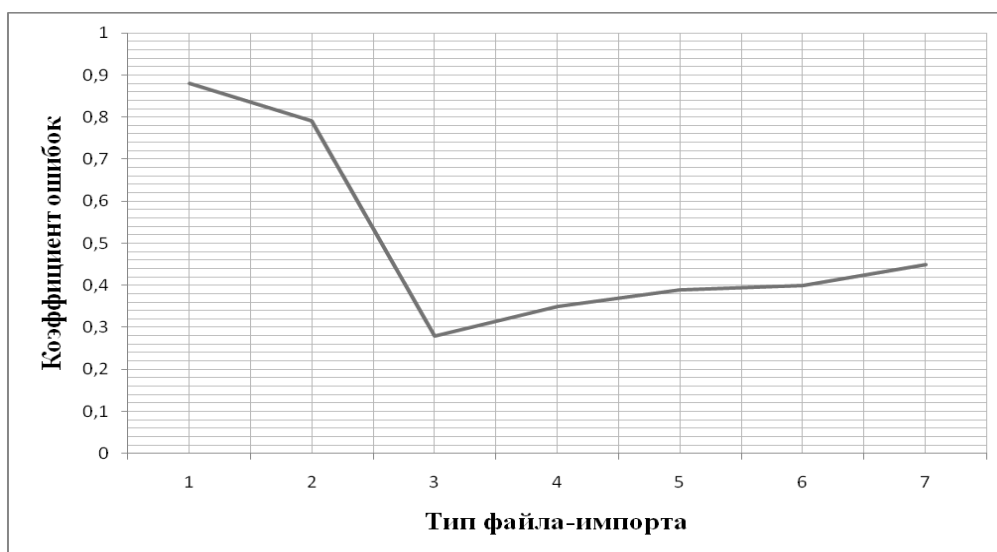


Рис. 2. График зависимости коэффициента ошибок от типа сниффера

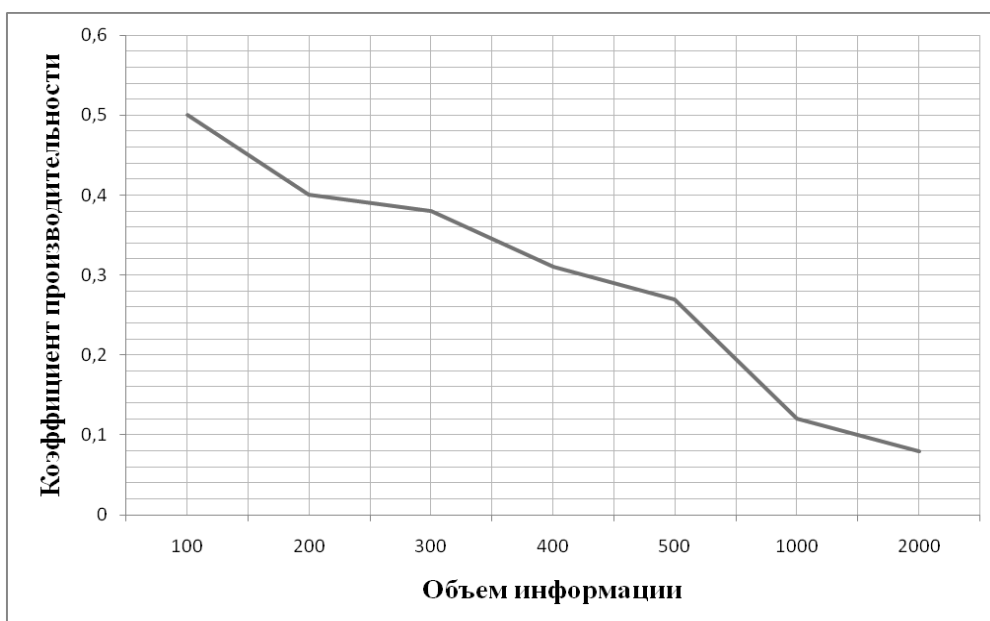


Рис. 3. График зависимости коэффициента производительности от объема информации

Таблица 3. Данные для 2-го коэффициента ошибок

Тип sniffера	Коэффициент ошибок
LAN_1	0,89
LAN_2	0,88
LAN_3	0,78
LAN_4	0,75
LAN_5	0,79
LAN_6	0,80
LAN_7	0,85

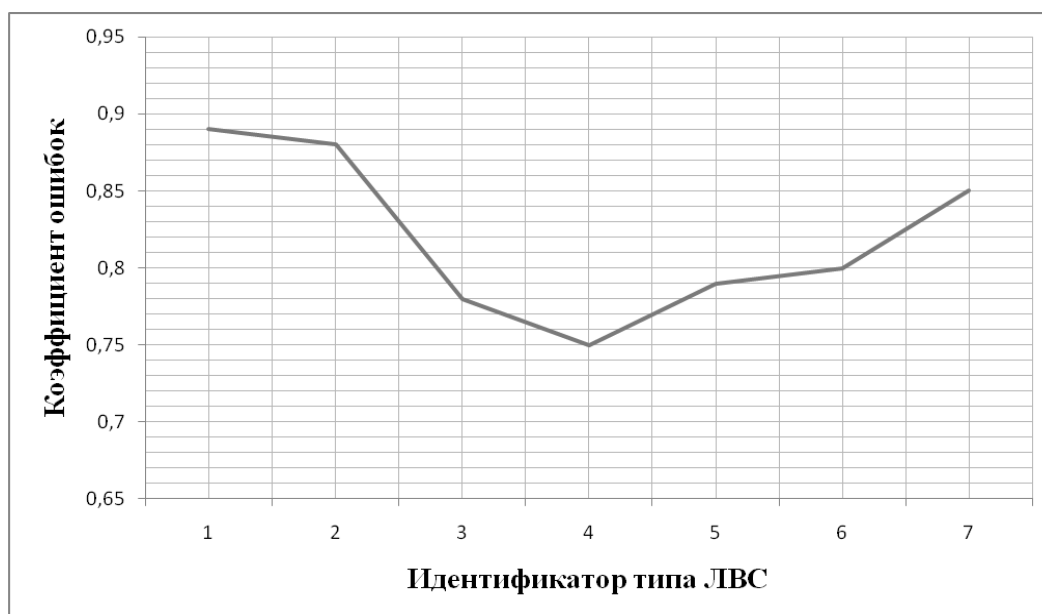


Рис. 4. График зависимости коэффициента ошибок от типа ЛВС

$Z_u = 37\,900$ руб./месяц или $454\,800$ руб./год.

Очевидно, итоговые затраты на разработку и эксплуатацию интеллектуальной СППР составят примерно $994\,800$ руб. в первый год. За каждый последующий год эксплуатации придется затратить $454\,800$ руб.

Экономическая выгода от внедрения СППР. Рассчитаем экономическую выгоду от внедрения системы на примере предотвращения выхода из строя одного сегмента ЛВС. Расчёты проведем для самого критического случая, когда выход из строя узла ЛВС приводит к очень длительному простоя узла из-за значительного времени на обнаружение, идентификацию неисправности и последующее восстановление. Экспериментальные данные для расчета:

- ◆ время простоя узла вследствие возникновения проблем — 2 ч;
- ◆ время восстановления узла после проблем — 5 ч;
- ◆ число обслуживающего персонала — 1;

- ◆ зарплата обслуживающего персонала — $35\,000$ руб./месяц;
- ◆ число потенциально сбойных узлов или сегментов ЛВС — 1;
- ◆ число выходов из строя вследствие проблем — 1;
- ◆ число остановок узла в год — не более 10.

Пусть отсутствуют потери от уменьшения производительности сотрудников сбойного узла ЛВС. Оборудование узла при его восстановлении не модифицировалось.

Пусть максимальный доход, получаемый руководством от постоянной работы в течении года узла ЛВС, по средним текущим расценкам составляет $O \approx 20$ млн. руб.

Следовательно, максимальная упущенная выгода по причине сбоя одного узла ЛВС может составить:

$$U \approx \frac{20000000}{40 \cdot 7 \cdot 8} (2 + 5) \cdot 10 = 625000 \text{ руб.}$$

Представленные возможные риски подтверждают справедливость внедрения интеллектуальной СППР для идентификации состояния всех элементов ЛВС средней фирмы.

Следует подчеркнуть, что представленная методика расчета экономической эффективности внедрения интеллектуальной СППР не учитывает ряда факторов, влияющих на риск нанесения ущерба предприятию. К таким факторам относятся [3, 5]:

- ◆ стабильность оборудования и программного обеспечения;
- ◆ текучесть кадров (приводит к увеличению затрат на обучение сотрудников);
- ◆ устойчивость структуры ЛВС в результате возникновения различных сетевых проблем и др.

Выход из строя отдельных узлов ЛВС наносит также косвенные потери фирме в виде:

- ◆ невозможности выполнения договорных обязательств;
- ◆ ущерба деловой репутации;
- ◆ приостановление деятельности в связи блокировкой данных и др.

Заключение

Таким образом, оценка эффективности функционирования работы анализирующего программного модуля СППР для идентификации состояния ЛВС показывает свою значимость в работе фирмы средних размеров. Были предложены как программно-технические критерии, так и экономические критерии для наиболее развернутого исследования особенностей АПМ СППР. Также были выявлены приоритеты в практическом применении подобного программного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакнелл, Дж. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi — Текст: непосредственный / Дж. Бакнелл. — СПб.: Изд-во Питер, 2006. — 560 стр.
2. Семенцов Н.С. Методика оценки программного и информационного обеспечения — Текст: непосредственный // Имущественные отношения в Российской Федерации. — 2020. — № 3(222). — С. 43–58.
3. Воронин, И.В. Роль систем поддержки принятия решений в управленческой деятельности организации / И.В. Воронин, А.И. Газин, В.С. Зияутдинов, Т.А. Золотарева, О.В. Селищев, Д.М. Скуднев — Текст: непосредственный // Актуальные вопросы современной науки. — 2019. — № 4 (24). — С. 23–27.
4. Мальков А. Оценка экономической эффективности внедрения автоматизированной системы [Электронный ресурс] / NTR Lab — М., 2003 — Режим доступа: <http://www.ntrlab.ru>
5. Руденко, А.С. Внедрение на предприятии системы поддержки принятия решений / А.С. Руденко, А.С. Кравченко, Д.В. Гудков. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 25 (315). — С. 125–128.
6. Обоснование экономической эффективности внедрения системы поддержки принятия решения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://studbooks.net/2164012/informatika/obosnovanie_ekonomicheskoy_effektivnosti_vnedreniya_sistemy_podderzhki_prinyatiyaresheniya_podbor_tovarov.

© Воронин Илья Васильевич (megaviv@yandex.ru), Газин Алексей Иванович (yearn@bk.ru),
Золотарева Татьяна Александровна (zolutarevatatyana2016@yandex.ru), Скуднев Дмитрий Михайлович,
Селищев Олег Владимирович (ole9153@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ POWER FX ДЛЯ РАБОТЫ В COLLABORATION PLATFORMS

USING POWER FX FOR COLLABORATION PLATFORMS

*I. Voronkov
S. Saradgishvili*

Summary. This article is devoted to an example of organizing work on building ETL processes in an enterprise contour. This technique can serve as an illustration of the idea of two key trends in the development of IT technologies: the simultaneous growth of opportunities that are provided by certain software products in conjunction with a decrease in the entry threshold. The review is carried out on the Microsoft 365 platform. Separately, we note that this language is part of the Power Platform. This is a relatively new vision of Microsoft corporation about the business data warehouse as a single point of connection and storage of data, tools. Together with the Power platform authors researched the Power automate product — a workflow designer, partly the successor to SSIS, SharePoint workflow engine. These tools can automate enterprise activities. To enhance the ability to develop with third-party technologies and programming languages, Microsoft has introduced the Microsoft Graph API.

Keywords: ETL, Collaboration Platforms.

Воронков Илья Александрович

Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
iliaftk@outlook.com

Сараджишвили Сергей Эрикович

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

Аннотация. Данная статья посвящена примеру организации работы по выстраиванию ETL-процессов в контуре предприятия. Данная методика может служить иллюстрацией идеи о двух ключевых тенденциях в развитии ИТ-технологии: одновременный рост возможностей, которые предоставляют те или иные программные продукты в совокупности со снижением порога входа. Обзор выполнен на решении платформе Microsoft 365 как наиболее часто встречающегося решения по созданию Collaboration platform в учреждениях за рубежом. Отдельно отметим, что данный язык является частью Power platform. Это относительно новое видение корпорации Microsoft о бизнес-хранилище данных как о единой точке подключения и хранения данных, инструментов. Вместе с Power platform свое развитие демонстрирует продукт Power automate — конструктор рабочих процессов, отчасти наследником SSIS, SharePoint workflow engine. Вместе эти инструменты способны закрыть большинство задач по автоматизации деятельности предприятия. Для расширения возможности разработки с использованием сторонних технологий и языков программирования Microsoft представила Microsoft Graph API.

Ключевые слова: ETL, платформы для совместной работы.

Введение

ИТ рынок сейчас переживает новый виток своего бурного развития. Спрос на специалистов в этой области остается по крайней мере высоким [1]. Стоимость проектов и услуг по законам рынка растет вслед за спросом. Одним из вариантов решений задач для автоматизации и диджитализации стали многочисленные платформы, работающие по принципам low-code и zero-code [2]. Общий подход в таких решениях сводится к тому, что большинство процессов обработки могут быть представлены в виде графического конструктора, который работает по UML/BPMN. Основная особенность — разработчику не надо задумываться о том, как происходит взаимодействия на уровне структур данных, какие алгоритмы используются для выборки, сортировки, как распараллеливаются вычисления. Главная задача: реализация бизнес-требования, путем создания диаграммы состояния процессов.

С точки зрения бизнеса, данная парадигма — это наиболее эффективный способ решения задачи, так как бизнес-пользователи привыкли мыслить именно задачами, которые должна решать та или иная система. К сожалению, на данном этапе развития технологий мы не в состоянии полностью перейти на подобные технологические решения. Причины могут быть разными: невозможность полностью решить задачу, используя лишь средства конструктора, нехватка специалистов, обладающих навыками моделирования, программирования и бизнес-опытом, наличие большой прослойки legacy code. Тем не менее стоит отметить рост подобных решений не только в сфере бизнеса, но и в научной среде [3–4]. Одновременно с развитием технологий все острее становится вопрос о месте данных решений в будущем. Многие владельцы крупных ИТ-компаний продвигают идею того, что программирование и разработка софта должно перестать быть узкоспециализированной областью [5]. Основная мысль сводится к тому,

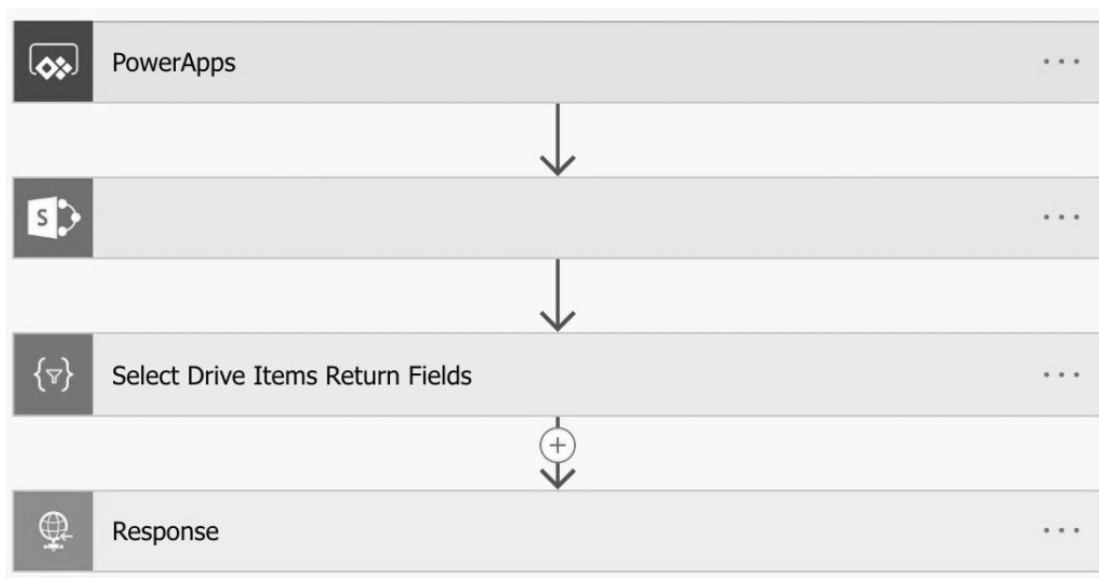


Рис. 1. Общая схема Flow

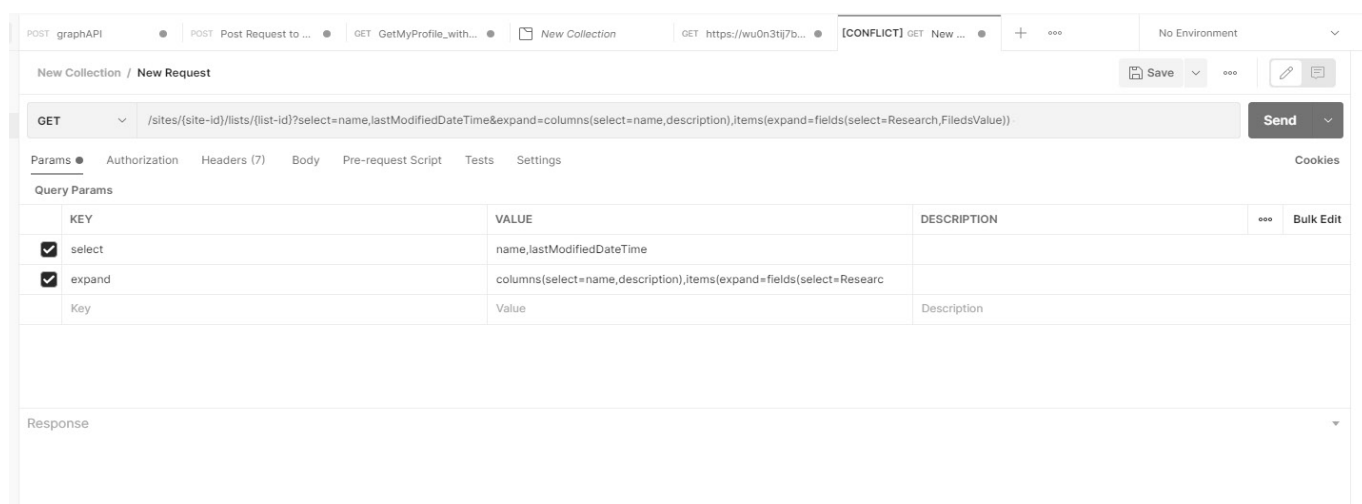


Рис. 2. Схема GET запроса

что в будущем люди будут решать с помощью программных инструментов свои персонализированные задачи. Для этого вам не придется получать образование, проходить специальные курсы. Все, что вам следует знать, это то, чего вы хотите добиться с помощью программы, и как она может облегчить вам жизнь. Конечно, подобные идеи могут казаться утопическими и несбыточными на горизонте ближайших 10–20 лет, но, оглядываясь на историю развития ИТ-отрасли мы начинаем думать, что все это может произойти уже в ближайшем будущем [6]. Рассмотрим задачу по настройке ETL процесса из корпоративного хранилища данных. Существует несколько подходов по организации работы подобного

рода[7]. Большинство из них сводятся к серьезным вложениям средств на этапе проектирования, разработки, приемке. В данной работе используется механизм Low-code работы, который становится все более популярным за счет низкой стоимости создания, но высокой операционной стоимости эксплуатации[8][9]. В обзоре представлен механизм получения элементов из произвольного хранилища, роль которого выполняет SharePoint. Адрес хранилища (сайт коллекция) может динамически изменяться, получая новый URL в качестве входного параметра. Задача состоит в универсальном подходе получения как данных из источника (бинарные файлы), так и извлечению информации метаданных.

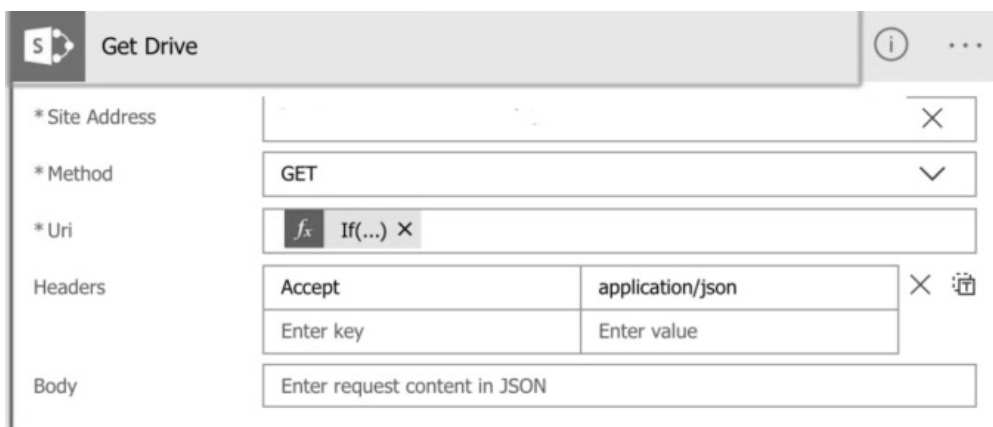


Рис. 3. Динамическое подключение к SharePoint



Рис. 4. Динамическое подключение к SharePoint

Таблица 1. Описание полей

Свойство	Функция	Описание
OdataNextLink	body('Get_Drive_Items')?['@odata.nextLink']	Добавление автоматической пагинации страниц
DownloadUrl	item()?['@content.downloadUrl']	Это свойство предоставляет (временный) URL-адрес с предварительной аутентификацией для каждого файла, возвращаемого в наборе результатов выполнения Flow.
Thumbnail	if(empty(item()['thumbnails']),, item()['thumbnails'][0]['large']['url'])	Получение свойства предпросмотра документа
FieldsArray	FieldsArray	Динамический набор полей метаданных

Learn about working with collections

AbsoluteUri	DisplayName	Id	Value
	MIG_280x60-1.png	%252fLists%252fBP_nominee%252fAttachments%252f75%252fMIG_280x60-1.png	appres://datasources/BP_nominee/table/179ebeeec-165e-471d-92b2-ec22b9fa4259/rows/75/reference/https:%2F%2Fеurope-002.azure-apim.net%2Fapim%2Fsharepointonline%2F77e32e0e6f0c1c10015e1f17f150
https://[redacted].sharepoint.com/sites/PowerAppsSandbox/Lists/BP_nominee/Attachments/75/sample.pdf	sample.pdf	%252fLists%252fBP_nominee%252fAttachments%252f75%252fsample.pdf	appres://datasources/BP_nominee/table/179ebeeec-165e-471d-92b2-ec22b9fa4259/rows/75/reference/https:%2F%2Fеurope-002.azure-apim.net%2Fapim%2Fsharepointonline%2F77e32e0e6f0c1c10015e1f17f150
https://[redacted].sharepoint.com/sites/PowerAppsSandbox/Lists/BP_nominee/Attachments/75/script.txt	script.txt	%252fLists%252fBP_nominee%252fAttachments%252f75%252fscript.txt	appres://datasources/BP_nominee/table/179ebeeec-165e-471d-92b2-ec22b9fa4259/rows/75/reference/https:%2F%2Fеurope-002.azure-apim.net%2Fapim%2Fsharepointonline%2F77e32e0e6f0c1c10015e1f17f150
https://[redacted].sharepoint.com/sites/PowerAppsSandbox/Lists/BP_nominee/Attachments/75/Voronkov_Saeadzhashvilli.docx	Voronkov_Saeadzhashvilli.docx	%252fLists%252fBP_nominee%252fAttachments%252f75%252fVoronkov_Saeadzhashvilli.docx	appres://datasources/BP_nominee/table/179ebeeec-165e-471d-92b2-ec22b9fa4259/rows/75/reference/https:%2F%2Fеurope-002.azure-apim.net%2Fapim%2Fsharepointonline%2F77e32e0e6f0c1c10015e1f17f150

Рис. 5. Коллекция значений исполненного потока


```

{
  "inputs": {
    "host": {
      "connection": {
        "name": "@json(decodeBase64(triggerOutputs().headers['X-MS-APIM-
Tokens']))['$connections']['shared_teams']['connectionId']"
      }
    },
    "method": "post",
    "body": {
      "recipient": "@triggerBody()['Postmessageinachatorchannel_Recipient']",
      "messageBody": "<p>@{triggerBody()['Postmessageinachatorchannel_Message_1
']} shared with you<br>\n<br>\n<a href=@{triggerBody()['Postmessageinachatorchannel_M
essage']}>@{triggerBody()['Postmessageinachatorchannel_Message_2']}</a>\n</p>"
    },
    "path": "/beta/teams/conversation/message/poster/Flow bot/location/@{encodeUR
IComponent('Chat with Flow bot')}",
    "authentication": {
      "type": "Raw",
      "value": "@json(decodeBase64(triggerOutputs().headers['X-MS-APIM-
Tokens']))['$ConnectionKey']"
    }
  },
  "metadata": {
    "flowSystemMetadata": {
      "swaggerOperationId": "PostMessageToConversation"
    }
  }
}

```

Рис. 6. JSON схема триггера

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Приведем общую схему Flow получения динамических данных из хранилища SharePoint (рис. 1).

Семантику запроса можно обозначить в нотациях API (рис. 2).

Получение данных на уровне SharePoint можно задекларировать с наличием конструкции IF(), которая будет меняться при вызове потока. Постоянным значением в данном блоке остается адрес тенанта, на котором развернут стенд (рис. 3).

Значение, переданное в этот входной параметр потока, игнорируется, если входной параметр odata.

nextLink, переданный в поток, имеет значение, отличное от false. Значение этого входного параметра должно быть в следующем формате: {siteId}/lists/{listId}/root. Чтобы создать значение этого параметра для передачи в поток из PowerApps для любой заданной библиотеки документов на сайте, отображаемом в наборе результатов выполнения потока PA_Graph_Site_List, добавьте / root к значению SiteIdListLibraryId, как определено на шаге «Выбор возвращаемых полей» указанного потока. Единственное отличие между получением списка файлов и папок из корневой папки библиотеки документов и получением списка файлов и папок с любой заданной папкой, содержащейся в библиотеке документов, заключается в том, что для корневой папки библиотеки документов необходимо изменить путь / root к значению SiteIdListLibraryId, тогда как для папки

вы вместо этого шага добавляется значение/ items / {itemid}, где {itemid} представляет этот идентификатор папки [10,11]. Идентификатор папки должен быть представлен в предыдущем прогоне потока того же потока, который определен на этапе выбора возвращаемых полей потока, когда запрашивались файлы и суппапки родительской папки текущего элемента. На шаге выбора возвращаемых полей в потоке значением поля Id будет {itemid}, а значением поля ContentType для этой строки будет Folder. Выборка полей метаданных для возвращаемых значений (рис. 4).

Наиболее значимые свойства полей, которые использует общее решение, представленное в этой статье, что, в свою очередь, позволило авторам реализовать полностью динамический облегченный пользовательский интерфейс, имитирующий подмножество функций, которые в противном случае были бы возможны только с использованием встроенного SharePoint включают (таб. 1):

Результат исполненного процесса можно изучить в low-code клиенте Power platform (рис. 5):

Данный пример ответа получен при выполнении операции получения поэлементно единицы массива из источника списка, где основной тип контента, кото-

рый встречается на практике наиболее часто — это список (List ContentType). Список на платформе SharePoint или Dynamics 365 — это колоночное хранилище типизированных примитивов (текстовые строки, время, валюты, пользователи и другое), в которых по умолчанию нет возможности использования бинарных файлов, так как бинарные файлы как элементы решения располагаются в схожем типе хранилища данных, но имеют другой тип контента. Данная особенность связана с системой хранения информации на СУБД, где бинарный файл преобразуется в значение BLOB формата. В нашем примере мы использовали динамическое нахождение связи между двумя типами данных: реляционного представления метаинформации и бинарных файлов. Сложность этого шага связана с примером полезной нагрузки, которую авторы используют для создания схемы, необходимой для этого действия. Код такого взаимодействия через триггеры приведен ниже (рис. 6):

Заключение

В данной статье приведена реализации организации ETL процесса по получению документов и метаданных с динамически изменяемым источником данных. Данный метод может быть использован для других источников данных, который поддерживают интеграцию с платформой Microsoft 365.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rezaee Jordehi A. Optimal placement of battery swap stations in microgrids with micro pumped hydro storage systems, photovoltaic, wind and geothermal distributed generators/ A. Rezaee Jordehi, Mohammad Sadegh Javadi, João P.S. Catalão //International Journal of Electrical Power & Energy Systems Volume 125, February 2021, 106483.
2. Gisbert R.S. Low-Code as Enabler of Digital Transformation in Manufacturing Industry/ R.S. Gisbert, O. Garcia, F. Fraile // Appl. Sci. 2020, 10(1), 12; <https://doi.org/10.3390/app10010012>.
3. How M.L. Artificial Intelligence for Social Good in Responsible Global Citizenship Education: An Inclusive Democratized Low-Code Approach / M.L. How, Y.J. Chan, S.M. Cheah, A.C. Khor // 19–21 of February 2021 in Vienna, Austria at the 2nd World Conference on Teaching and Education <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.14038811.v1>.
4. Rauschmayr N. Amazon SageMaker Debugger: A system for real-time insights into machine learning model training [Electronic resource] / N. Rauschmayr, V. Kumar, R. Huligol and others //Amazon Science — URL: <https://www.amazon.science/publications/amazon-sagemaker-debugger-a-system-for-real-time-insights-into-machine-learning-model-training> (accessed:01.04.2021).
5. Straschnov E. You Shouldn't Have to Learn How to Code [Electronic resource] / E. Straschnov // Веб-страница—URL: https://www.huffpost.com/entry/you-shouldnt-have-to-lear_b_6111914 (accessed:01.04.2021).
6. Floridi L. GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences / L. Floridi, M. Chiriatti // Minds and Machines — 2020 — № 30. — P. 681–694.
7. Balasingham R. Designing a Data Warehouse System for Sales and Distribution Company / R. Balasingham, R. Subash // Big Data Mining and Analytics — 2021 — № 1 (6). — P. 1–7.
8. Dipanker J. Salesforce Integration Architecture/J.Dipanker, J. Hutcherson.— Apress, 2021.— 383 p.
9. Mccarthy S. Reusing Dynamic Data Marts for Query Management in an On-Demand ETL Architecture / S. Mccarthy // PhD thesis, Dublin City University. — 2021.
10. Voronkov I.A. Usage of collaborative filtering in sharing platforms / I.A. Voronkov, S.E. Saradgishvili //Journal of Physics: Conference Series — № 1679 (3). — P. 1–6.
11. Voronkov, I.A., Saradgishvili, S.E. Usage of a BART algorithm and cognitive services to research collaboration platforms // Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1694(1), 012028.

ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ¹

THE PROBLEM OF AUTOMATIC PROCESSING OF UNSTRUCTURED TEXT MESSAGES IN REAL TIME²

**L. Gagarina
A. Kapitanov**

Summary. Regardless of the task of automatically processing unstructured text messages, one of the first steps is to present the data in a form suitable for machine processing. This paper analyzes the ways of presenting text messages and pays special attention to the possibility of processing messages in the context of time constraints. An algorithm is described that allows real-time extraction of facts from unstructured text.

Keywords: GLR parser, NLP, real-time, text analysis, text normalization.

Гагарина Лариса Геннадьевна

*Д.т.н., профессор, Национальный
исследовательский университет «МИЭТ»; Директор,
Институт системной и программной инженерии
и информационных технологий
gagar@bk.ru*

Капитанов Андрей Иванович

*Ассистент, Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»
andrey@kapdx.ru*

Аннотация. Независимо от задачи автоматической обработки неструктурированных текстовых сообщений, одним из первых этапов является представление данных в виде, пригодном для машинной обработки. В данной работе приводится анализ способов представления текстовых сообщений, а также уделяется особое внимание возможности обработки сообщений в разрезе временных ограничений. Приводится описание алгоритма, позволяющего в режиме реального времени извлекать факты из неструктурированного текста.

Ключевые слова: анализ текста, нормализация текста, обработка естественного языка, режим реального времени, GLR-парсер.

Введение

С не прекращающимся ростом количества информации становится всё более актуальной задача машинной обработки неструктурированных текстовых сообщений на естественном языке. В зависимости от цели обработки документов (определение тональности отзывов, фильтрация спама, выявление дубликатов, машинный перевод, и т.д.) применяют различные методы компьютерной лингвистики. Однако независимо от задачи, одним из первых этапов является представление данных в виде, пригодном для машинной обработки.

В данной работе уделяется особое внимание возможности обработки сообщений в режиме реального времени — это позволяет оперативно решать такие

задачи как: реализация голосового помощника, обнаружение радикального или экстремистского контента и другие. Целью работы являются аналитический обзор основных этапов обработки неструктурированной текстовой информации и анализ существующих проблемных ситуаций в разрезе временных ограничений.

Способы представления текстовых сообщений

В зависимости от необходимой глубины понимания смысла и сложности анализа выделяют следующие способы представления текстовых сообщений:

- ◆ лексико-морфологический анализ;
- ◆ синтаксический анализ;
- ◆ семантический анализ;
- ◆ прагматический уровень анализа (онтологии).

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19–37–90144.

² The reported study was funded by RFBR, project number 19–37–90144.

Лексико-морфологический анализ. Сообщение разбивается на абзацы, предложения и слова (токенизация). Особое внимание необходимо уделить обработке сообщений для флективных языков. В случае обработки текстов на флективном языке (например, русском) необходимо привести все слова в начальную форму. Для определения нормальной формы зачастую используются готовые словари, например модификацию грамматического словаря русского языка А.А. Зализняка, содержащую приблизительно 100 тысяч начальных форм и около 2,3 миллиона словоформ русского языка [2]. Для слов, не содержащихся в словаре, используется алгоритм стемминга — нахождения основы слова. Различные алгоритмы стемминга различаются производительностью и точностью. Один из примитивных стеммеров ищет флективную форму по таблице поиска. Одним из главных преимуществ данного подхода заключается в его скорости и простоте.

Алгоритмы, основанные на усечении окончаний, как правило, используют небольшой список правил, по которым алгоритм учитывает форму слова для нахождения его основы [3, с. 138]. Использование справочной таблицы, состоящей из флективных форм и отношений корня и формы, не применяется.

Данные алгоритмы на порядок эффективнее, чем алгоритмы полного перебора. Однако существенной проблемой является сложность разработки такого алгоритма: разработчик должен быть компетентен в области лингвистики, в частности морфологии. Так как не все части речи имеют формализованные «правила усечения», решения, полученные данными алгоритмами, ограничиваются только частями речи, имеющими определенные суффиксы и окончания.

Синтаксический анализ. Происходит выделение предложений в тексте, а также определение структуры и связи между словами внутри предложения. Для реализации синтаксического этапа в рамках компьютерной лингвистики предложено большое число разных идей и методов, отличающихся способом описания синтаксиса языка, способом использования этой информации при анализе или синтезе предложений, а также способом представления синтаксической структуры предложения [4, с. 500]. Можно выделить три основных подхода: генеративный подход, восходящий к идеям порождающих грамматик Н. Хомского [5, с. 88]; подход, восходящий к идеям И. Мельчука и представленный в лингвистической модели «Смысл \leftrightarrow Текст», а также подход, в рамках которого делаются те или иные попытки преодолеть ограничения первых двух подходов, в частности, теория синтаксических групп [1, с. 5].

Семантический анализ. Определяются значения всех слов, строится семантическая структура пред-

ложения на основе связей, которые были выделены на предыдущих этапах. В течение последних 30 лет были предложены и протестированы различные методы вычисления семантической близости слов, начиная от методов на основе лексических источников, заканчивая подходами на основе векторного представления. Векторное представление, в свою очередь, эволюционировало от гиперпространственного аналога языка к латентно-семантическому анализу, тематическому моделированию, дистрибутивной семантике, и, в итоге, к нейронным языковым моделям. Одним из важнейших факторов, влияющих на качество обработки текстовых сообщений на естественном языке, является устранение семантической омонимии. Наиболее популярным методом определения многозначных слов является поиск по заранее определенным значениям: например, спискам слов, найденные в словарях. Данный метод позволяет достаточно точно определить, является ли слово многозначным, однако не может сказать, к какой семантической группе принадлежит слово. Также данный метод имеет свойство со временем устаревать, т.к. по мере развития языка данный словарь необходимо пополнять неологизмами. Тезаурусы, семантические сети и другие специализированные структуры позволяют установить связи между значениями, однако их создание и поддержание в актуальном состоянии требует больших трудозатрат. К наиболее простым методам разрешения полисемии можно отнести выбор значения, наиболее приближенного по смыслу к контексту встречаемого многозначного термина.

Прагматический уровень анализа. Применение терминологий для определенной предметной области анализа (онтологий) и правил извлечения нужных объектов, использование прагматического слоя анализа текста. Итогом анализа является универсальное представление информации, что позволяет структурировать данные в нужном виде. Таким образом, данная технология позволяет эффективно решать задачи, связанные с интеллектуальным поиском и классификацией текстовой информации на естественном языке [7].

Особенности обработки текстовых сообщений в режиме реального времени

Для систем, работающих в режиме реального времени, важной характеристикой является скорость ответа. При обработке текстовых сообщений алгоритм должен выдавать результаты своей работы по мере продвижения вглубь текста. Такой особенностью обладает GLR-парсер (*Generalized Left-to-right Rightmost derivation parser*) — алгоритм, предназначенный для разбора по недетерминированному и неоднозначному грамматикам. В отличие от LR-анализатора, GLR-парсер

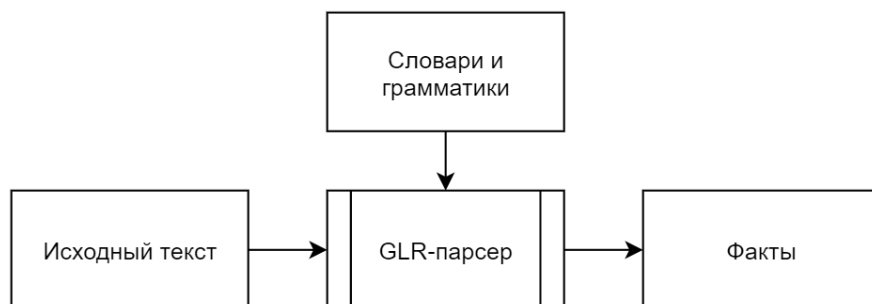


Рис. 1. Упрощенная схема работы сервиса обработки сообщений на основе GLR-парсера

позволяет работать с естественным языком. Несмотря на то, что в худшем случае алгоритм имеет сложность $O(n^3)$, у GLR-парсера есть следующие преимущества.

1. GLR-парсер работает за $O(n)$ при условии полной детерминированной грамматики.
2. GLR-парсер позволяет работать в «режиме реального времени» — то есть он выполняет как можно больше анализа в процессе считывания последовательности токенов.

GLR-парсер лег в основу Томита-парсера, используемого в сервисах компании Яндекс [6]. Его упрощенная схема представлена на рис. 1.

Парсер получает исходный текст, а также словарь и грамматику, по которым производится извлечение фактов из текста. Файл грамматики содержит шаблоны на формальном языке, описывающие возможные цепочки слов в тексте и определяющие формат вывода извлекаемых фактов. Словарь содержит понятия, ключевые

слова, показывающие, как понятие может быть отражено в тексте, и лемму, к которой эти ключевые слова должны будут приводиться при отображении результатов.

Заключение

Важным этапом в автоматической обработке неструктурированных текстовых сообщений является представление данных в виде, пригодном для машинной обработки. Для этого в зависимости от необходимой глубины понимания текста применяются такие способы представления, как лексико-морфологический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, прагматический уровень анализа. При обработке текстовых сообщений в режиме реального времени алгоритм должен выдавать результаты своей работы по мере продвижения вглубь текста. GLR-парсер, обладающий данной особенностью, позволяет в режиме реального времени, используя словари и грамматики, извлекать факты из неструктурированного текста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большакова Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Е.И. Большакова, К.В. Воронцов, Н.Э. Ефремова, Э.С. Клышинский, Н.В. Лукашевич, А.С. Сапин — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. — 269 с. ISBN978-5-9909752-1-7.
2. Зализняк А.А. Грамматический словарь русского языка. Словоизменение. Изд. 5-е, испр. — М.: Аст-пресс, 2008.
3. Кузнецов П.С. Морфологическая классификация языков // Материалы к курсам языкознания. — М.: 2016. — 138 с. ISBN978-5-397-05350-1.
4. Лукашевич Н.В., Рубцова Ю.В. Объектно-ориентированный анализ твитов по тональности: результаты и проблемы // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных. 2015. С. 499–507.
5. Марчук А.А., Уланов А.В., Макеев И.В., Чугреев, А.А. Автоматическое извлечение параметров продуктов из текстов отзывов при помощи интернет-статистик // Труды Международной конференции Компьютерная лингвистика и информационные технологии Диалог-2013. 2013. т. 2. С. 81–91.
6. Томита-парсер [Электронный ресурс]: Томита-парсер — Технологии Яндекса — Режим доступа: <https://yandex.ru/dev/tomita/>
7. ABBYY FlexiCapture [Электронный ресурс]: ABBYY FlexiCapture. Решение для потокового ввода данных — Режим доступа: <https://www.abbyy.com/ru/flexicapture/>

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОДНОМЕРНОЙ УПАКОВКИ ОБЪЕКТОВ

Дворянкин Александр Михайлович

*Д.т.н., профессор, Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград
dvam@vstu.ru*

Ибрагим Исмаил Адаму

*Волгоградский государственный технический
университет, Волгоград
ismometrical@gmail.com*

GENETIC ALGORITHM FOR THE PROBLEM OF ONE-DIMENSIONAL PACKING OF OBJECTS

**A. Dvoryankin
I. Ibrahim**

Summary. Genetic algorithms (GAs) are adaptive search algorithms inspired by the process of natural selection, which are useful for optimization purposes. These methods do not ensure exact optimal solution; however, they give good approximated sets of solutions in a short time compared to other kind of algorithms, which takes forever to solve a given problem. The genetic algorithms are useful for solving mostly NP-hard problems, especially the bin-packing problem. In this article, we used genetic algorithm to tackle the placement of loaded segment problem to find permutation of segments with minimum deviation from a given center of gravity. We should also note that this approach does not ensure exact optimal solution but we are sure to have an approximate solution and also it will serve as basis for comparisons with other approximate algorithms in the future.

Keywords: one-dimensional packing, force, loaded segments, genetic algorithm, chromosome, mutation, crossover, center of gravity.

Аннотация. Генетические алгоритмы (ГА) — это алгоритмы адаптивного поиска, основанные на принципе естественного отбора, которые полезны для целей оптимизации. Эти методы не обеспечивают точного оптимального решения, однако дают хорошие приближенные наборы решений за короткое время по сравнению с точными алгоритмами, которые требуют практически бесконечного времени для решения той же задачи. Генетические алгоритмы полезны для решения в основном NP-полных задач, в частности, проблемы упаковки в контейнеры. В этой статье мы использовали генетический алгоритм для решения проблемы размещения нагруженных отрезков, чтобы найти перестановку отрезков с минимальным отклонением от заданного центра тяжести. Следует отметить, что такой подход не гарантирует точного оптимального решения, но обеспечивает приближенное решение с некоторой точностью, что будет служить основой для сравнения эффективности приближенных алгоритмов в будущем.

Ключевые слова: одномерная упаковка, сила, нагруженные отрезки, генетический алгоритм, хромосома, мутация, кроссинговер, центр тяжести.

Введение

Интерес к различным постановкам и алгоритмам решения задач размещения и, в частности, к задаче оптимальной одномерной упаковки или «задаче о ранце» [1,2] не ослабевает [3,4]. Задача одномерной упаковки является задачей комбинаторной оптимизации и относится к классу NP-полных [6]. Особенность рассматриваемой постановки задачи размещения нагруженных отрезков состоит в том, чтобы достичь положения центра тяжести «ранца» как можно ближе к заданному. В статье рассматривается модель и задача размещения отрезков, нагруженных сосредоточенной силой [7]. Критерий оптимального размеще-

ния — минимальное отклонение центра тяжести от заданного значения.

Эта задача возникает при проектировании компоновки самолета, размещения груза на транспортном средстве, для которого положение центра тяжести является важным. Предложен генетический алгоритм для решения задачи одномерной упаковки объектов.

Модель

Будем использовать обозначения отрезков, понятие соединения отрезков и формулы вычисления центра тяжести соединения отрезков, предложенные в работе [7].

Пусть $A = (a, p, b)$ — это горизонтальный отрезок, где p — это точка приложения к нему вертикальной силы (вес), a — расстояние от левого конца отрезка до p , b — расстояние от p до правого конца отрезка. Длина отрезка d определяется как $a + b$, при условии, что a и b строго больше нуля, а вес p неотрицателен. Примем обозначение различных отрезков нижними индексами, как отрезка в целом, так и его компонентов: $A_x = (a_x, p_x, b_x)$ или $A_j = (a_j, p_j, b_j)$. Компоненты отрезка A будем также записывать как $a = a(A)$, $p = p(A)$, $b = b(A)$. Соединение отрезков A_x и A_y примет форму $A_{xy} = A_x A_y$. При этом компоненты соединения $A_{xy} = (a_{xy}, p_{xy}, b_{xy})$ вычисляются следующим образом:

$$a_{xy} = a(A_{xy}) = [p_x a_x + p_y (a_x + b_x + a_y)], p_{xy} = p(A_{xy}) = p_x + p_y, b_{xy} = b(A_{xy}) = d_x + d_y - a_{xy}.$$

Постановка задачи

Пусть заданы n отрезков A_1, A_2, \dots, A_n и некоторое число $c > 0$. Для любой перестановки $w = (i_1, i_2, \dots, i_n) \in J_n$ сопоставим соединение отрезков: $A_w = A_{i_1} A_{i_2} \dots A_{i_n}$. Функция $a(A_w)$ является функцией от перестановки w .

Для заданного множества n отрезков и числа c определим функцию δ :

$$\delta(i_1, i_2, \dots, i_n) = |a(A_{i_1} A_{i_2} \dots A_{i_n}) - c|,$$

где $(i_1, i_2, \dots, i_n) \in J_n$.

Задача упаковки: найти перестановку $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0) \in J_n$, на которой достигается минимум функции:

$$D(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0) = \min_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in J_n} D(i_1, i_2, \dots, i_n)$$

Методика решений генетического алгоритма

Для решения поставленной задачи за основу был взят классический генетический алгоритм. Определим основные элементы генетического алгоритма в терминах решаемой задачи. Хромосомы будут представлять перестановки отрезков, ген будет представлять отрезок. Для кодирования решения использовано целочисленное кодирование: вектор целых чисел в диапазоне от 1 и до n , где n — это количество отрезков, каждое число вектора определяет позицию отрезка в перестановке. В качестве целевой функции, которая описывает точность решения задачи, будем использовать функцию отклонения δ , которая на вход получает перестановку отрезков и возвращает отклонение от желаемого центра тяжести.

Для инициализации популяции будем использовать стратегию случайной популяции, т.е. заполнение исходной популяции выполняется случайным образом. А для отбора случайным образом выбираются родители из существующей популяции; преимуществом данной стратегии является то, что она не требует дополнительных вычислений.

В качестве оператора скрещивания (кроссинговера) был выбран одноточечный кроссинговер, который моделируется следующим образом. Пусть есть две родительские особи с хромосомами. Случайным образом определяется точка внутри хромосомы (точка разрыва) p где $1 \leq p \leq n$, в которой обе хромосомы делятся на две части и обмениваются ими [8]. Оператор мутации в генетических алгоритмах используется для того, что бы «выбивать» решения из локальных оптимумов, которые далеки от глобальных. Для мутации генов используется простой способ обмена двух генов (отрезков).

Алгоритм

Для приближенного решения задачи размещения нагруженных отрезков предлагается следующий генетический алгоритм.

1. Проинициализировать параметр генетического алгоритма k — количество перестановок в начальной популяции и g — количество поколений.
2. Случайным образом сгенерировать k перестановок отрезков $G = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$.
3. Для каждого поколения от 1 до g выполнять:
 - 3.1. Вычислить значение центра тяжести каждой перестановки и с помощью этого вычислить значение отклонения для каждой перестановки в популяции.
 - 3.2. Скопировать лучшую перестановку и ее значение отклонения. Рассчитать среднее отклонение.
 - 3.3. Пока (количество потомков перестановки меньше k) выполнять:
 - 3.3.1. Случайным образом выбрать две перестановки P_i, P_j из популяции G , где $1 \leq i, j \leq k$ и $i \neq j$.
 - 3.3.2. Выполнить операцию скрещивания на основе порядка между этими двумя перестановками P_i и P_j , чтобы получить новую перестановку отрезков $P_{\text{потомка}}$.
 - 3.3.3. Случайным образом поменять местами два отрезка в перестановке $P_{\text{потомка}}$, который был получен на предыдущем шаге.
 - 3.3.4. Увеличить счетчик в зависимости от количества потомков перестановки 1 или 2.
 - 3.4. конец цикла Пока.

Таблица 1. Исходные данные

A	$a(A)$	$p(A)$	$b(A)$
A_1	1	5	8
A_2	5	5	9
A_3	4	5	7
A_4	2	5	8
A_5	1	5	6
A_6	5	5	3
A_7	5	15	8

Таблица 2. Результаты работы алгоритмов

	Генетический алгоритм	Метод полного перебора
w	(4, 6, 5, 1, 7, 2, 3)	(5, 4, 6, 3, 1, 2, 7)
Оптимальное положение центра тяжести	35.1111	35
δ	0.1111	0.0000
Время решения задачи, сек.	1.1	7.7

3.5. Построить промежуточный набор перестановок из множества потомков перестановки, которая была получена.

3.6. Создать новый набор перестановок из старого набора и вновь созданного набора потомков перестановки путем замены перестановок с худшим значением пригодности перестановками с лучшим значением приспособленности.

3.7. Проверить: если уже найдено максимально оптимальное решение — перестановка со значением отклонения, равным 0, то перейти к шагу 5.

4. конец цикла Для.

5. Решение — соответствующая перестановка P , с минимальной f .

6. Распечатать лучшую перестановку и ее значение критерия.

Пример исходных данных при $k = 10$, $g = 3$, $n = 7$ и $c = 35$ приведен в таблице 1.

При $k = 3$ найдено приближенное решение: $w = (4, 6, 5, 1, 7, 2, 3)$, $\delta = 0.1111$. Отклонение от глобального минимума не превышает значения δ .

Применение алгоритма полного перебора дает глобальный минимум на перестановке $w = (5, 4, 6, 3, 1, 2, 7)$, $\delta = 0.0000$.

Пример результатов работы генетического алгоритма и метода полного перебора приведен в таблице 2.

Заключение

Приведена постановка задачи размещения отрезков, нагруженных сосредоточенной силой. Критерием оптимального размещения является минимальное отклонение центра тяжести результирующего отрезка от заданного значения. Генетический алгоритм дает приближенное решение. Временная сложность алгоритма составляет $O(n^3)$. Алгоритм хорошо подходит для большого количества отрезков, когда стандартные методы оказываются неэффективными по сравнению с методами эволюционного моделирования. Время работы генетического алгоритма, в сравнении с алгоритмом полного перебора, уменьшилось в 5–10 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. — М.: Наука, 1965. — 460 с.
2. Mongeau, M., Be` s, C., 2003. Optimization of aircraft container loading. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems 39, 1, 140–150.
3. Залюбовский В.В. О представлении перестановками допустимых решений одномерной задачи упаковки в контейнеры. // Труды XIII Байкальской международной школы-семинара «Методы оптимизации». Том 1: Иркутск, ИСЭМ СО АН РАН. — 2005. с. 461–467.
4. Wim Vancroonenburg, Jannes Verstichel, Karel Tavernier, Greet Vanden Berghe. Automatic air cargo selection and weight balancing: A mixed integer programming approach. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 65, May 2014, Pages 70–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.12.013>.

5. Kaluzny, Bohdan L.; Shaw, R.H.A. David. Optimal aircraft load balancing. International Transactions in Operational Research, Volume 16, Number 6, November 2009, pp. 767–787(21). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2009.00723.x>
6. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М.: Мир, 1982. — 416 с.
7. А.М. Дворянкин, М.Б. Кульцова, И.Г. Жукова. Задача размещения нагруженных отрезков./ А.М. Дворянкин, М.Б. Кульцова, И.Г. Жукова // Известия ВолгГТУ. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. — Волгоград, 2017. — № 8 (203). — С. 29–34.
8. Lozano M., Herrera F., Krasnogor N., Molina D. Real-Coded Memetic Algorithms with Crossover Hill-Climbing. Evolutionary Computation 12(3), 2004. — Pp. 273–302.

© Дворянкин Александр Михайлович (dvam@vstu.ru), Ибрагим Исмаил Адаму (ismometrical@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мамаев курган, г. Волгоград

ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УТЕЧЕК КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

VERIFICATION OF THE MODEL OF A SYSTEM FOR MONITORING LEAKS OF CONFIDENTIAL DOCUMENTS

**D. Zakharchenko
A. Borshevnikov**

Summary. The article discusses a new formal security model designed to warn about leaks of electronic documents. This model allows you to track the movement of documents on the Internet and detect unauthorized access to them. This document also provides verification of the developed model using Bell-LaPadula and take-grant models.

Keywords: information security, security policy, data protection, data leaks, leak detection, formal methods, take-grant model, Bell-LaPadula model.

Захарченко Даниил Владимирович

Аспирант, Дальневосточный федеральный
университет (г. Владивосток)
daniilZakharchenko@gmail.com

Боршевников Алексей Евгеньевич

Старший преподаватель, Дальневосточный
федеральный университет (г. Владивосток)
borshevnikov.ae@dvfu.ru

Аннотация. В статье рассматривается новая формальная модель безопасности, предназначенная для предупреждения о произошедших утечках электронных документов. Данная модель позволяет отслеживать перемещения документов в сети интернет и обнаруживать несанкционированный доступ к ним. Также в данном документе приводится верификация разработанной модели с применением моделей Белла-ЛаПадулы и take-grant.

Ключевые слова: информационная безопасность, политика безопасности, защита корпоративных данных, утечки данных, обнаружение утечек, формальные методы, модель take-grant, модель Белла-ЛаПадулы.

Одной из значимых проблем в обеспечении защищенности данных являются утечки конфиденциальной информации. В связи с тем, что при обеспечении защищенности систем большая часть усилий направлена именно на защиту от внешних угроз, стало сильно заметно влияние инцидентов утечек данных, происходящих по вине сотрудников. При этом число таких инцидентов растет ежегодно, за прошлое десятилетие число утечек выросло в 2,5 раза, при этом в последние 3 года было зафиксирована стабилизация ситуации с ростом утечек. Так, в 2010 году было известно о 794 случаях утечек информации в мире. В 2017 году их число составило 2131 по всему миру [1]. В 2018 году число известных утечек по миру составило 2263 [2]. В 2019 году было обнаружено уже 2509 подобных инцидентов [3].

Согласно отчету компании infowatch за первые 9 месяцев 2020 году [4], в мире, за этот промежуток времени, произошло 1773 случая утечки информации, что на 7,4% меньше, чем за соответствующий промежуток времени 2019 года. В России в 2020 году за это время произошло 302 случая, что на 5,6% больше соответствующего периода 2019 года. При этом на внутреннего нарушителя приходится 52,6% от всех утечек по всему миру. Для России этот показатель равен 79,1%.

В среднем, на внутренние утечки приходится около половины от их общего количества. При этом важно отметить, что большая часть утечек происходит по вине сотрудника. Так, в России за 2017 год, 69,3% от общего числа инцидентов приходилось на долю рядового сотрудника, 6,7% — руководителей, и 21,3% происходили по вине внешних злоумышленников. В мире ситуация отличается в сторону большего числа внешних виновников: 50,3% — рядовые сотрудники, 2,2% — руководители, 41,7% — внешний злоумышленник.[5]

Для обнаружения и предотвращения утечек конфиденциальной информации из информационной системы применяются различные DLP системы [6]. Примерами таких систем являются [7, 8, 9]. Система, разрабатываемая Баранкова И.И., Михайлова У.В. и Лукьянов Г.И. [7] предназначена для отслеживания подозрительных файлов и блокирования устройства пользователя при их обнаружении.

Так же в качестве примера подобных систем можно привести DLP-систему, описанную в работе В.Е. Морозова, А.В. Дрозда [9]. Суть данной системы заключается в перехвате исходящего сетевого трафика с дальнейшим выделением контролируемой информации. Контроль осуществляется как через сервер, мониторящий

трафик, так и с применением ПО, установленного на конечные устройства пользователей.

В качестве примера коммерческой DLP системы можно рассмотреть комплексную dlp-систему компании SearchInform, предназначенную как для контроля конечных устройств пользователей, так и контроля трафика, проходящего через узлы компании [8].

Для дополнительных способов контроля утечек могут применяться средства, которые позволяют отследить сам факт свершения утечки, для скорейшего реагирования на произошедший инцидент. В качестве примера подобных систем можно привести систему, разработанную Slim Trabelsi [10]. Данная система предназначена для отслеживания факта появления данных путем мониторинга наиболее популярных сетевых ресурсов, на которых выкладывается подобная информация. Схожую задачу так же решает коллектив Timo Malderle¹, Matthias W'ubbeling, Sven Knauer, Michael Meier [11]. Их целью является разработка системы, которая бы отслеживала публикацию утечек и самостоятельно уведомляла бы потерпевших о инцидентах.

Другим способом защиты является использование специализированных систем документооборота, таких как описанная в работе Н.Д. Быстрицкого, Н.В. Макарова-Землянского, В.С. Назаров [12].

В данной статье рассматривается модель контроля фактов утечек данных, базирующаяся на внедрении специальных меток в электронный документ, которые позволяют отслеживать событие открытия документа и информируют доверенное лицо об этом событии.

Для начала определим множество пользователей (субъектов доступа) U , которые могут получить доступ к документам. В это множество входят легитимные пользователи, которым разрешен доступ к документам, доверенный пользователь системы, которым выступает администратор компьютерной сети и доверенный сервер, а также нелегитимные пользователи, которые могут получить доступ к документам без разрешения доступа к ним:

$$U = \{U_1, U_2, \dots, U_s, E_1, \dots, E_k, T\}, \quad (1)$$

$$n = s + k + 1, \quad (2)$$

где n — количество всех пользователей в компьютерной сети; s — количество легитимных пользователей; k — количество нелегитимных пользователей (злоумышленники); T — доверенный субъект компьютерной сети.

Для определения каждого из этих пользователей можно использовать идентификатор пользователя (или злоумышленника):

$$U_i, E_g = \{UID_{U_i(E_g)}\} \quad (3)$$

В самих защищаемых документах выделим 3 основных компонента — текст (сообщение), хранящийся в документе; метка документа, позволяющая идентифицировать сам документ, а также сотрудника, осуществившего маркировку; случайное число, являющееся идентификатором самой метки. Обозначим j -тый документ в модели:

$$M_j = (m_j, mark_j, rand_j), \quad (4)$$

где m_j — сообщение j -го файла; $rand_j$ — случайное число; $mark_j$ — метка j -го файла.

Из свойств устройств, на которых будет осуществляться доступ к документам, наибольший интерес представляют идентификатор устройства, адрес устройства в сети и список разрешенных для открытия на этом устройстве документов. Таким образом опишем устройства, с которых осуществляется доступ к документам, а также устройства, на которых производится маркировка:

$$PC_i = (IDT_i, IP_i, AM_i), \quad (5)$$

где IDT_i — идентификатор i -го объекта компьютерной сети; IP_i — IP-адрес i -го объекта компьютерной сети; AM_i — матрица доступа субъектов доступа к объектам доступа.

Соответственно будут образованы множество всех файлов M , множество всех устройств PC :

$$M = \{M_j; j = \overline{1, f}\}, \quad (6)$$

$$PC = \{PC_i; i = \overline{1, k}\}, \quad (7)$$

В качестве объектов доступа O в модели определяется на каких объектах компьютерной сети могут быть открыты защищаемые документы:

$$O = PC_i \times M_j, \quad (8)$$

$$|O| = r, \quad (9)$$

где \times — декартово произведение множеств; PC_i — i -й объект компьютерной сети; M_j — j -й файл, r — мощность множества объектов.

Для определения маркированного документа необходимо хранить информацию о нем в системе. Для этого

применяется доверенный субъект компьютерной сети. Для идентификации, когда была проведена маркировка, необходимо хранить время маркировки, для точной идентификации устройства, на котором была проведена маркировка и пользователя, ее осуществившего — идентификатор пользователя, идентификатор и сетевой адрес устройства, для представления изначального содержимого документа — его хэш. Для связи метки и документа хранится идентификатор самой метки:

$$T = \{(t_{mark}, UID_i, IDT_i, h(M_j), rand_j, IP_i)\}, \quad (10)$$

где t_{mark} — время создания временной метки; $h(M_j)$ — значение хеш-функции от j -го файла.

Введем функцию доступа, описывающую пользователем доступа к объекту системы. В случае, если пользователь имеет право на доступ к объекту, функция возвращает 1, в ином случае — 0:

$$b: U \times O \rightarrow \{0,1\}, \quad (11)$$

$$b(U_p, O_q) = \begin{cases} 0, O_q \notin U_p \\ 1, O_q \in U_p \end{cases}, \quad (12)$$

где $p = \overline{1, n}$, а $q = \overline{1, r}$.

В свою очередь, пользователь имеет доступ к объекту тогда и только тогда, когда и документ, и устройство одновременно принадлежат пользователю:

$$O_q \in U_p \leftrightarrow (PC_q \in U_p) \wedge (M_q \in U_p). \quad (13)$$

При применении функции доступа ко всем пользователям ко всем объектам строится матрица доступа, которую можно описать следующим образом:

$$AM = \begin{pmatrix} AC_{1,1} & \dots & AC_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ AC_{r,1} & \dots & AC_{r,n} \end{pmatrix}, \quad (14)$$

где $AC_{p,q} = b(U_p, O_q)$, $p = \overline{1, n}$, $q = \overline{1, r}$.

Следовательно, можно определить несанкционированный доступ к объекту как случай, когда пользователь получает доступ к документу, в то время как матрица доступа для них возвращает 0:

$$(AC_{p,q} = 0) \wedge (M_q \in U_p). \quad (15)$$

Теперь определим, может ли документ быть на устройстве системы. Для этого введём функцию принадлежности некоторого сообщения некоторому устройству:

$$v: O \rightarrow \{0,1\}, v(O_q) = \begin{cases} 0, M_j \notin PC_i \\ 1, M_j \in PC_i \end{cases}. \quad (16)$$

Применяя данную функцию ко всем документам и устройствам, построим матрицу принадлежности файла устройству:

$$BM = \begin{pmatrix} B_{1,1} & \dots & B_{1,f} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{k,1} & \dots & B_{k,f} \end{pmatrix}, \quad (17)$$

где $B_{i,j} = v(O_q)$, $q = \overline{1, r}$, $i = \overline{1, k}$, $j = \overline{1, f}$.

Теперь можно определить утечку данных. Под ней будем понимать ситуацию, когда сообщение находится на устройстве при том, что соответствующий элемент матрицы принадлежности равен 0:

$$(B_{i,j} = 0) \wedge (M_j \in PC_i). \quad (18)$$

Пусть $ID(M_j)$ — идентификатор сообщения, а под *give* подразумевается передача данных от одного элемента модели другому. Определим 4 операции работы с файлами:

1. Получение пользователем доступа к файлу $ID(M_j)$:

$$U_i \xrightarrow{give} PC_i: UID_i, ID(M_j), \quad (19)$$

$$PC_i: AC_{i,i} == 1, \quad (20)$$

$$M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j, \quad (21)$$

$$PC_i \xrightarrow{give} U_i: M_j. \quad (22)$$

2. Копирование файла $ID(M_j)$:

$$U_i \xrightarrow{give} PC_i: UID_i, ID(M_j) \quad (23)$$

$$PC_i: AC_{i,i} == 1 \quad (24)$$

$$M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j, \quad (25)$$

$$PC_i \xrightarrow{give} PC_k: M_j, \quad (26)$$

$$PC_k \xrightarrow{give} M_j: M_j, \quad (27)$$

3. Маркирование файла $ID(M_j)$:

$$T \xrightarrow{give} PC_i: mark_j, rand_j, \quad (28)$$

$$PC_i: AC_{i,i} == 1, \quad (29)$$

$$PC_i \xrightarrow{give} M_j: mark_j, rand_j, \quad (30)$$

$$M_j \xrightarrow{give} PC_i: h(M_j), \quad (31)$$

$$M_j \xrightarrow{give} PC_i: h(M_j), \quad (32)$$

$$PC_i \xrightarrow{give} T: h(M_j), IDT_i, IP_i. \quad (33)$$

4. Получение пользователем доступа к маркированному файлу $ID(M_j)$:

$$U_l \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j), \quad (34)$$

$$PC_i: AC_{l,i} == 1, \quad (35)$$

$$M_j \xrightarrow{give} PC_i: mark_j, rand_j, h(M_j), \quad (36)$$

$$PC_i \xrightarrow{give} T: mark_j, rand_j, h(M_j), IDT_i, IP_i \quad (37)$$

Далее рассмотрим верификацию предложенной модели с помощью двух моделей: модели Белла-ЛаПадулы и модели take-grant.

Проведем верификацию построенной модели относительно модели Белла-ЛаПадулы (D. Bell, L. LaPadula) [13]. Основным положением модели Белла-ЛаПадулы является основная теорема безопасности — состояние системы безопасно тогда и только тогда, когда оно безопасно и по чтению, и по записи.

Для верификации, предлагаемой в рамках данной работы модели, введем следующие обозначения [13]:

O — множество объектов доступа; S — множество субъектов доступа; R — множество прав доступа; $A[s, o]$ — матрица доступа; Λ_L — решетка L уровней безопасности между субъектами и объектами системы; \mathcal{F}_L — отображение объединения множества S и O на множество L ; V — множество состояний системы; ϑ_0 — начальное состояние; Q — запросы субъектов на доступ; \mathcal{F}_T — отображение, переводящее систему из одного состояния в другое при выполнении запросов.

Соотнесем элементы разрабатываемой и базовой моделей:

$$O \sim O = PC_i \times M_j \quad (40)$$

$$S \sim U \quad (41)$$

$$A[s, o] \sim AM \quad (42)$$

$$\Lambda_L \sim O_i = \mathfrak{b}(U_1, O_i) \cdot U_1 + \mathfrak{b}(U_2, O_i) \cdot U_2 + \dots + \mathfrak{b}(T, O_i) \cdot T \quad (43)$$

$$\mathcal{F}_L : S \cup O \rightarrow L \sim \mathfrak{b}(U_p, O_q) \quad (44)$$

$$V = \{(\mathcal{F}_L, A)\} \sim AC_{p,q} \wedge (M_q \in U_p) \quad (45)$$

$\vartheta_0 \in V \sim$ начальное состояние системы;

Q — операции;

$$\mathcal{F}_T: (V \times Q) \rightarrow V^* \sim B_{i,j} \wedge (M_j \in PC_i) \quad (46)$$

$$L = \{0,1\}. \quad (47)$$

Будем считать, что операции read и write неотличимы в рамках данной модели.

Рассмотрим 2 случая утечки

$$(B_{i,j} \wedge (M_j \in PC_i) = 0) \quad (48)$$

Рассмотрим первый случай утечки:

1. $E_l \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j)$;
2. $PC_i: AC_{l,i} == 1$; $\not\Leftarrow$
3. $M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j$;
4. $PC_i \xrightarrow{give} PC_k: M_j$;
5. $PC_k \xrightarrow{give} M_j: M_j$.

Противоречие возникает на 2-м шаге, однако системе невозможно привести к безопасному состоянию, так как нельзя обнаружить утечку.

Пусть файл промаркирован, тогда рассмотрим следующую ситуацию:

1. $E_l \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j)$;
2. $PC_i: AC_{l,i} == 1$; $\not\Leftarrow$
3. $M_j \xrightarrow{give} PC_i: mark_j, rand_j, h(M_j)$;
4. $PC_i \xrightarrow{give} T: mark_j, rand_j, h(M_j), IDT_i, IP_i$;
5. $T \xrightarrow{give} PC_i: mark_j$;
6. $PC_i \xrightarrow{give} M_j: mark_j$;
7. $M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j$;
8. $PC_i \xrightarrow{give} U_l: M_j$.

Противоречие также возникает на 2-м шаге, однако также нельзя обнаружить несанкционированный доступ. Можно выйти из этой ситуации путем исключения

нелегитимных пользователей из системы на этапе подготовки к запуску системы.

Рассмотрим второй случай утечки конфиденциальных данных.

1. $U_l(E_l) \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j);$
2. $PC_i: AC_{l,i} == 1; \quad \zeta$
3. $M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j;$
4. $PC_i \xrightarrow{give} PC_k: M_j;$
5. $PC_k \xrightarrow{give} M_j: M_j;$
6. $U_l(E_l) \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j);$
7. $PC_k: AC_{l,k} == 1; \quad \zeta$
8. $M_j \xrightarrow{give} PC_k: M_j;$
9. $PC_k \xrightarrow{give} U_l(E_l): M_j.$

Противоречие может возникнуть на 2-м и 7-м шагах, однако систему невозможно привести к безопасному состоянию, так как нельзя выявить утечку.

1. $U_l(E_l) \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j);$
2. $PC_i: AC_{l,i} == 1; \quad \zeta$
3. $M_j \xrightarrow{give} PC_i: M_j;$
4. $PC_i \xrightarrow{give} PC_k: M_j;$
5. $PC_k \xrightarrow{give} M_j: M_j;$
6. $U_l(E_l) \xrightarrow{give} PC_i: UID_l, ID(M_j);$
7. $PC_k: AC_{l,k} == 1;$
8. $M_j \xrightarrow{give} PC_k: mark_j, rand_j, h(M_j);$
9. $PC_k \xrightarrow{give} T: mark_j, rand_j, h(M_j), IDT_i, IP_i;$
10. $T \xrightarrow{give} PC_k: mark_j;$
11. $PC_i \xrightarrow{give} M_j: mark_j;$
12. $M_j \xrightarrow{give} PC_k: M_j;$
13. $PC_k \xrightarrow{give} U_l(E_l): M_j.$

Противоречие возникает на 2-м и 7-м шагах, однако обнаружение противоречия происходит на 9-м шаге. Для каждого из обнаруженных случаев система приводится к безопасному состоянию за счетное количество шагов с помощью удаления пользователя из системы. Приведем описанные процедуры в безопасное состояние за счет методов, описанных выше $\rightarrow \vartheta_0$ — безопасное (именно это состояние стоит считать начальным).

За счет принятого в рамках данной модели условия, что операции read и write неотличимы, то необходимо и достаточно понять, что $\mathcal{F}_L^*(s) = \mathcal{F}_L^*(o)$ и $read, write \in A^*[s, o]$, если $\mathcal{F}_L^*(s) \neq \mathcal{F}_L^*(o)$

Пусть для i -го пользователя:

$$AC_{i,l} = 0 \rightarrow \delta(U_i, O_l) = 0 \rightarrow O_l \notin U_i \rightarrow \mathcal{F}_L(s) = \mathcal{F}_L(o)$$

$$AC_{i,l} = 1 \rightarrow \delta(U_i, O_l) = 1 \rightarrow O_l \in U_i \rightarrow \mathcal{F}_L(s) = \mathcal{F}_L(o)$$

$$AC_{i,l} = 0 \rightarrow \delta(U_i, O_l) = 1 \rightarrow \zeta \rightarrow read, write \notin A^*[s, o]$$

$$AC_{i,l} = 1 \rightarrow \delta(U_i, O_l) = 0 \rightarrow \zeta \rightarrow read, write \notin A^*[s, o]$$

Тогда по основной теореме безопасности система безопасна.

Далее проведем верификацию построенной модели относительно модели take-grant [14, 15].

Расширенная модель состоит из следующих 6 команд, порождающих неявные информационные потоки: получение доступа для записи, получение доступа для чтения, получение доступа для чтения из другого субъекта, получение доступа для чтения из другого субъекта при доступе по записи, получение доступа для внесения изменений.

Основными элементами расширенной модели take-grant являются: $\Gamma(O, S, E)$ — компьютерная система, описываемое графом; O — множество объектов доступа; S — множество субъектов доступа; E — множество ребер графа Γ ; α — набор прав доступа.

Соотнесем элементы модели take-grant с элементами предлагаемой в данной работе модели:

- ♦ $S \sim U$
- ♦ $O \sim O \sim PC_i * M_j$
- ♦ $\delta \sim \delta$
- ♦ $E \sim AM$

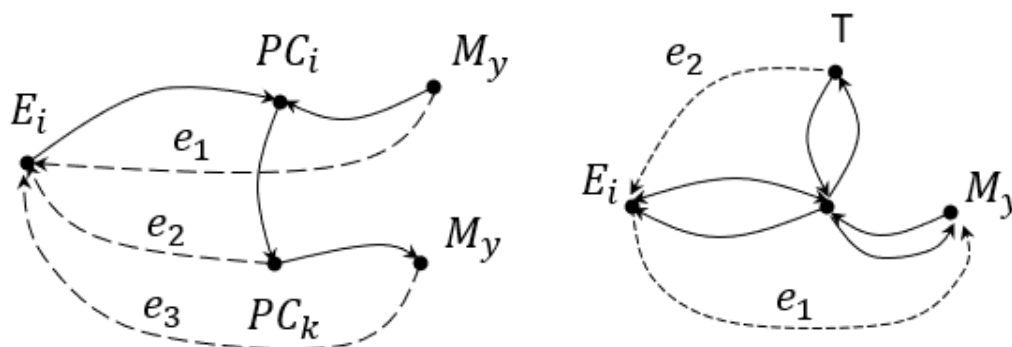


Рис. 1. Случаи утечки

Будем считать, что операции read и write не отличны в рамках модели.

Два случая утечки (рассматриваются случаи, когда у нас происходит маркирование документов) (Рис. 1).

В рамках 1 случая возникает несанкционированные каналы e_1, e_2, e_3 , которые не могут быть устранены

В рамках 2 случая возникают несанкционированные каналы e_1, e_2 , которые устраняются на шаге 9.

В рамках работы над моделью был реализован программный комплекс, осуществляющий мониторинг утечек конфиденциальных документов. Комплекс состоит из 4 компонент: программа маркировки документов, web-сервис мониторинга утечек, приложение администрирования и приложение уведомлений.

Программа маркировки документов. Предназначена для маркировки конфиденциальных документов.

Осуществляет маркировку документов doc/docx, xls/xlsx, ppt/pptx. Пересылает информацию о результатах маркировки web-сервису.

Web-сервис мониторинга утечек. Предназначен для получения уведомлений от маркированных документов, обработки информации от приложения маркировки, предоставления информации о произошедших событиях. При получении информации от открытых документов или маркировщика заносит данную информацию в базы.

Приложение администрирования. Предназначен для взаимодействия администраторов с комплексом. Позволяет настраивать систему, получать подробную информацию о событиях открытия документов.

Приложение уведомлений. Предназначен для мгновенного отображения экстренных инцидентов, когда документ открывается на устройстве, которого нет в списке разрешенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шугаев В.А. Классификация инсайдерских угроз информации/ Шугаев В.А., Алексеенко С.П. — Вестник Воронежского института МВД России. — 2020. — № 2. — С. 143–153
2. Калач А.В. Современное состояние утечек информации и объемов скомпрометированных данных в мире / Калач А.В., Пеев Д.Н. — Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС — 2019. — С. 415–417
3. Исследование утечек информации ограниченного доступа в 2019 году. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/analytics/reports/27720>, свободный (дата обращения: 18.12.2020).
4. Утечки информации ограниченного доступа: отчет за 9 месяцев 2020 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/analytics/reports/30708>, свободный (дата обращения: 03.01.2021).
5. Калач А.В. Современное состояние динамики утечек и обеспечения безопасности информации в российской федерации / Калач А.В., Пеев Д.Н., Зыбин Д.Г. — Вестник Воронежского института МВД России. — 2018. — № 3. — С. 74–80
6. Боридько И.С. / Боридько И.С., Забелинский А.А., Коваленко Ю.И. — Безопасность информационных технологий. — 2012. — Т. 19. — № 3. — С. 20–24.
7. Баранкова И.И. Разработка системы wordsearch для защиты конфиденциальной информации от утечек / Баранкова И.И., Михайловна У.В., Лукьянов Г.И. — Вестник УРФО. Безопасность в информационной сфере — 2018. — № 1. — С. 14–18
8. Филяк П.Ю. Применение DLP-системы searchinform для обеспечения безопасности в сети internet / Филяк П.Ю., Старченко В.И., Цапетгородцев А.В., Рашидов С.Х.У — Информация и безопасность — 2018. — Т. 21 — № 4. — С. 472–477

9. Морозов В.Е. Использование программного комплекса «Контур информационной безопасности SEARCHINFORM» для предотвращения утечек данных из корпоративных сетей/ В.Е. Морозов, А.В. Дроздов. — Преступность в сфере информационных и телекоммуникационных технологий: проблемы предупреждения, раскрытия и расследования преступлений. — 2015. — № 1. — С. 128–135
10. Trabelsi S. Monitoring Leaked Confidential Data. In 2019 10th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS) 2019 Jun 24 (pp. 1–5). IEEE.
11. Malderle T, Wübbeling M, Knauer S, Meier M. Warning of Affected Users About an Identity Leak. In International Conference on Soft Computing and Pattern Recognition 2018 Dec 13 (pp. 278–287). Springer, Cham. Быстрицкий Н.Д. Особенности функционирования криптологического программного комплекса «Креветка» / Н.Д. Быстрицкий, Н.В. Макаров-Землянский, В.С. Назаров. — Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2019. — № 1–1. — С. 51–60
12. Bell, D.E. Looking Back at the Bell-LaPadula Model. Proceedings of the 21st Annual Computer Security Applications Conference: pp. 337–351. DOI:10.1109/CSAC.2005.37
13. Bishop, M. Computer Security: Art and Science. — Boston: Addison Wesley. — 2003.
14. Frank J., Bishop M. Extending The Take-Grant Protection System // Department of Computer Science. — University of California at Davis, 1984

© Захарченко Даниил Владимирович (daniilZakharchenko@gmail.com), Боршевников Алексей Евгеньевич (borshevnikov.ae@dvfu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УТЕЧЕК КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ALGORITHM OF THE CONFIDENTIAL DOCUMENT LEAKAGE MONITORING SYSTEM

D. Zakharchenko
A. Borshevnikov
I. Chernousov
Yu. Dobrzhinskii

Summary. The article discusses the algorithm of a new system for monitoring leaks of confidential electronic documents. Provides an overview of data leakage tracking mechanisms used in DLP systems. The general scheme of the system is given, its individual elements are described. The applied leak tracking algorithms are discussed.

Keywords: information security, security policy, corporate data protection, data leaks, leak detection.

Захарченко Даниил Владимирович

Ассистент, Дальневосточный федеральный
университет (г. Владивосток)
daniilZakharchenko@gmail.com

Боршевников Алексей Евгеньевич

Старший преподаватель, Дальневосточный
федеральный университет (г. Владивосток)
borshevnikov.ae@dvfu.ru

Черноусов Илья

Дальневосточный федеральный университет
(г. Владивосток)
chernousov.is@dvfu.ru

Добржинский Юрий Вячеславович

К.т.н, доцент, Дальневосточный федеральный
университет (г. Владивосток)
dobrzhinskii.yv@dvfu.ru

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм новой системы мониторинга утечек конфиденциальных электронных документов. Приводится обзор механизмов отслеживания утечек данных, применяемых в DLP-системах. Рассматривается общая схема системы, описываются отдельные ее элементы. Разбираются применяемые алгоритмы отслеживания утечек.

Ключевые слова: информационная безопасность, политика безопасности, защита корпоративных данных, утечки данных, обнаружение утечек.

В настоящее время все сильнее возрастает количество утечек корпоративных данных. По результатам исследования компании Infowatch за 2018 год около 42% утечек данных в мире происходили через сеть, среди которых немалую часть составляли корпоративные документы [1]. Более того, если рассматривать статистику за последние несколько лет, можно заметить тенденцию к росту доли утечек через сеть. Также стоит отметить, что, хотя общая тенденция утечек данных по вине или неосторожности внутреннего нарушителя в 2019 году снизилась до 54% от общего числа, в финансовом секторе ситуация диаметрально противоположная — число таких утечек выросло с 45% в 2018 году до 63% в 2019 [2]. В связи с этим остро встает вопрос о необходимости средств борьбы с утечками данных.

Основным решением, предотвращающим утечки данных, являются системы предотвращения утечек информации или так называемые DLP-системы (от англ. Data Leak Prevention, DLP) [3].

Прежде всего эти системы нацелены на борьбу со внутренним нарушителем, они используются, когда первоочередной задачей является защита конфиденциальной информации от внутренних атак. В общем случае для правильного внедрения DLP-систем в информационную систему от ответственного за информационную безопасность в организации требуется четкое понимание следующих тезисов:

- ♦ Какими методами и средствами внутренний нарушитель может организовать утечку критически важных данных.

- ◆ Какие информационные каналы могут быть использованы для проведения кражи информации.
- ◆ Какая информация подлежит защите, прежде всего исходя из правила «Какой урон будет нанесен моей организации при компрометации этой информации?».
- ◆ Какова разница между стоимостью внедрения DLP-системы на данные информационные ресурсы и ущербом от раскрытия этих конфиденциальных данных, что подлежит защите в первую очередь.

Основная проблема при внедрении систем подобного характера состоит в том, что комплекс предотвращения утечек информации должен уметь отличать в автоматическом режиме конфиденциальную информацию от не конфиденциальной. В зависимости от сферы деятельности организации и штата сотрудников информационная система может быть, как локальной, так и распределенной, автоматизированной или автоматической, что в свою очередь несет разный объем информации, который необходимо проанализировать и предотвратить возможную утечку в случае обнаружения нарушения. Если не выделить критические данные для защиты, а просто анализировать всю информацию внутри информационной системы, то скорее всего при рассмотрении небольших организаций столкнемся с проблемой перегрузки вычислительных мощностей, избыточной нагрузки на обеспечивающий персонал [4, 5].

DLP-система работает в связке с обеспечивающим персоналом, специалистом по информационной безопасности организации, который будет корректировать работу комплекса в зависимости от изменяющейся политики информационной безопасности компании, появления новых угроз, увеличения вычислительных мощностей компании, перехода в другую сферу деятельности, что повлечет за собой новый уровень структуры информационной системы компании, изменение числа сотрудников, появление новых возможных злоумышленников с отличными от предыдущих уровнями подготовленности.

Вся система предотвращения утечек конфиденциальных данных строится вокруг математического алгоритма и полученного на его основе программного решения, в задачи которого входит обнаружение и анализ информации, которой необходима защита. В основе большинства DLP-систем лежат две технологии: лингвистический анализ и статистический подход к выявлению утечек [6, 7].

Лингвистический метод анализа. Лингвистический метод анализа работает непосредственно с информацией в документе либо файле. Этот подход по-

зволяет уходить от проблемы излишнего расходования вычислительных мощностей на обработку.

В общем случае лингвистическая аналитика включает в себя два важных аспекта:

- ◆ Морфологический анализ — отбор согласно абсолютно всем допустимым словоформам данных, какие следует защитить от компрометации;
- ◆ Семантический анализ — осуществление поиска критически важной информации при помощи проверки вхождения таковой в обрабатываемый файл, проверка качественных характеристик файла, анализ контекста использования данных.

Статистический метод анализа

Противоположностью лингвистического анализа с позиции точности определения утечки является статистический подход к обнаружению нарушения существующих правил разграничения доступа.

Алгоритм всей процедуры может быть описан следующим образом:

1. Происходит набор критических данных, подлежащих защите. Основным преимуществом здесь является возможность параллельной категоризации данных по степени возможного ущерба организации от его раскрытия;
2. Каждый документ делится на части, от которых вычисляется хеш-функция;
3. Каждое значение хеш-функции определенного фрагмента заносится в базу;
4. При обнаружении в подлежащих проверке частях информационной системы документа, берется фрагмент документа и сверяется с эталонным, который хранится в заранее созданной на этапе 3 базе;
5. При совпадении значений хеш-функций от проверяемого и эталонного фрагментов система помечает этот файл как конфиденциальный, оповещает об инциденте ответственного за информационную безопасность организации и действует согласно заранее разработанной политике ИБ.

Сама же DLP система осуществляет контроль за периметром, включающем в себя как контроль сетевого трафика, так и контроль устройств, с которых сотрудник может входить в сеть и которыми он может воспользоваться на работе.

Сетевой уровень контроля

Сетевой уровень контроля представляет собой подход защиты критически важных ресурсов путем кон-

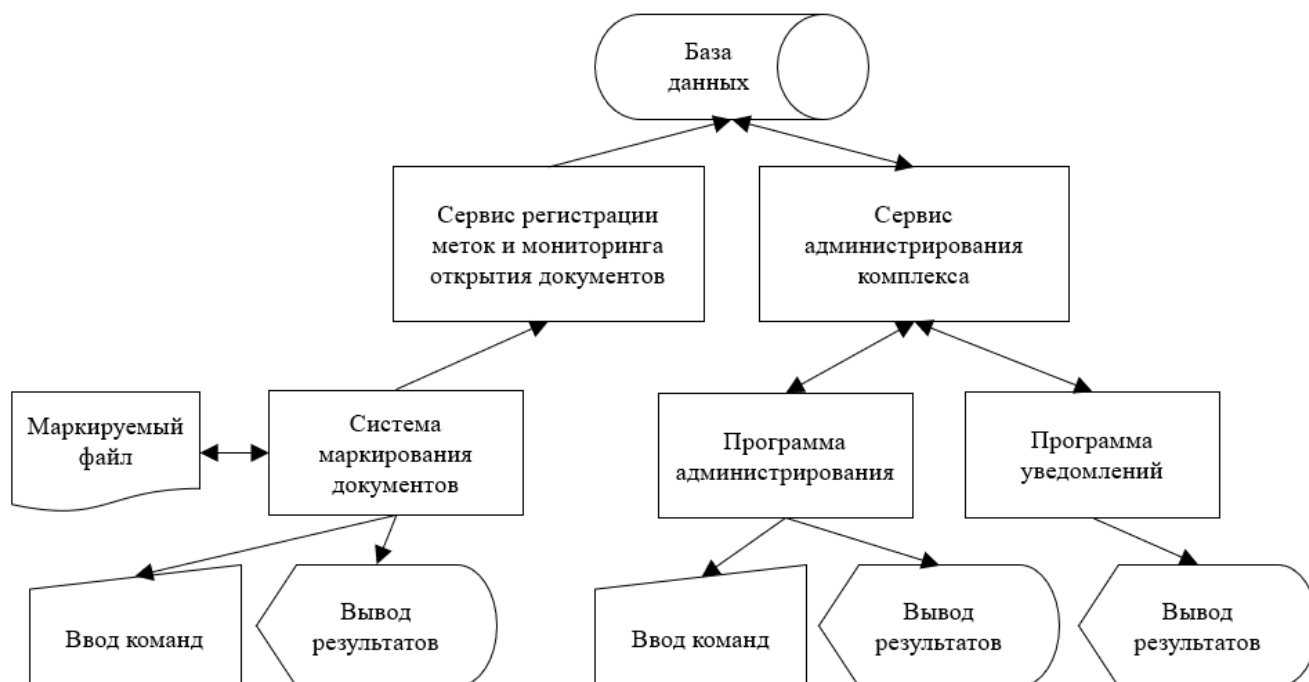


Рис. 1. Схема программного комплекса

троля трафика, пересекающего границы информационной системы.

Технически этот уровень организовывается на специальных прокси-серверах, серверах почтовой почты или специально выделенных серверах.

Хостовый уровень контроля

Хостовый уровень контроля фактически представляет собой подход полного контроля за рабочим устройством пользователя, будь то сотрудник (внутренняя угроза) организации или пользователь (внешний нарушитель). Такая система позволяет отслеживать копирование файлов на съемные носители, вспомогательную аппаратуру и средства (печатные и копировальные устройства), в процессе работы пользователя делать снимки экрана для контроля правомерности работы, как и было сказано ранее немаловажным преимуществом является возможность обработки зашифрованного трафика, который поступил конечному получателю в лице хоста.

Естественно, что для качественной и всесторонней обработки данных DLP-системой необходима организация предотвращения утечек с использованием всех вышеперечисленных компонент с централизованным управлением в лице ответственного за информационную безопасность в организации [8].

Для обеспечения дополнительного контроля за инцидентами утечек конфиденциальной информации можно

применять подход, основанный на фиксации события открытия документов, содержащих такую информацию, на устройствах, которые не имеют разрешения на данное действие. В случае открытия документа он отправляет информацию о данном событии, которое при получении анализируется с целью определить по полученной информации, разрешено ли открытие документа на данном устройстве. Если устройство не входит в список доверенных, то формируется отчет об инциденте, который поступает ответственному лицу. Подобный подход позволит обнаруживать случаи утечки информации даже в том случае, если DLP-система не обнаружила утечку данных.

В данной работе приводится алгоритм работы системы, которая реализует подобный подход.

Рассматриваемая система состоит из 6 компонент, представленных на рисунке 1:

1. Система маркировки.
2. Сервис регистрации меток и мониторинга открытия документов.
3. Сервис администрирования комплекса
4. Программа администрирования
5. Программа уведомлений
6. База данных

Пользователь напрямую взаимодействует с 3 системами: системой маркирования документов, программой администрирования, программой уведомлений. Первая предназначена для внедрения в документы, которые содержат в себе конфиденциальную информа-

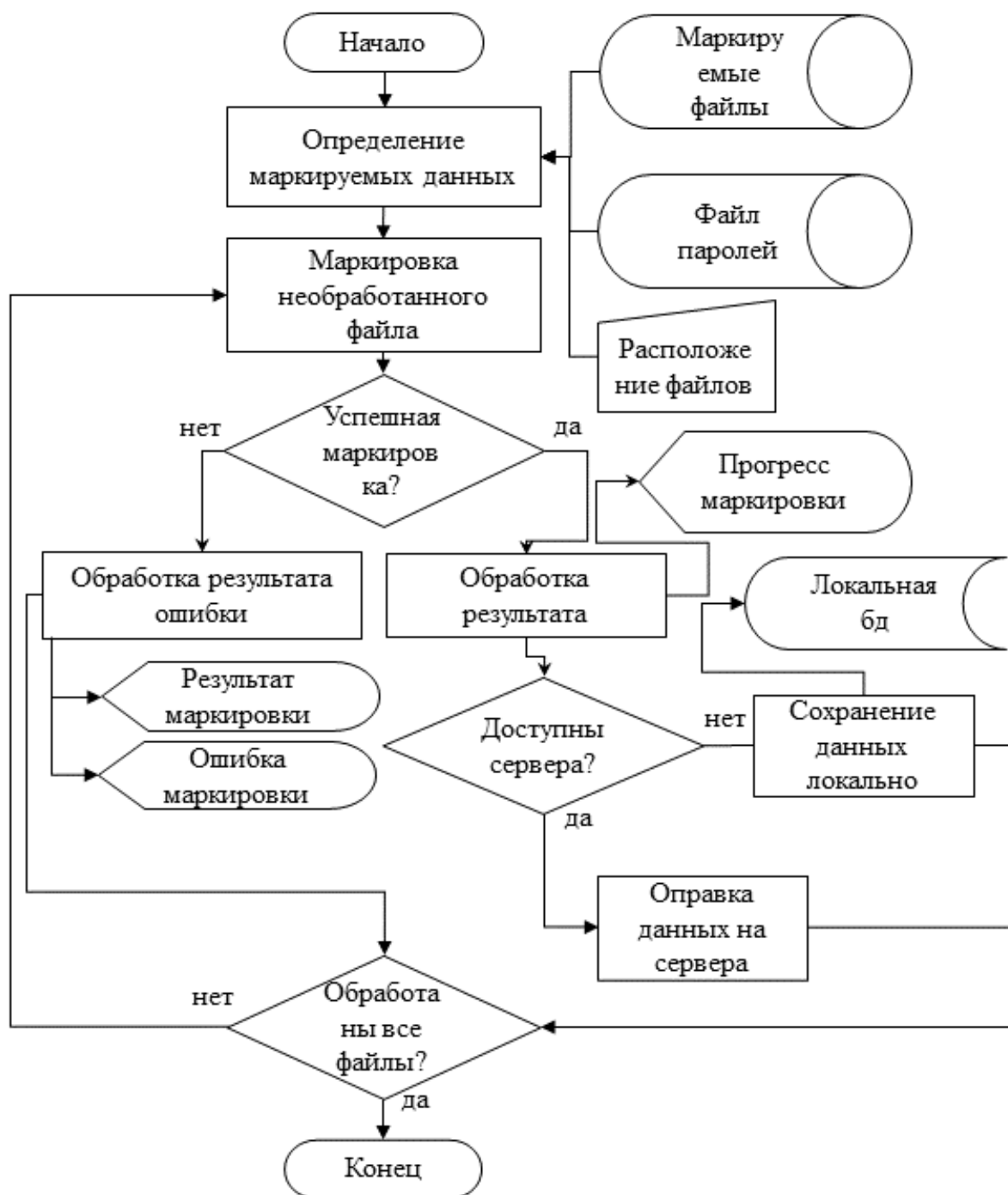


Рис. 2. Схема системы маркировки

цию, специальных механизмов, которые будут осуществлять отправку сообщений об открытии этих документов. Программа администрирования предназначена для настройки системы, а также предоставления отчетов о произошедших событиях, таких как открытие документа или проведение маркировки нового документа. Программа уведомлений предназначена для экстренного уведомления ответственного лица об обнаруженном инциденте утечки документа.

Сервис регистрации меток и мониторинга открытия документов предназначен для фиксации информации от маркировщика о новом промаркированном файле и фиксации событий открытия документов.

Сервис администрирования комплекса предназначен для настройки всего комплекса, а также сбора информации о обнаруженных утечках. Сервис администрирования состоит из следующих компонент:

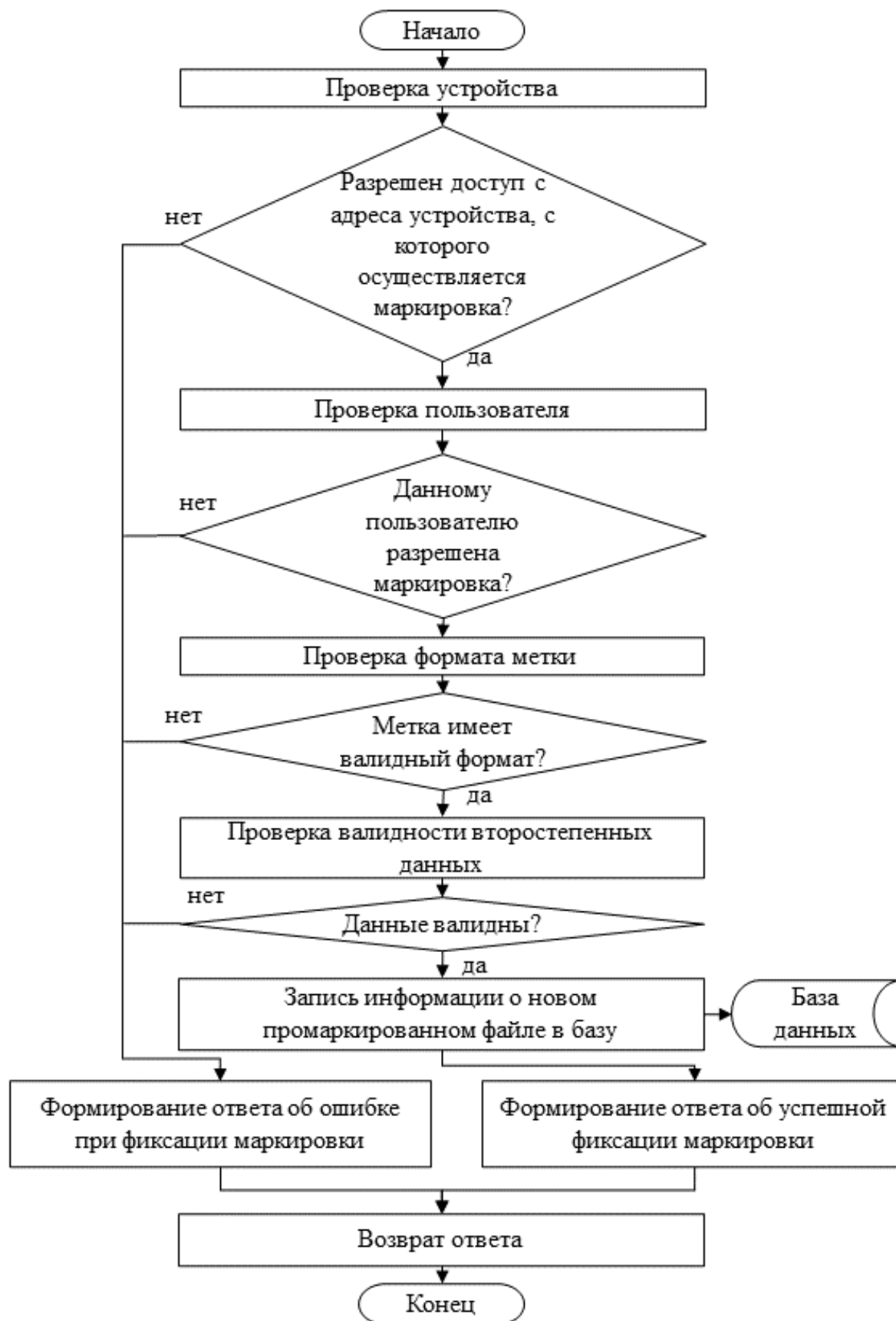


Рис. 3. Алгоритм регистрации меток



Рис. 4. Алгоритм фиксации события открытия документа.

- ◆ Регистрация пользователей, которым разрешено маркировать файлы.
- ◆ Регистрация устройств, с которых разрешено открытие документов.
- ◆ Прекращение слежения за документами.
- ◆ Отслеживание обнаруженных событий открытия.
- ◆ Отправка отчетов о промаркированных файлах.
- ◆ Отправка отчетов об открытых файлах.

- ◆ Отправка уведомлений об инцидентах утечек файлов.

База данных предназначена для хранения информации о настройках системы, промаркированных файлах, событиях открытия документов.

Элементы «Сервис администрирования комплекса», «программа администрирования», «программа

уведомлений» предназначены для настройки системы и информирования пользователя о произошедших событиях и не будут подробно рассматриваться в данной работе.

Система маркирования документов работает по алгоритму, схема которого представлена на рисунке 2.

Основная идея заключается в присвоении новым документам уникального идентификатора на основе идентификаторов пользователя и устройства, на котором он был промаркирован, а также некоторого случайного числа. Эта информация будет применяться для определения документа при инциденте утечки. Само приложение, предназначенное для маркировки, представляет собой клиентское приложение, позволяющее пользователю выбрать файл или папку с файлами для проведения маркировки.

Дополнительно пользователь указывает файл паролей от документов в случае, если данные хранятся в зашифрованном виде. Далее программа начинает поочередно промаркировать каждый документ, внедряя в него код, который будет заставлять документ требовать удаленный ресурс при каждом открытии.

Маркировка документа подразумевает под собой внедрение в документ специального идентификатора и функционала, который при открытии промаркированного документа будет отправлять сообщения сервисам комплекса. По данному идентификатору в дальнейшем возможно будет восстановить информацию о документе, устройстве, на котором оно было промаркировано, пользователе, осуществившем маркировку. Текущая реализация маркировки требует чтения документов через ограниченное число приложений для возможности отправки сообщений.

В случае успешной маркировки документа информация о нем, включая идентификаторы файла, информацию об устройстве, на котором он был промаркирован, информацию о пользователе, промаркировавшем его, группу, к которой привязан документ, информацию о метке, дату маркировки, будет переслана на сервер для последующей идентификации полученных сообщений. В случае, если на устройстве отсутствует доступ к серверу, то будет произведена запись в локальное хранилище, а программа при появлении доступа отправит сохраненные данные на сервер.

Весь прогресс маркировки отображается пользователю и в случае невозможности маркировки отдельных документов пользователь получит об этом уведомление.

Для фиксации информации о промаркированных документах используется сервис регистрации меток и мониторинга открытия документов.

Сервис представляет собой веб-приложение, обрабатывающее приходящие ему запросы по определенным алгоритмам. В нем применяются два основных алгоритма: алгоритм регистрации меток, представленный на рисунке 3, и алгоритм фиксации события открытия документа, представленный на рисунке 4. Каждый из этих алгоритмов на вход получает http запрос, и возвращает ответ запросившему.

Обработка запроса фиксации меток начинается с проверок, валидный ли пользователь отправил этот запрос. Для этого применяются специальный идентификатор пользователя, адрес устройства в сети и идентификатор зарегистрированного устройства, пересылаемые вместе с запросом.

Если данные неправильные, то пользователю будет отправлено сообщение об ошибке. Далее осуществляется проверка корректности информации, пересылаемой от маркировщика, а именно: проверяется корректность метки, применяется ли отправленная версия метки на текущем сервисе, проверяется дата. Если все данные корректны — осуществляется фиксация метки в базе данных.

При обработке запроса на фиксацию события открытия документа сервис принимает от метки сообщение о данном событии. В ответ сервис сгенерирует маскировочное сообщение и перешлет его в любом случае. Первоначально сервис осуществляет проверку на соответствие полученной метки. Если полученная метка отличается по версии от тех, которые обрабатываются сервисом — то фиксации не происходит. Далее проверяется, строгость проверки сервисом меток. Если на сервисе включен режим строгой проверки, то система ожидает, что данная метка сохранена в системе. Если режим отключен, то система будет принимать любые метки подходящей версии. Далее осуществляется проверка по идентификатору устройства, полученному вместе с запросом. Если идентификатор устройства не зафиксирован в системе, но фиксируется и заносится в базу событие утечки документа. В ином случае фиксируется событие открытия документа.

В рамках данной работы была рассмотрена возможная реализация системы мониторинга утечек конфиденциальных электронных документов.

Рассмотренная реализация, обладая определенными недостатками, уже может на практике применяться для мониторинга. Основным ограничением применяе-

мой системы является сам механизм срабатывания метки, ограниченный наличием на открывающем устройстве определенных программ и подключения к сети интернет, в случае утечки во внешнюю сеть. Данная

система может применяться как вспомогательная система для отслеживания утечек конфиденциальных документов на предприятиях, а также для контроля за распространением документов внутри предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комиссаров Е.А., Смагина И.В. Внутренние утечки информации // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. — 2019. — № 11. — С. 44–48.
2. Исследование утечек конфиденциальной информации из организаций финансового сегмента в 2019 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.infowatch.ru/resources/analytics/reports/21649>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).
3. Морозова Н.С. Проблемы современных систем предотвращения утечек данных с конечных точек сети // Безопасность информационных технологий. — 2011. — Т. 18. — № 4. — С. 138–143.
4. Контур информационной безопасности Searchinform [Электронный источник] — Режим доступа: <https://searchinform.ru/products/kib/>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).
5. Андрианов В.И., Сивков Д.И., Юркин Д.В. Методика внедрения системы предотвращения утечек информации DLP в коммерческую организацию для информационной сети с использованием больших данных // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2020. — № 6 (91).
6. Филяк П.Ю. и др. Применение infowatch DLP-системы для обеспечения безопасности в сети internet // Информация и безопасность. — 2018. — Т. 21. — № 4. — С. 566–571.
7. Лопатин А.Г., Бобров Н.В. Выработка рекомендаций по внедрению DLP-системы при реализации политики информационной безопасности предприятия // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. — 2016. — Т. 18. — № 1. — С. 153–159
8. Андриянова Т.А., Саломатин С.Б. DLP: снижение риска утечки конфиденциальной информации Банка // Системный анализ и прикладная информатика. — 2017. — № 3.

© Захарченко Даниил Владимирович (daniilZakharchenko@gmail.com), Боршевников Алексей Евгеньевич (borshevnikov.ae@dvfu.ru),
Черноусов Илья (chernousov.is@dvfu.ru), Добржинский Юрий Вячеславович (dobrzhinskii.yv@dvfu.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владивосток

АЛГОРИТМ ФОРМАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ СЕРВИСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НОРМОКОНТРОЛЯ

THE ALGORITHM OF FORMALIZATION THE REQUIREMENTS FOR THE EXECUTION OF DOCUMENTS FOR THE AUTOMATION NORM RULE CHECKING SERVICE

**E. Kobets
N. Nasyrov
M. Komarov
N. Gorlushkina**

Summary. The scientific paper the problem is considered the automation norm rule checking the execution of text documents. The authors investigated the process of increasing the functionality opportunities of the automated error search tool. The main stages are identified and the tasks are considered for the formalization of the requirements of various standards. The task of translating requirements from a verbal description in the algorithmic language has been solved. As a result, the algorithm was developed for checking the sequence of actions to formalize the requirements of standards that regulate and govern the execution of documentation. The results allow to expand the functionality opportunities of the automation documents norm rule checking service.

Keywords: algorithm, automation, norm rule checking, formalization errors, execution of text documents, standards, unification.

Кобец Елизавета Александровна

Ведущий инженер, аспирант, Университет ИТМО
(Санкт-Петербург)
www.kobets@yandex.com

Насыров Наиль Фаизович

Ассистент, аспирант, Университет ИТМО (Санкт-Петербург)
pasdel@mail.ru

Комаров Михаил Сергеевич

Инженер, Университет ИТМО (Санкт-Петербург)
the237th@yandex.com

Горлушкина Наталия Николаевна

К.т.н., с.н.с., доцент, Университет ИТМО (Санкт-Петербург)
nagor.spb@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема автоматизации нормоконтроля оформления текстовых документов. Авторами был исследован процесс расширения функциональных возможностей инструмента автоматизированного поиска ошибок. Выявлены основные этапы и рассмотрены задачи по формализации требований различных стандартов. Решена задача перевода требований из словесного описания в алгоритмический язык. В результате был разработан алгоритм проверки последовательности действий по формализации требований стандартов, регулирующих и регламентирующих оформление документации. Полученные результаты позволяют расширить функциональные возможности сервиса автоматизированного нормоконтроля документов.

Ключевые слова: алгоритм, автоматизация, нормоконтроль, ошибки оформления, оформление текстовых документов, стандарты, унификация.

Введение

Оформление текстовых документов, казалось бы, задача не особо важная для информационного общества. Однако, при переходе к цифровизации экономики и цифровой трансформации общества невыполнение стандартов вполне может привести к непоправимым ошибкам [1]. Именно переход к цифровизации особенно четко требует выполнения правил, которые едины и прописаны в стандартах. При этом проблема осуществления качественного нормоконтроля при сокращении времени на рутинную работу стоит перед разработчиками достаточно давно. И ее актуальность со временем не уменьшается. Практиче-

ски во всех странах существуют стандарты оформления документации. Ряд работ российских ученых посвящены этой проблеме в последние годы, например, [2–4]. На проблему проверки оформления документации указывают и зарубежные авторы [5–8].

К решению проблемы авторы обращались и ранее, рассматривая только оформление выпускных квалификационных работ (ВКР). Это решение — разработанный сервис автоматизированного нормоконтроля документов и обучения оформлению документации — представлено в статьях [9,10] и описано ниже. Именно внедрение и тестирование сервиса послужило продолжению исследовательской работы для расширения

возможностей и качества работы сервиса. Текстовые документы образовательных учреждений не ограничиваются только текстами выпускных квалификационных работ, поэтому возникла необходимость подстройки сервиса к различным ГОСТам оформления документации.

В работе рассматривается проблема нормоконтроля [11] оформления отчетной документации образовательного учреждения в соответствии с:

- ◆ «ГОСТ 7.32–2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»,
- ◆ «ГОСТ Р 7.0.11–2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Выбор ГОСТ 7.32–2017 и ГОСТ Р 7.0.11–2011 обусловлен тем, что на них основываются требования к оформлению ВКР студентов, отчетов о научно-исследовательских работах (НИР), а также оформление кандидатских и докторских диссертаций и авторефератов диссертаций по всем отраслям знаний. Важность области нормоконтроля, с точки зрения практики применения, доказывается положениями ГОСТов:

1. ГОСТ 7.32–2017:

- a. «устанавливает общие требования к структуре и правилам оформления отчетов о научно-исследовательских, проектно-конструкторских, конструкторско-технологических и проектно-технологических работах (далее — отчетов о НИР)», напрямую указывается что: «единая процедура оформления будет содействовать обмену информацией, совершенствуя обработку отчета в информационной системе» (см. раздел 1 Область применения ГОСТ 7.32–2017),
- b. реализацией деятельности нормоконтролера и соблюдением всех нормативных требований: «Основная задача нормоконтролера — проверка соблюдения норм и требований, установленных настоящим стандартом, соблюдение всех нормативных требований, соблюдения единообразия в оформлении структурных элементов и правил оформления отчета о НИР» (п. 5.2.3 ГОСТ 7.32–2017),
- c. является основополагающим и обязательным документом к применению при проверке ВКР, НИР,
- d. устанавливает общие требования к структуре проверяемых документов, правилам оформления,
- e. объясняет в рамках некоторых примеров различные случаи применения.

2. ГОСТ Р 7.0.11–2011:

- a. «устанавливает общие требования к оформлению кандидатских и докторских диссертаций и авторефератов диссертаций по всем отраслям знаний» (см. раздел 1 Область применения ГОСТ Р 7.0.11–2011),
- b. является основополагающим и обязательным документом к применению при проверке диссертации в виде рукописи, в виде научного доклада, автореферата диссертации (см. разделы 4–9 ГОСТ Р 7.0.11–2011),
- c. устанавливает общие требования к структуре проверяемых документов, правилам оформления, кандидатских и докторских диссертаций и авторефератов диссертаций,
- d. объясняет в рамках некоторых примеров различные случаи применения.

1 Описание сервиса.

Общие идеи разработки

Как было сказано выше, в Университете ИТМО реализуется «Сервис автоматизированного нормоконтроля документов и обучения оформлению документации». Автоматизированная проверка соответствия документации установленным требованиям с помощью сервиса позволила существенно сократить время на проверку ВКР и соответственно повысить качество их оформления. Подробно о сервисе описано в работах [9,10].

Основные этапы работы сервиса и поток данных между ними выражены в следующем виде:

1. загрузка и сохранение нового документа на сервер, проверка его оформления,
2. сохранение документа на сервере (вход: аутентификационная информация, docx документ; выход: docx, закрепленный за пользователем, идентификатор документа),
3. получение свойств параграфов документа (вход: docx; выход: свойства параграфов в формате csv файла),
4. классификация параграфов (вход: свойства параграфов в формате csv; выход: последовательность меток, обозначающих классы),
5. повышение точности классификатора с помощью методики меток (вход: последовательность меток; выход: модифицированная последовательность меток),
6. проверка документа на соответствие выбранным требованиям (вход: docx документ, последовательность меток, идентификатор выбранных требований; выход: json с результатами проверки),
7. сохранение последних результатов проверки для документа (вход: идентификатор документа, результаты проверки, выбранные требования;

выход: идентификатор исправлений, идентификатор документа, json с результатами проверки).

В основу разработки системы автоматизированной проверки соответствия требованиям оформления была положена клиент-серверная архитектура [12]. Необходимо было предусмотреть реализацию архитектуры с учетом непрерывности процессов создания и проверки оформления документа. Для этого один из клиентских модулей системы был разработан на базе технологии надстроек Office (MS Word Add-in). Основные идеи:

- ◆ реализация проверки оформления электронных документов единого наиболее распространенного формата электронных документов — docx,
- ◆ в качестве клиентской стороны используется созданный add-in для microsoft word,
- ◆ клиент отправляет файл в исходном виде на сервер,
- ◆ на сервере запускается ряд последовательных процессов по проверке документа на соответствие требованиям оформления соответствующего стандарта (включая модуль машинного обучения и модуль проверки),
- ◆ итогом работы серверной части является список абзацев и список ошибок к ним (corrections.json),
- ◆ список ошибок выводится в add-in.

Реализованный сервис автоматизированного нормоконтроля позволяет выполнять следующие функциональные требования в контексте проверки оформления электронных документов формата docx:

- ◆ выполняется процесс проверки оформления электронных документов формата docx по ГОСТ 7.32–2017,
- ◆ разработан add-in (встроенное приложение для microsoft word), который позволяет взаимодействовать с сервисом,
- ◆ по результатам проверки пользователь получает наглядный список ошибок, который выводится в разработанный add-in.

Разработанный инструмент позволяет проводить автоматизированный нормоконтроль оформления документов в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2017 (веб-сайт, RESTful API, подсистема самооценки и взаимной оценки работ пользователями системы, подсистема автоматизированной проверки работ на соответствие требованиям стандартов по оформлению).

В процессе развития сервиса, его внедрения, тестирования было выявлено то, что есть возможность расширения функций, одна из них — реализация поиска ошибок оформления электронных документов в соответствии с иными стандартами.

Цель исследования

Решение проблемы оформления документации различного уровня в соответствии с ГОСТами и нормативными актами расширенной номенклатуры на примере ГОСТ Р 7.0.11–2011.

Разработка алгоритма

При расширении номенклатуры документов и ГОСТов необходимо учитывать:

- ◆ разнообразие типовых элементов структуры документа,
- ◆ множество видов оформления,
- ◆ разнообразие способов идентификации и проверки каждого отдельного элемента.

Поскольку электронный документ состоит из множества структурных элементов. Под структурными элементами авторами понимается любое содержимое одного абзаца документа будь то обычный параграф, картинка, таблица и т.д. Проверка на соответствие требованиям определенного стандарта сводится к проверке каждого такого элемента. Таким образом, в ходе реализации сервиса по нормоконтролю был выделен общий подход к логике процедуры проверки. Для этого необходимо выполнение двух задач: идентификации каждого структурного элемента на соответствие какому-либо классу, а также формализации требований ГОСТа к оформлению документов и программной реализации алгоритмов проверки каждого структурного элемента. Настоящее исследование направлено на решение второй задачи.

Необходимым условием в процессе реализации сервиса автоматизированного нормоконтроля является работа с текстами соответствующих ГОСТов на предмет выявления формальных требований к оформлению документов. В ходе решения задачи по расширению функциональности сервиса автоматизированного нормоконтроля была выстроена логика работы к исследуемым текстам ГОСТов и была применена следующая методология исследования: наблюдение, сравнительный и контент-анализ, формализация, классификация, метод классов.

В последующем, проводились аналитические работы по ознакомлению, изучению и сравнению текстов основных и сопутствующих ГОСТов, на которые были ссылки в текстах основных ГОСТов в контексте выявления правил оформления текстовых документов.

На первом этапе исследования был изучен опыт наших коллег в рамках задачи “Анализ ГОСТ 7.32–2017” [9,10], систематизированы требования к оформлению

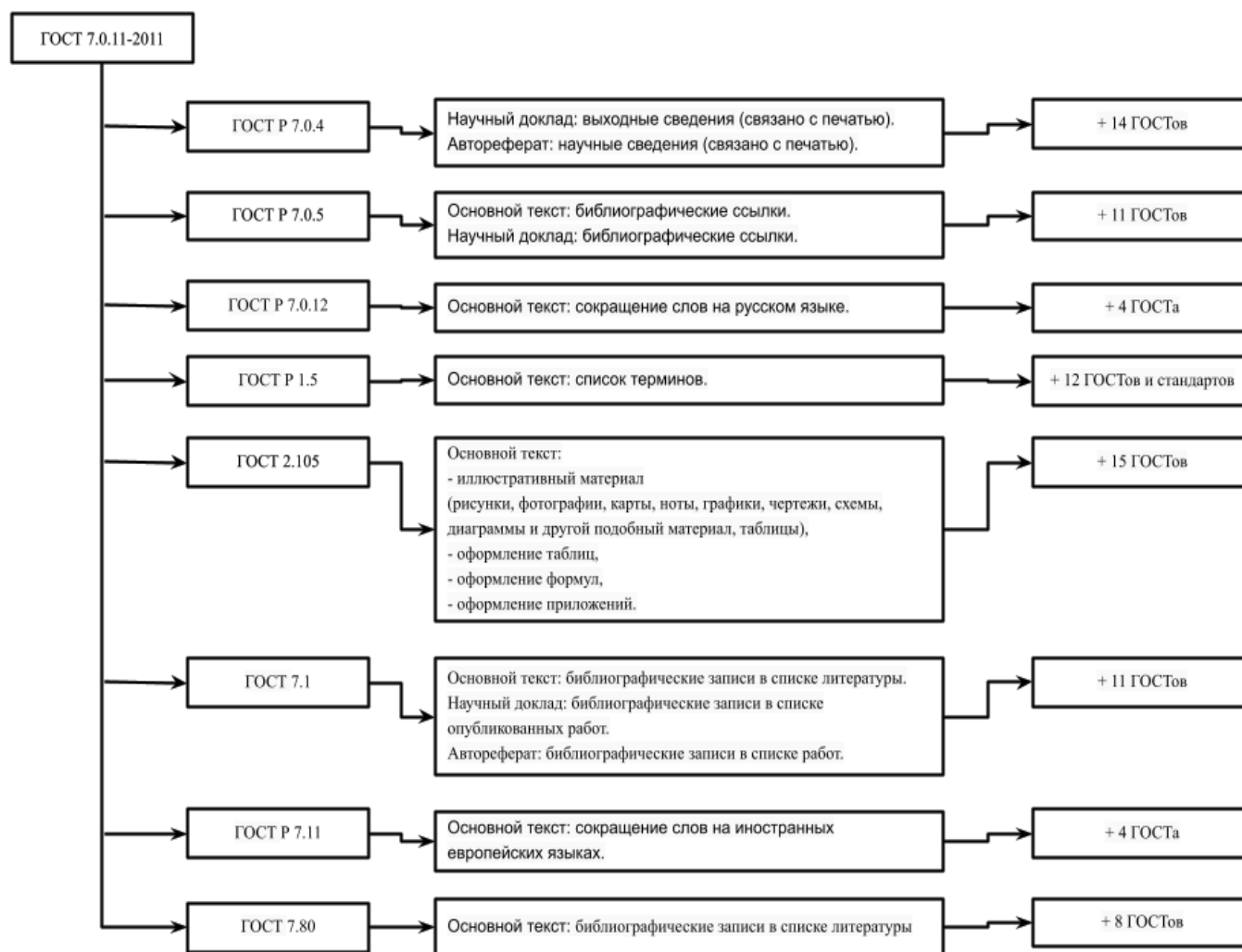


Рис. 1. Логика исследования ГОСТ Р 7.0.11–2011

текстовых элементов и реализован алгоритм проверки электронных документов формата docx.

На втором этапе исследования был проанализирован ГОСТ Р 7.0.11–2011 и составлена классификация преемственности вложенных ГОСТов (см. рисунок 1) в количестве 91 ГОСТ (основной ГОСТ Р 7.0.11–2011, и 8 вложенных ГОСТов, которые были упомянуты в описании, разделах и пунктах основного изучаемого ГОСТа, также были изучены сопутствующие ГОСТы во вложенных ГОСТах — еще 82 ГОСТа).

На основании накопленного опыта в результате процесса разработки был предложен универсальный алгоритм: “по формализации требований ГОСТа” (см. рисунок 2). Этот алгоритм позволяет осуществлять перенос требований различных ГОСТов и стандартов по оформлению электронных документов к программным алгоритмам проверки. Процесс работы по алгоритму можно описать следующим образом:

- ♦ определить основной ГОСТ, проверка требований к оформлению которого будет автоматизирована,
- ♦ последовательно изучить все разделы и пункты основного ГОСТа:
- ♦ при наличии в данном разделе требований к оформлению, перенести их в рабочий документ,
- ♦ при наличии ссылок на вложенные ГОСТы перейти к их изучению и переносу правил оформления в рабочий документ,
- ♦ провести классификацию структурных элементов текстовых документов,
- ♦ соотнести полученный массив требований с выделенными классами,
- ♦ формализовать требования к оформлению для дальнейшей разработки программного обеспечения:
- ♦ оставить краткое и емкое описание требований,
- ♦ на основании выбранной технологии разработки (для взаимодействия с файлами электронных

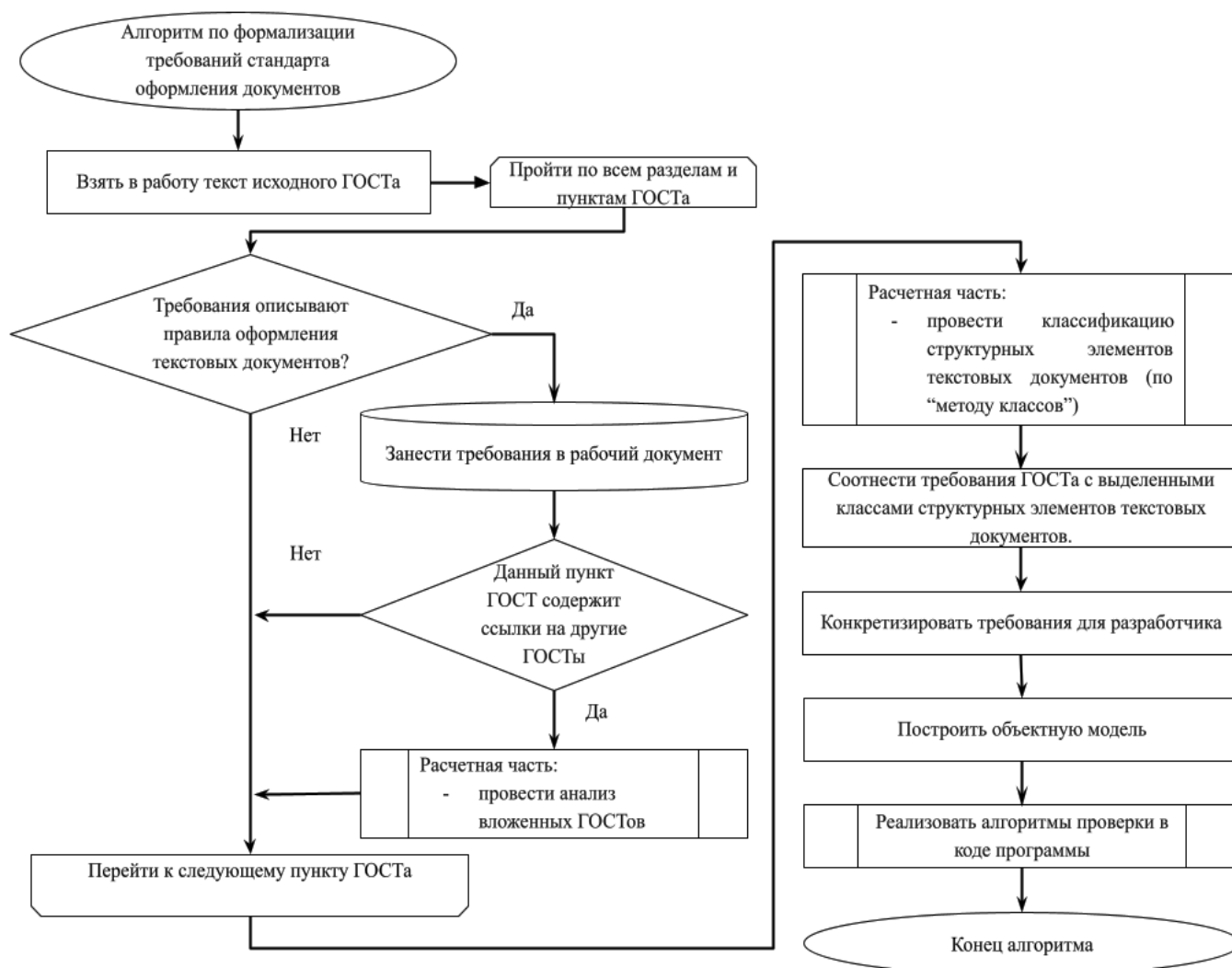


Рис. 2. Алгоритм проверки последовательности действий по формализации требований ГОСТа

документов) и проведенной классификации, построить объектную модель требований,

- ◆ реализовать алгоритмы проверки требований исходного ГОСТа в коде программы.

В предложенном алгоритме (см. рисунок 2) входными данными является текст какого-либо ГОСТа и стандарта, содержащий совокупность разделов и правил, включающий правила оформления текстовых документов. Результатом работы алгоритма является формализованные правила проверки оформления, выраженные в программном коде для каждого структурного элемента документа. Раскроем этапы реализации алгоритма.

На третьем этапе происходит ознакомление с текстом какого-либо стандарта, последовательный анализ каждого раздела и пункта и выделение требований, указывающих на проверку оформления текстовых документов. При наличии ссылок на иные нормативные

документы, ГОСТы и стандарты (например, “Формулы оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.” [текст ГОСТа Р 7.0.11]) происходит их анализ и дополнение выделенных правил оформления документов.

На четвертом этапе необходима работа с выборкой документов, соответствующих исследуемому стандарту: требуется выделить и классифицировать все типовые структурные элементы документов. Авторами предлагается сопоставлять выделенные классы с названиями или метками (например, “заголовок первого уровня” — a1, элемент “обычный абзац”- b1, и так далее [см. таблицу 1]).

Затем, на пятом этапе, проводится сопоставление полученных массивов правил оформления к выделенным классам, и полученный результат необходимо формализовать в каком-либо виде, например, в виде объектной модели, это необходимо для визуализации

Таблица 1. Определение классов структурных элементов документа

Структурный элемент документа		Класс	Особенности
Заголовок	заголовок первого уровня	b1	Выравнивание: по середине Полужирное начертание ...
	заголовок второго уровня	b2	Отступ первой строки: 1.25cm Содержит номер ...

Абзац	обычный абзац	c1	Выравнивание: по ширине Межстрочный интервал: Полупетельный (1.5) ...
	абзац перед списком	c2	Последний символ: “.”

Подпись к рисунку	как отдельный абзац	e1	Расположение: под рисунком Содержание: «Рисунок N — Пояснение» ...
...	

и систематизации требований для разработчика — человека, который переведет собранный массив правил в программный код.

Далее, на шестом этапе, необходимо сопоставить выделенные элементы (классы) конкретным правилам оформления. Процесс классификации, выделения классов из поступающего документа может быть выполнен различными способами. В ходе разработки сервиса автоматизированного нормоконтроля для данных целей применялись алгоритмы машинного обучения.

На завершающем седьмом этапе предлагается перевести требования оформления в код программы, реализующей проверку каждого элемента (в нашем случае — на языке C#). Таким образом, реализуется ключевой этап автоматизированного нормоконтроля — выполняется поиск ошибок в текстовом документе.

Заключение

В ходе исследования проведена работа по подготовке правил для разработчика для последующей реализации автоматизированного поиска ошибок в текстах, оформленных в соответствии с ГОСТами. В ходе реализации объектной модели были выделены классы, необходимые для реализации алгоритмов машинного обучения, целью которых является классификация структурных элементов, на основании которых выполняется дальнейшая проверка элементов требованиям отдельного класса.

Таким образом подтверждена и апробирована на практике гипотеза о том, что “Сервис автоматизированного нормоконтроля документов и обучения оформлению документации” способен находить и исправлять ошибки оформления текстов в соответствии с различными стандартами при некоторой адаптации сервиса, что показывает расширение его функционала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить // URL: <https://strategy.cdto.ranepa.ru/> (даты обращения: 01.11.2020–25.05.2021)
2. Байбаков В., Клименко Э. Опыт нормоконтроля. Техническое задание на разработку автоматизированной системы // Стандарты и качество — М., 2012. — № 7 С: 42–47
3. Соколов А.М. Нормоконтроль в техническом вузе: проблемы и пути их решения // Высшее образование сегодня. -. 2015. — № 8. — С. 26–28.
4. Соколов А.А., Дворянkin А.М., Ужва А.Ю. Разработка метода автоматизации процесса нормоконтроля технической документации. // Известия ВолгГТУ. 2013. № 22. С. 114–118
5. The Excelsior Online Writing LAB // URL: <https://owl.excelsior.edu/> (даты обращения: 16.01.2020–25.05.2021)
6. Purdue Online Writing Lab // URL: https://owl.purdue.edu/owl/purdue_owl.html (даты обращения: 16.01.2020–25.05.2021)
7. Citation Styles: APA, MLA, Chicago, Turabian, IEEE: Home // URL: <https://pitt.libguides.com/citationhelp> (даты обращения: 16.01.2020–25.05.2021)
8. APA Style // URL: <https://apastyle.apa.org/> (даты обращения: 16.01.2020–25.05.2021)

9. Berezhkov A.V., Nasyrov N.F., Valitova Y.O., Ivanov S.E., Gorlushkina N.N., Kobets E.A. Organizational models of student peer assessment // 1st International Conference on Computer Technology Innovations dedicated to the 100th anniversary of the Gorky House of Scientists of Russian Academy of Science (ICCTI-2020) — 2020, pp. 40–45
10. Насыров Н.Ф., Кобец Е.А., Горлушкина Н.Н. Автоматизированная генерация учебных подзадач на основе методики тегов и критериев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки — 2020. — № 3. — С. 102–107
11. А.В. Бережков, Ю.О. Валитова, А.И. Клименко, Д.Д. Пономарев Опыт повышения качества оформления выпускных квалификационных работ студентов технического вуза // Педагогический журнал. — 2020. — Т. 10. — № 1–1. — С. 367–375
12. Nail Nasyrov, Mikhail Komarov, Petr Tartynskikh, Nataliya Gorlushkina. Automated formatting verification technique of paperwork based on the gradient boosting on decision trees // Procedia Computer Science, Volume 178, 2020, pp. 365–374, ISSN1877–0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.11.038>

© Кобец Елизавета Александровна (www.kobets@yandex.com), Насыров Наиль Фаизович (pasdel@mail.ru),
Комаров Михаил Сергеевич (the237th@yandex.com), Горлушкина Наталия Николаевна (nagor.spb@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО АНАЛИЗА И МНОГОМЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

INTELLIGENT SYSTEM OF NEURO-FUZZY ANALYSIS AND MULTIDIMENSIONAL FORECASTING OF COMPLEX PROCESSES

V. Luferov

Summary. The article deals with the developed intelligent neuro-fuzzy analysis and multidimensional forecasting of complex processes. The system is designed: first, to analyze the direct and indirect interaction of system and external system factors in the study of complex problem situations; second, to model the system dynamics of complex processes occurring within the framework of problem situations; third, for multidimensional forecasting of complex processes.

The intelligent system is based on a complex of intelligent models, methods and technologies (including original ones) focused on intelligent analysis and modeling of complex processes under uncertainty, including: neuro-fuzzy cognitive models, fuzzy evaluation models, and models of system dynamics. The developed intelligent system was tested on the example of multidimensional forecasting of the state of the urban environment.

Keywords: time series, neuro-fuzzy cognitive temporal models, fuzzy logic, multidimensional forecasting.

Луферов Виктор Сергеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт)
lyferov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается разработанная интеллектуальная нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов. Система предназначена: во-первых, для анализа непосредственного и опосредованного взаимовлияния системных и внешних системных факторов при исследовании сложных проблемных ситуаций; во-вторых, для моделирования системной динамики сложных процессов, происходящих в рамках проблемных ситуаций; в-третьих, для многомерного прогнозирования сложных процессов.

Интеллектуальная система основана на комплексе интеллектуальных моделей, методов и технологий (в том числе оригинальных), ориентированных на интеллектуальный анализ и моделирование сложных процессов в условиях неопределенности, в том числе: нейро-нечетких когнитивных моделей, нечетких оценочных моделей, моделей системной динамики. Апробация разработанной интеллектуальной системы проведена на примере многомерного прогнозирования состояния городской среды.

Ключевые слова: временной ряд, нейро-нечеткие когнитивные темпоральные модели, нечеткая логика, многомерное прогнозирование.

Введение

Задачи анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов характеризуются: разнокачественностью информации; недостаточностью сведений и сложностью выявления зависимостей влияния различных факторов на эти процессы; сложностью построения и использования для решения этих задач типовых моделей и методов.

Несмотря на то, что в настоящее время активно развиваются подходы к анализу и многомерному прогнозированию сложных процессов на основе и нейросетевых и нечетких методов [1, 2], основными их недостатками и ограничениями являются сложность адекватного учета опосредованного взаимовлияния системных и внешних факторов.

Нечеткие когнитивные методы и модели позволяют учесть эти ограничения [3, 4], однако, их использование для анализа и многомерного прогнозирования

сложных процессов ограничено возможностями моделей динамики в условиях ограниченных данных.

Ранее в работах [5] был предложен метод анализа и прогнозирования многомерных временных рядов (ВР), основанный на предлагаемом типе нейро-нечетких когнитивных темпоральных моделей (ННКТМ), обеспечивающий учет непосредственного, опосредованного и аккумулированного взаимовлияния сложных процессов, а также позволяющий осуществлять их моделирование и прогнозную оценку в условиях неполноты информации, неопределенности, нелинейности взаимовлияния, частичной несогласованности и существенной взаимозависимости как при отсутствии, так и при наличии внешнего воздействия.

В статье рассмотрена интеллектуальная система нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов, реализующая предлагаемый метод.

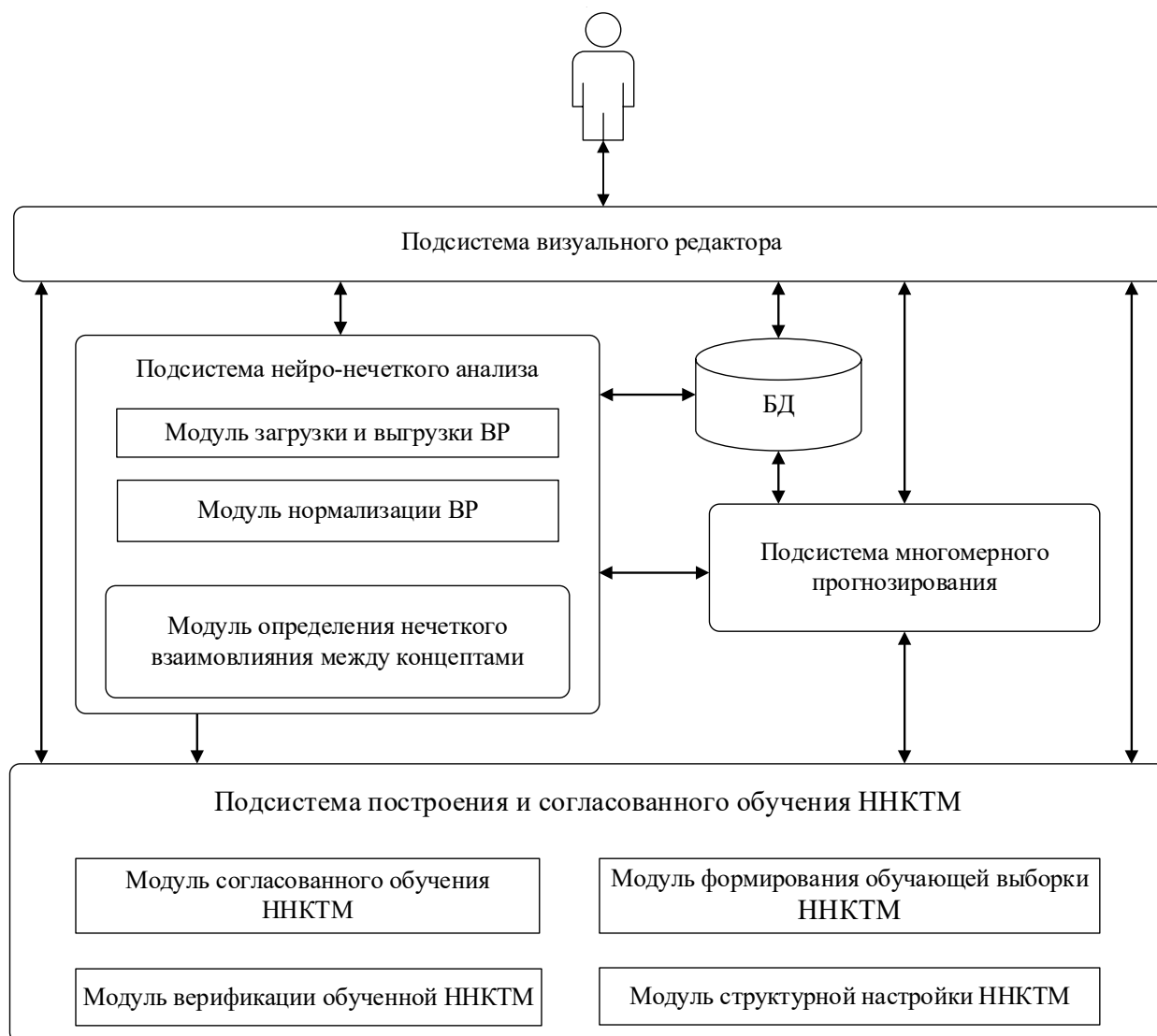


Рис. 1. Модульная структура разрабатываемых программных средств для анализа и прогнозирования МРВ на основе ННКТМ

Структура разработанной интеллектуальной системы нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов

На рисунке 1 представлена модульная структура разработанной интеллектуальной системы нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов. Рассмотрим кратко назначение отдельных подсистем и модулей разработанной интеллектуальной системы.

Подсистема визуального редактора содержит классы и библиотеки графического интерфейса, отвечающие за корректность вводимых данных, предотвращение ввода неверной информации, а также за пред-

ставление пользователю информации в удобном и доступном виде.

Подсистема нейро-нечеткого анализа отвечает за загрузку и выгрузку ВР концептов, выполняет нормализацию ВР. Кроме того, эта подсистема включает в себя модуль определения взаимосвязи между концептами, в результате чего выявляются непосредственные, опосредованные и агрегированные взаимосвязи между концептами, разрешается проблема мультиколлинеарности соответствующих им ВР.

Подсистема многомерного прогнозирования реализует разработанные процедуры: непосредственного прогнозирования ВР концептов по задаваемым совокупностям значений входных переменных; моделирование динамики изменения и прогнозную оценку

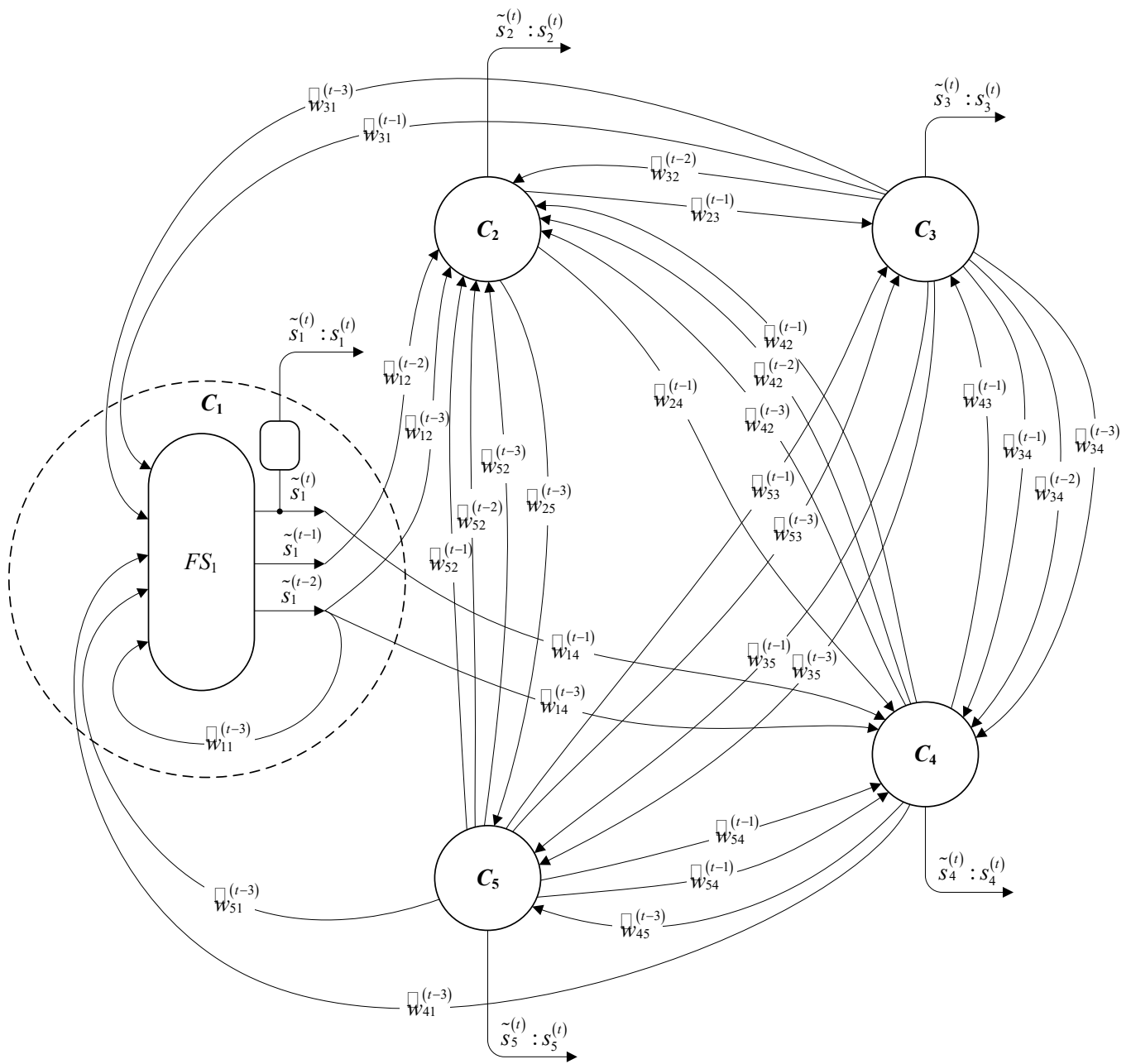


Рис. 2. ННКТМ для прогнозирования состояния городской среды

ВР при отсутствии внешних воздействий; моделирование динамики изменения и прогнозную оценку ВР при внешнем воздействии на значения концептов и/или на отношения взаимовлияния между концептами ННКТМ.

Хранение пользовательских настроек, ВР, нормализованных ВР, параметров моделей ННКТМ осуществляется в *оперативной базе данных* (БД). Реляционная БД реализует взаимодействие (посредством *SQL*) с подсистемами визуального редактора, анализа ВР и прогнозирования состояния сложных процессов.

Подсистема построения и согласованного обучения ННКТМ состоит из следующих моделей: формирования обучающей выборки ННКТМ, структурной настройки ННКТМ, согласованного обучения ННКТМ, верификации обученной ННКТМ. *Модель структурной настройки ННКТМ* выполняет формирование структуры и предварительную параметрическую настройку ННКТМ с учетом непосредственного и опосредованного влияния компонентов МВР друг на друга. *Модуль формирования обучающей выборки ННКТМ* отвечает за формирование обучающей выборки для согласованного обучения ННКТМ, которое реализуется

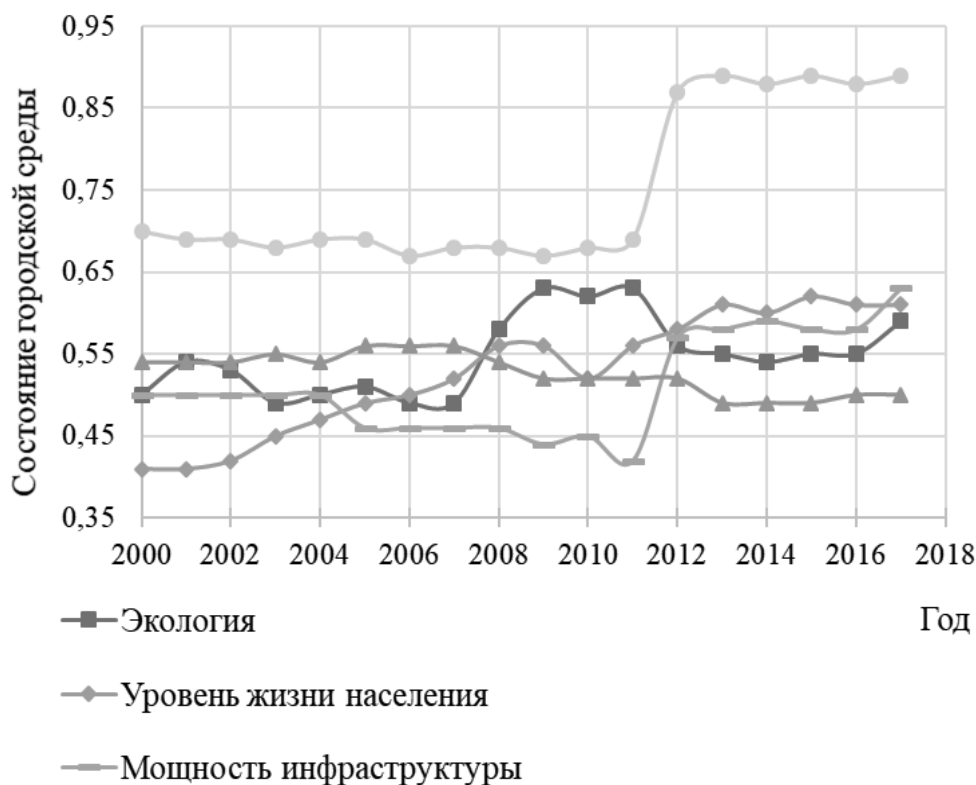


Рис. 3. Прогнозная оценка состояния городской среды г. Москвы

модулем согласованного обучения ННКТМ. Модуль верификации обученной ННКТМ реализует процедуры проверки адекватности модели.

Оценка точности многомерного прогнозирования сложных процессов с использованием разработанной интеллектуальной системы

Оценка точности многомерного прогнозирования сложных процессов с использованием разработанной интеллектуальной системы выполнялась на примере оценки состояния городской среды г. Москвы, характеризующейся состоянием ее концептов (объектов, подсистем, характеристик).

В соответствии с этими исследованиями разработана ННКТМ для анализа и многомерного прогнозирования состояния городской среды г. Москвы (рисунок 2).

На основе результатов ранее проведенных исследований [6, 7] определены следующие значимые факторы (компоненты МВР), характеризующие состояние городской среды: C_1 — экология (ECO); C_2 — мощность инфраструктуры (INF); C_3 — уровень доходов населения (UZM); C_4 — промышленное потребление топливно-э-

нергетических ресурсов (ELO); C_5 — качество жизни населения (KZN).

На рисунке 2: C — множество концептов, определяющих состояние соответствующих концептов городской среды; \tilde{F}_i — нечеткое темпоральное преобразование, реализуемое соответствующим концептом C_i с учетом нечетких тенденций соответствующего компонента МВР; N — количество концептов ННКТМ;

$\tilde{s}_i^{(t)}$ — прогнозируемое нечеткое значение концепта C_i в t -й момент времени;

$$\left(\tilde{s}_j^{(t-1)}, \dots, \tilde{s}_j^{(t-L_j^i)} \right) —$$

подмножество входных темпоральных нечетких переменных концепта C_i , связанных с соответствующими выходными темпоральными нечеткими переменными концепта C_j ; M_i — число концептов ННКТМ, непосредственно связанных с концептом C_i ; l_i^j — временной лаг (задержка) для соответствующей входной нечеткой темпоральной переменной

$\tilde{s}_j^{(t-l_i^j)}$ концепта C_i , $l_i^j = 0, \dots, L_i^j$; W — множество отношений непосредственного влияния между всеми парами концептов ННКТМ; W_{ij} — подмножество нечетких значений, определяющее упорядоченный в хронологи-

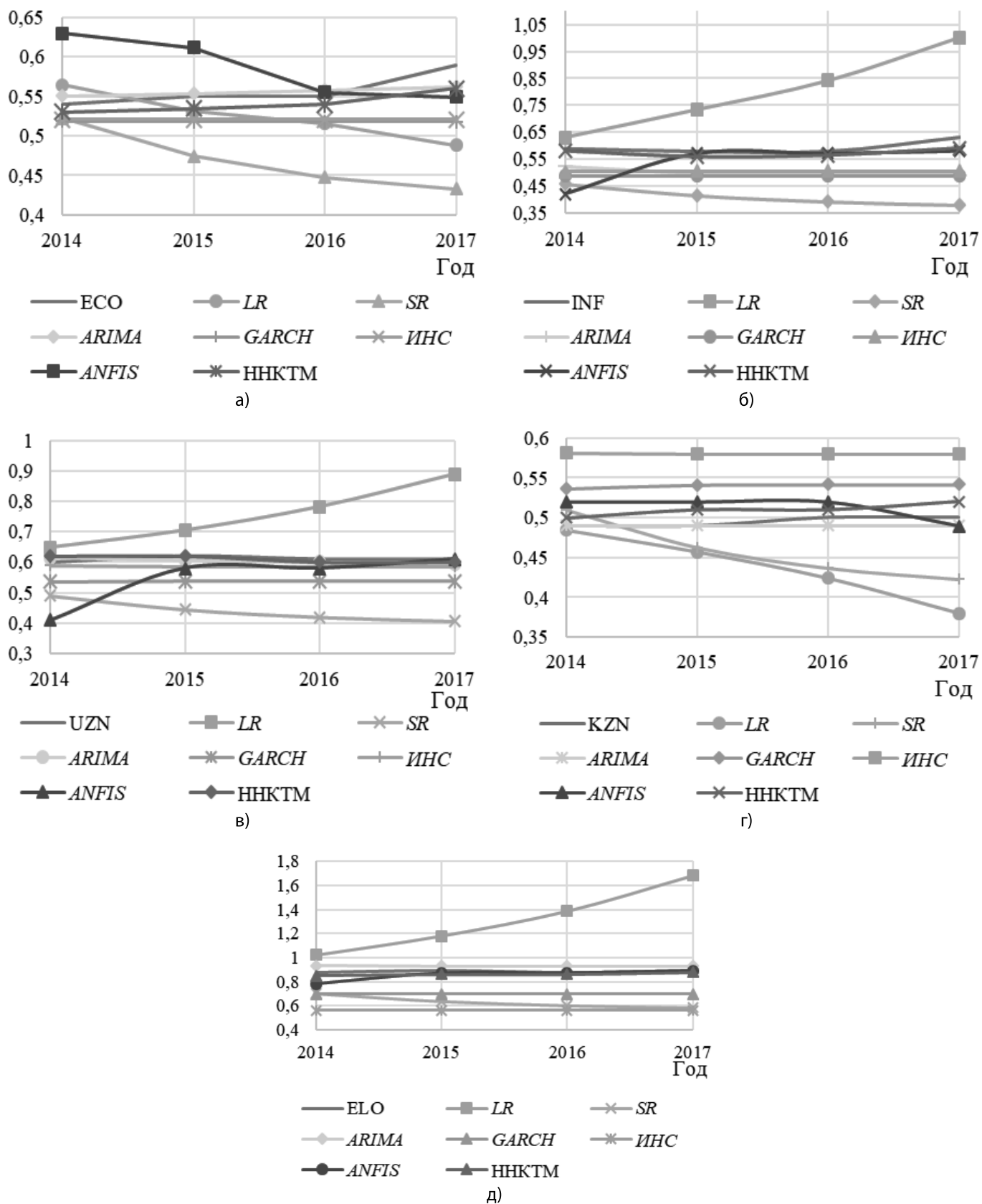


Рис. 4. Иллюстрация результатов многомерного прогнозирования состояния городской среды: а) экология (ECO); б) мощность инфраструктуры (INF); в) уровень доходов населения (UZN); г) качество жизни населения (KZN); д) промышленное потребление топливно-энергетических ресурсов (ELO)

Таблица 1. Результаты сравнительной оценки многомерного прогнозирования состояния городской среды г. Москвы

№ п/п	Концепты	Точность прогнозирования, %						
		LR	SR	ARIMA	GARCH	ИНС	ANFIS	ННКТМ
1.	Экология	92,1	84,4	89,2	93,1	86,1	91,1	96,8
2.	Мощность инфраструктуры	65,7	72,0	80,6	82,1	97,1	89,9	95,7
3.	Уровень доходов населения	76,2	69,1	83,0	88,1	98,2	89,2	97,2
4.	Промышленное потребление топливно-энергетических ресурсов	51,3	71,2	81,1	78,7	78,8	96,3	96,8
5.	Качество жизни населения	88,2	90,6	90,6	90,9	85,8	95,4	96,5
MBP в целом		51,3	69,1	80,6	78,7	78,8	89,2	95,7

ческой последовательности набор нечетких степеней влияния

$\tilde{w}_{ij}^{(t-l)}$ концепта C_j на концепт C_i с учетом временного лага l ; $\tilde{\varphi}_{ij}$ — нечеткий оператор для учета степени взаимовлияния выходной переменной концепта C_j на входную переменную концепта C_i ; в случае нечетких переменных в качестве оператора $\tilde{\varphi}_{ij}$ целесообразно использовать Т-норму.

В качестве показателя ошибки прогнозирования выбрана средняя абсолютная процентная ошибка (*MAPE — mean absolute percentage error*) [8]:

$$\delta S_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{S_i^{(t)} - S_{i(cur)}^{(t)}}{S_i^{(t)}} \right|,$$

где δS_i — ошибка прогнозирования i -го компонента MBP; $S_i^{(t)}$ — эталонное значение i -го компонента MBP в момент времени t ; $S_{i(cur)}^{(t)}$ — прогнозное значение i -го концепта городской среды в момент времени t ; $i = 1, \dots, N$ — количество концептов городской среды; T — число прогнозных значений состояния концептов городской среды.

Ошибка прогнозирования состояния городской среды в целом представляется в виде:

$$\delta S = f(\delta S_1, \dots, \delta S_N).$$

В данном исследовании прогнозная оценка состояния городской среды г. Москвы оценивалась максимальной ошибкой прогнозного состояния ее концептов:

$$\delta S = \max(\delta S_1, \dots, \delta S_N).$$

Заметим, что исходные данные состояния городской среды изначально приведены в относительных едини-

цах. Чем больше значение концепта, тем лучше состояние соответствующего концепта. Временные ряды, характеризующие состояние концептов городской среды г. Москвы для 2000–2017 гг. представлены на рисунке 3. Исходные данные для сравниваемых моделей были разделены на обучающую (80%) и проверочную (20%) выборки.

В ходе экспериментов осуществлялась сравнительная оценка точности многомерного прогнозирования состояния городской среды г. Москвы с использованием предлагаемого метода (на основе ННКТМ) по сравнению со следующими моделями: множественная линейная регрессия (*LR*); линейная регрессия с использованием стохастического градиентного спуска (*SR*); авторегрессионное интегрированное скользящее среднее (*ARIMA*); обобщенная авторегрессионная модель гетероскедастичности (*GARCH*); искусственные нейронные сети прямого распространения сигналов (многослойного перцептрона) (*ИНС*); адаптивная сеть нечеткого вывода (*ANFIS*).

Результаты сравнительной оценки многомерного прогнозирования состояния городской среды г. Москвы показаны в таблице 1.

Результаты сравнительной оценки показали, что использование предложенной интеллектуальной системы (на основе ННКТМ) позволяет повысить точность многомерного прогнозирования состояния городской среды (на примере г. Москвы) по сравнению с рассмотренными методами, в том числе по сравнению с продемонстрировавшей наилучшие результаты моделью типа ANFIS, в среднем, на 6,5%.

Заключение

Разработана интеллектуальная система нейро-нечеткого анализа и многомерного прогнозирования сложных процессов, включающая в себя: подсистему визуального

редактора; подсистему нейро-нечеткого анализа (состоящую из модулей загрузки и выгрузки ВР, нормализации ВР, определения нечеткого взаимовлияния между концептами); оперативную базу данных (для хранения ВР, нормализованных ВР, обученных ННКТМ, параметров обучения и моделирования); подсистему многомерного прогнозирования на основе ННКТМ; подсистему построения и согласованного обучения ННКТМ (состоящую из модулей формирования обучающей выборки ННКТМ, структурной настройки ННКТМ, согласованного обучения ННКТМ, верификации обученной ННКТМ).

Разработана библиотека программных функций, предназначенная для создания и обучения нейро-нечетких моделей, используемых с целью нейро-нечет-

кого анализа и многомерного прогнозирования МВР на основе ННКТМ. Библиотека обеспечивает гибкие возможности модульного встраивания в существующие информационно-аналитические и управляющие системы.

Результаты сравнительной оценки показали, что использование разработанной интеллектуальной системы позволяет повысить качество анализа и точность многомерного прогнозирования состояния сложных процессов по сравнению с методами в условиях в условиях неполноты информации, неопределенности, нелинейности взаимовлияния, частичной несогласованности и существенной взаимозависимости системных и внешних факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трусова А.Ю. Многомерный статистический анализ в интернет-маркетинге // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2018. Т. 9. № 1. С. 68–75.
2. Riazoshams H., Midi H., Ghilagaber G. Robust nonlinear regression: with applications using R. Hoboken: Wiley; 2019.
3. Averkin A.N., Yarushev S.A. Hybrid Approach for Time Series Forecasting Based on ANFIS and Fuzzy Cognitive Maps // Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). 2017. PP. 379–381.
4. Подвесовский А.Г., Исаев Р.А. Идентификация структуры и параметров нечетких когнитивных моделей: экспертные и статистические методы // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Т. 7. № 6. С. 35–61.
5. Борисов В.В., Луферов В.С. Метод многомерного анализа и прогнозирования состояния сложных систем и процессов на основе нечетких когнитивных темпоральных моделей // Системы управления, связи и безопасности. 2020. No 2. С. 1–23. DOI: 10.24411/2410–9916–2020–10201.
6. Klimenko V.V., Klimenko A.V., Tereshin A.G., Mitrova T.A. Impact of Climate Changes on the Regional Energy Balances and Energy Exports from Russia // Thermal Engineering. 2019. Vol. 66. № 1. P. 3–15.
7. Стефанцов А.Г., Бобряков А.В., Борисов В.В., Луферов В.С. Система нечеткого когнитивного анализа и моделирования системной динамики // XXI Международная научная конференция: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. 2019. Том 2. с. 312–316.
8. Елисеева И.И. Курышева С.В. Костеева Т.В. Бабаева И.В. Михайлов Б.А. Эконометрика. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 192 с.

© Луферов Виктор Сергеевич (lyferov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДО-ВОЗДУШНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

NUMERICAL SIMULATION OF GORENJE OF HYDROGEN-AIR GAS MIXTURES

S. Martyushov

Summary. The applicability of various sets of reactions and coefficient values in the Arrhenius formulas for calculating the ignition of hydrogen-air mixtures is verified. The approbation of the kinetic model of a branching chain reaction for calculating the initial stage of gorenje and detonation of such mixtures is considered. Test one-dimensional calculations of the ignition of mixtures in a small closed heat-insulated region are carried out.

Keywords: gorenje hydrogen-air mixtures, branching chain reaction, rigid systems of differential equations.

Мартюшов Сергей Николаевич

Д.ф.-м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
martyush@mail.ru

Аннотация. Проведена проверка применимости различных наборов реакций и значений коэффициентов в формулах Аррениуса для расчета воспламенения водородо-воздушных смесей. Рассмотрена апробация кинетической модели ветвящейся цепной реакции для расчета начальной стадии горения и детонации таких смесей. Проведены тестовые одномерные расчеты воспламенения смесей в малой замкнутой теплоизолированной области.

Ключевые слова: горение водородо-воздушных смесей, ветвящаяся цепная реакция, жесткие системы дифференциальных уравнений.

Исследованию течений с горением и детонацией смесей водорода с воздухом посвящено большое количество исследований. Это связано, в первую очередь, с задачей конструирования детонационных двигателей, работающих на водородо-воздушной смеси. Перспективными результатами в этой области являются различные конструкции гипотетических двигателей, в частности импульсных [1] и ротационных [2, 3]. В то же время необходимо констатировать, что задача по-прежнему далека от технического воплощения. Одним из направлений продвижения в этом направлении является совершенствование математических моделей и численных методов для расчета процессов воспламенения газовой смеси и перехода первоначального горения в устойчивую детонацию.

Первоначально многими авторами для численного моделирования использовалась модель упрощенной химической реакции, предложенной Левиным [1], которая позволила получить существенные результаты, например, в работах Фудживары [4]. Для более детального исследования, в том числе для аккуратного учета энергетического баланса, в настоящее время, используются модели, основанные на учете более или менее полной системы химических реакций (9, 16, 26 и более реакций) протекающих в водородовоздушной смеси в процессе инициации воспламенения и перехода горения в детонацию. С точки зрения кинетики процесс перехода к детонации можно рассматривать как переход от горения и теплового взрыва к ветвящейся цеп-

ной реакции в водородовоздушной смеси, описанный первоначально в работах Н.Н. Семенова [5].

Кинетическая модель

Для моделирования реакций горения в смесях водород-воздух обычно используется система обыкновенных дифференциальных уравнений, основанная на гипотезе Аррениуса о скоростях химических реакций. Уравнения, описывающие химические реакции, можно представить в виде

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} A_i = \sum_{i=1}^n \beta_{ij} B_i, j = 1, \dots, M \quad (1)$$

где M , n – число реакций и компонент смеси, соответственно, A_i , B_i – стехиометрические коэффициенты прямой и обратной реакций. Скорости изменения концентраций компонент смеси определяются в соответствии с гипотезой Аррениуса.

$$f_i = \frac{dc_i}{dt} = \sum_{j=1}^M (\beta_{ij} - \alpha_{ij}) w_j(\vec{c}, T) \quad (2)$$

$$w_j(\vec{c}, T) = k_f(T) \prod_{i=1}^n c_i^{\alpha_{ij}} - k_b(T) \prod_{i=1}^n c_i^{\beta_{ij}} \quad (3)$$

$$k_f = A_f T^l \exp(-E_f / RT) \quad (4)$$

Для обеспечения не убывания энтропии и корректного расчета тепловыделения коэффициенты обратных реакций рассчитывались с помощью константы равновесия:

Таблица 1.

$-H_2 + O_2 = 2OH$	$-H_2 + OH = H + H_2O$	$-2HO_2 = H_2O_2 + O_2$
$-H + O_2 = O + OH$	$-H_2 + O = H + OH$	$-HO_2 + M = H + O_2 + M$
$-H_2 + M = 2H + M$	$H_2O_2 + M = 2OH + M$	$OH + H_2O = H + H_2O_2$

$$k_b / k_f = K = \exp\left[\sum_{i=1}^n (\beta_{ij} - \alpha_{ij}) \left(\frac{G_i^0(T)}{RT} + \ln \frac{RT}{P_0}\right)\right] \quad (5)$$

В многочисленных работах используются схемы окисления водорода с различным числом реакций и компонент смеси. Значения коэффициентов $k_{f,b}$, задающих скорости реакций в (4) значительно различаются в работах различных авторов [6–8]. В то же время результаты газодинамических расчетов горения и детонации иногда в решающей степени зависят от того, какой набор реакций и с какими значениями коэффициентов $k_{f,b}$, был выбран.

Одной из задач настоящего исследования была проверка применимости различных наборов реакций и значений коэффициентов в модели (2)-(4).

В качестве тестовой одномерной задачи решалась следующая задача: в некотором замкнутом объеме, первоначально заполненном стехиометрической смесью водород-воздух с атмосферными значениями газодинамических параметров, в начальный момент времени температура повышалась скачком до значений, при которых должна была начаться реакция горения (около $3 T_{амм}$ в градусах Кельвина).

Численный эксперимент состоял в данном случае в расчете термодинамических параметров газовой смеси в малом теплоизолированном объеме, при этом значения молярных концентраций газовой смеси рассчитывались при помощи решения жесткой системы обыкновенных дифференциальных уравнений по явному численному методу Гира и проводился до полного выгорания водородной компоненты или определению отсутствия возгорания в разумные пределы времени.

Термодинамические параметры находились последовательно из значений потенциала Гиббса:

$$G(\rho, T, c_i) = \sum_{i=1}^N c_i [RT \ln(Pc_i / P_0 \sum_{i=1}^N c_i) + G_i^0(T)] \quad (6)$$

$$H_i^0(T) = G_i^0(T) - T \frac{dG_i^0(T)}{dT},$$

$$h = \sum c_i H_i^0(T), \quad V = (RT \sum_{i=1}^N c_i) / P$$

Рассматривалась 9-компонентная газовая смесь: $H_2, O_2, H, O, H_2O, OH, HO_2, H_2O_2, N_2$. При этом пренебре-

галось наличие компонент Ar (1% атмосферного воздуха, участие в виде катализатора в ряде промежуточных реакций) и O_3 (соответствующие реакции с участием озона, вообще говоря, могут давать определенный вклад в конечную выделяемую энергию).

Начальный период реакции, период индукции, характеризуется накоплением в смеси радикалов H, O, OH , (а также HO_2, H_2O_2), концентрация которых последовательно возрастает и убывает, от H, O к HO_2, H_2O_2 , (см. Рис. 2, А). Существенное уменьшение концентрации H_2 и O_2 и образование конечного продукта H_2O происходит на второй стадии реакции. Скорость протекания обеих стадий существенно возрастает с увеличением начального скачка температуры и при малой величине такого скачка реакция не происходит за время счета или зависимость от времени убывания H_2 и O_2 и роста концентрации H_2O имеет плавный характер, соответствующий медленному горению водорода (см. Рис. 1А).

Проведение расчетов с 9, 16 и 26 реакциями, с коэффициентами, выбранными в соответствии с [6], показало, что увеличение числа реакций не приводит к качественному изменению графиков концентрации компонент или скорости протекания процесса, поэтому для дальнейшего моделирования было решено ограничиться набором из 9 наиболее используемых различными авторами реакций.

В качестве базовых были приняты следующие реакции (таблица 1).

Использовались 2 набора коэффициентов в формулах(2) для реакций Таблицы 1: первый из [6] (для расчета медленного горения) и из [7] (для расчетов на основе теории ветвящейся цепной реакции).

Графики изменения концентраций составляющих смеси приведены на Рис. 1А превышение температуры $2.4 T_{амм}$ и Рис. 1, В для превышение температуры $2.6 T_{амм}$ небольшое увеличение температуры качественно меняет скорость протекания реакции.

Графики изменения концентраций составляющих смеси при значении констант из [7] и превышение температуры $2.8 T_{амм}$ приведены на Рис. 2А. Для наглядности значения концентраций радикалов O, H, OH, HO_2 ,

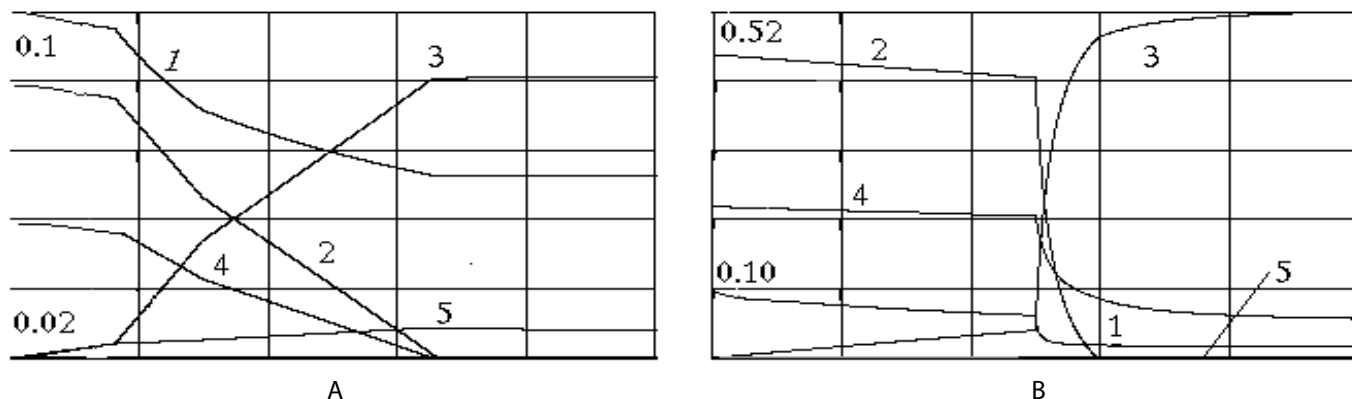


Рис. 1А. Графики массовой концентрации компонент смеси (использованы константы из [6]), в процессе медленного горения, линии: 1— $1/T$ — обратная температуре, 2 — H_2 , 3 — H_2O , 4 — O_2 , 5 — OH в масштабе 10⁵. Для Рис. 1А. превышение температуры 2.4 Татм, для Рис. 1В. превышение температуры 2.5 Татм, небольшое увеличение температуры качественно меняет вид реакции.

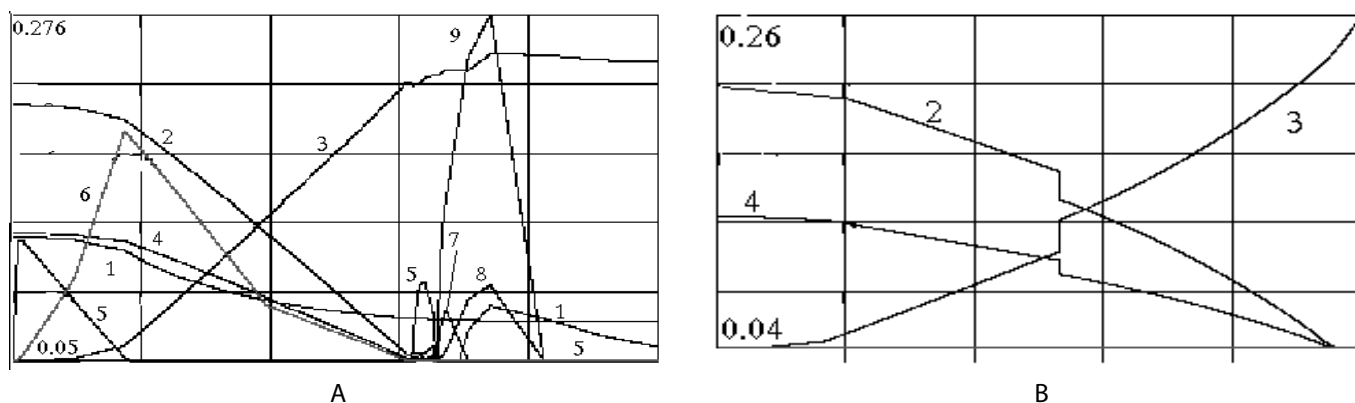


Рис. 2. Графики массовой концентрации компонент смеси (использованы константы из [2]), в процессе медленного горения, линии: 1— $1/T$ — обратная температуре, 2 — H_2 , 3 — H_2O , 4 — O_2 , 5 — OH , 6 — H , 7 — HO_2 , 8 — O , 9 — H_2O_2 , компоненты 5–9 в масштабе 10⁵.

H_2 , O_2 умножались на масштабные коэффициенты, составлявшие 10⁵.

Характерным свойством горения смеси $H_2 - O_2$ является наряду с медленным горением (Рис. 1А) появление режима моментального взрыва, который происходит после иногда длительного периода индукции (Рис. 1В). В этот период происходит накопление в смеси радикалов H , O и OH , при этом количество этих радикалов в смеси остается малым и происходит переход от одного радикала к другому (Рис. 2, величина компонент-радикалов умножается на коэффициент 10⁵ для наглядности).

Механизм этого взрыва — ветвящиеся цепные реакции радикалов предложен Н.Н. Семеновым [5]. Для построения модели ветвящейся цепной реакции в [7] использовались реакции (с соответствующими скоро-

стями $k_0 - k_5$). Рассматривалась следующая схема цепной реакции:

9. $H_2 + O_2 = 2OH$ — возникновение цепи, скорость реакции (в соответствии с (3)) — $W_0 = k_0 [H_2] [O_2]$.
1. $H_2 + OH = H + H_2O$ продолжение цепи, $W_1 = k_1 [H_2] [OH]$
2. $H + O_2 = O + OH$ разветвление цепи, $W_2 = k_2 [H] [O_2]$
3. $H_2 + O = H + OH$ разветвление цепи, $W_3 = k_3 [H_2] [O]$
4. $H + \text{стенка} = 0.5H_2$ обрыв цепи на стенке, $W_4 = k_4 [H]$
5. $O_2 + H + M = HO_2 + M$ обрыв цепи в объеме, $W_5 = k_5 [H] [O_2]$,

где k_i определяются по формуле (4). Скорости обратных реакций вычислялись по формуле (5).

В соответствии с теорией ветвящихся цепных реакций в ходе процесса цепной реакции радикалы H , O , OH многократно вступают в реакцию с остальными компонентами смеси, при этом их масса остается малой, они полностью расходуются в ходе реакции, поэтому к O , OH применяется метод квазистационарных концентрации (скорость изменения их концентраций полагается равной нулю). Для компоненты H рассматривается упрощенное дифференциальное уравнение с использованием скоростей реакции W_0 — W_5 , при этом скорость роста H существенно превышает скорости изменения «медленных» компонент H_2 , O_2 , H_2O , поэтому это уравнение должно решаться в другом временном масштабе.

В соответствии [5,7] скорости изменения молярной концентрации H , O , OH , могут быть представлены следующим образом:

$$d[H]/dt = W_1 - W_2 + W_3 - W_4 - W_5;$$

$$0 = d[O]/dt = W_2 - W_3;$$

$$0 = d[OH]/dt = 2V_0 + 2W_2 - W_1.$$

$$\text{Откуда } W_2 = W_3 \text{ и } W_1 = 2V_0 + 2W_2$$

Для $[H]$ получаем:

$$d[H]/dt = 2V_0 + 2W_2 - W_4 - W_5, \text{ откуда}$$

$$d[H]/dt = 2V_0 + 2k_2[H][O_2] - k_4[H] - k_5[H][O_2].$$

Или, с учетом членов второго порядка по $[H]$:

$$d[H]/dt = 2k_0[H_2][O_2] + \Phi[H] - K[H]^2 \quad (7)$$

$$\text{где } \Phi = 2k_2[O_2] - k_4 - k_5[O_2], K = 2(k_2^2 k_2 / k_1 k_3) ([O_2]/[H_2])^2$$

При $\Phi > 0$ решение (5) быстро возрастает, что соответствует ветвящейся цепной реакции. Молярные концентрации квазистационарных компонент $[O]$ и $[OH]$ находятся из алгебраических соотношений:

$$[O] = [H](k_2[O_2])/(k_3[H_2])$$

$$[OH] = 2[O_2](k_0 + k_2[H] / [H_2]) / K_1.$$

Остальные компоненты смеси получаются из решения оставшихся уравнений системы (2), с константами реакций, соответствующих [5].

Переход к расчету по алгоритму ветвящейся цепной реакции естественно применять при выполнении условия $\Phi > 0$. Критерий прекращения расчета по алгоритму ветвящейся цепной реакции не очевиден. В настоящей работе расчеты по этому алгоритму прекращались по мере выгорания кислорода, а именно при уменьшении абсолютной величины скорости его убывания. В рассматриваемой модели полагалось $W_4 = 0$, то есть влияние стенок считалось для рассматриваемого атмосферного давления (вблизи верхнего предела по давлению «полуострова воспламенения») пренебрежимо малым.

Графики изменения концентраций составляющих смеси при значении констант из [7] и превышении температуры $3.2 T_{амм}$ с использованием алгоритма расчета ветвящейся цепной реакции, приведены на Рис. 2, В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин В.А., Марков В.В., Осинкин С.Ф. Инициирование детонации в водородовоздушной смеси взрывом сферического заряда ТНТ. Физика горения и взрыва. 1995, Т. 31, № 2, С. 91–95
2. Levin V.A., Nechaev Y.N., Tarasov A.I., Control of detonation processes. Ed.G. Roy. Moscow, Elex-KM Publishers 197–201, 2000.
3. Zhdan SA, Bykovskii F.A, Vedernikov F.F. Mathematical modeling of a rotating detonation wave in a hydrogen-oxygen mixture. Combustion, Explosion and Shock Waves. 2007, 43(4): 449–459.
4. Таки С., Фудзивара Т. Численный анализ двумерных нестационарных детонационных волн// Ракетная техника и космонавтика 1978. Т. 16, № 1. с. 93–98.
5. Семенов Н.Н. Самовоспламенение и цепные реакции. Успехи химии Т. 36 № 1 с. 3–22, 1967.
6. Ibragimova L.B., Smechov G.D., Shatalov O.P. Recommended Rate Constants of Chemical reactions in an H2-O2 Gas Mixture with Electronically Excited Species O2, O, OH Involved. Institute of Mechanics of Lomonosov Moscow State University, Moscow, 2003.
7. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика. М. Химия, 200, 568с.

© Мартюшов Сергей Николаевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОСТАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА¹

METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE INTEGRATED SECURITY SUBSYSTEM AS PART OF THE INTELLIGENT SITUATIONAL CENTER

**V. Simankov
A. Vlasenko
A. Cherkasov**

Summary. The article examines an integrated security system as a subsystem of an intelligent situational center. The paper reflects the methodological principles of organizing the security of the control object based on the intelligent procedures of the situation center.

Keywords: situational center, integrated security subsystem, intellectualization, control.

Симанков Владимир Сергеевич

*Д.т.н., профессор, Кубанский государственный
технологический университет (г. Краснодар)
vs@simankov.ru*

Власенко Александра Владимировна

*К.т.н., Кубанский государственный
технологический университет (г. Краснодар)
alex_vlasenko@list.ru*

Черкасов Александр Николаевич

*К.т.н., доцент, Кубанский государственный
технологический университет (г. Краснодар)
cherk@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается комплексная система безопасности как подсистема интеллектуального ситуационного центра. В работе отражены методологические принципы организации безопасности объекта управления на основе интеллектуальных процедур ситуационного центра.

Ключевые слова: ситуационный центр, подсистема комплексной безопасности, интеллектуализация, управление.

В настоящее время в мире происходит ускоренная разработка высокотехнологичных платформ и внедрение новых технологических решений на основе искусственного интеллекта. На первый план выходит оперативность решения в различных ситуациях и реализация новых стратегий с учетом совокупности различных факторов. В таком случае, необходимым инструментом управления становятся интеллектуальные ситуационные центры, без которых сегодня невозможно управлять ни одним сложным объектом: регионом, отраслью экономики, холдингом или отдельно взятым предприятием [2],[3].

Современные ситуационные центры должны представлять собой единую «онлайн-платформу», обеспечивающую немедленное реагирование на возникающие инциденты, организующая и координирующая процессы мониторинга, анализа и оперативного разрешения штатных и нештатных ситуаций. Кроме того, к наиболее

распространенным функциям согласно [4] необходимо отнести следующие:

- ◆ мониторинг социально-экономического, политического и общественного состояния объекта управления с прогнозированием развития ситуации на основе анализа поступающей информации;
- ◆ моделирование последствий управленческих решений, на базе использования информационно-аналитических систем;
- ◆ экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация;
- ◆ управление в кризисной ситуации;
- ◆ организация санкционированного доступа к информационным ресурсам СЦ и других государственных информационных систем;
- ◆ разработка и внедрение перспективных информационных технологий в исполнительных органах государственной власти (ИОГВ);

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 20–47–235003 «Разработка теоретических основ и алгоритмов функционирования адаптивных иерархических систем управления с использованием методов искусственного интеллекта на основе ситуационных центров»

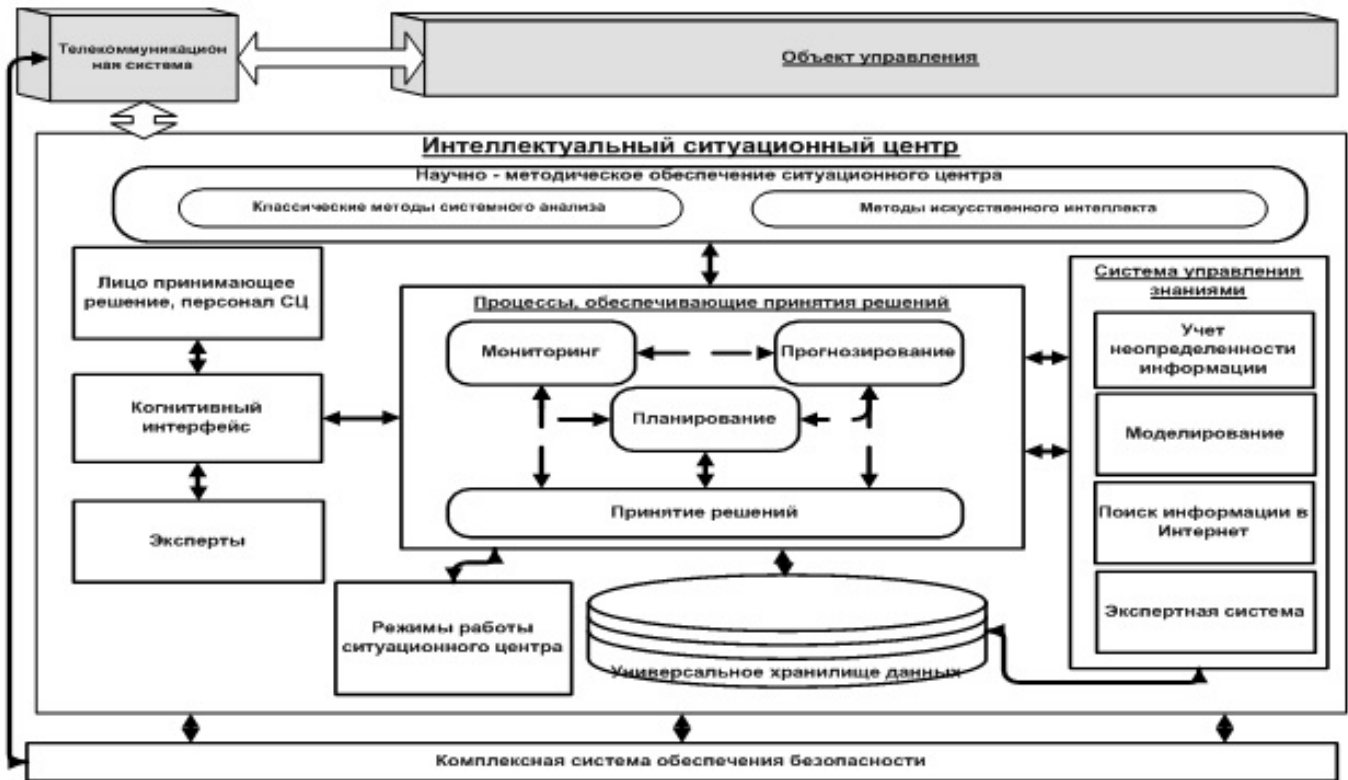


Рис. 1. Обобщенная структурно-функциональная схема ситуационного центра

- ♦ обеспечение комплексной безопасности субъекта и объекта управления.

Одним из основных технологических достоинств ситуационного центра становится адаптация и стандартизация: использование на местах единых требований к организации и технологическим решениям СЦ. Это приведет в дальнейшем к созданию системы распределенных ситуационных центров, сокращению времени на рассмотрение ситуаций за счёт использования типовых программных платформ [2]. Обобщенная структурно-функциональная схема ситуационного центра представлена на рисунке 1.

Использование интегрированной платформы обеспечит информационно-аналитическую поддержку деятельности любого объекта и субъекта управления [7]. В различных режимах работы ведется постоянный мониторинг, анализ, прогнозирование, планирования и поддержки принятия решений по вопросам функционирования технического, технологического, социального или другого типа объекта.

Основные функциональные характеристики систем, объектов и субъектов процесса принятия решений в ситуационном центре позволяют рассмотреть комплексный подход к реализации интеллектуальной системы ситуационного центра, где основной системой пред-

ставляется система поддержки принятия решений. Использование такого подхода позволяет обеспечивать возможность рассмотрения и решения максимального количества задач, уменьшение времени анализа и подготовки информации для решения, используя интеллектуальный подход к извлечению и использованию разнородных знаний [5], [6]. Структурно-функциональная схема интеллектуальной системы ситуационного центра приведена на рисунке 2.

В качестве платформы для построения интеллектуальной системы ситуационного центра целесообразно применять интегрированные программные средства, способные обеспечить решение различного рода задач на основе разнородных источников информации с учетом полной неопределенности.

Реализация интеллектуальной системы ситуационного центра в рамках приведенной схемы, дает возможность максимально расширять количество и круг задач, при условии программной модернизации, накопления необходимой экспертной информации, эффективного использования математического аппарата и наполнения универсального хранилища данных [8].

Отдельная роль в эффективном функционировании интеллектуального ситуационного центра (ИСЦ)

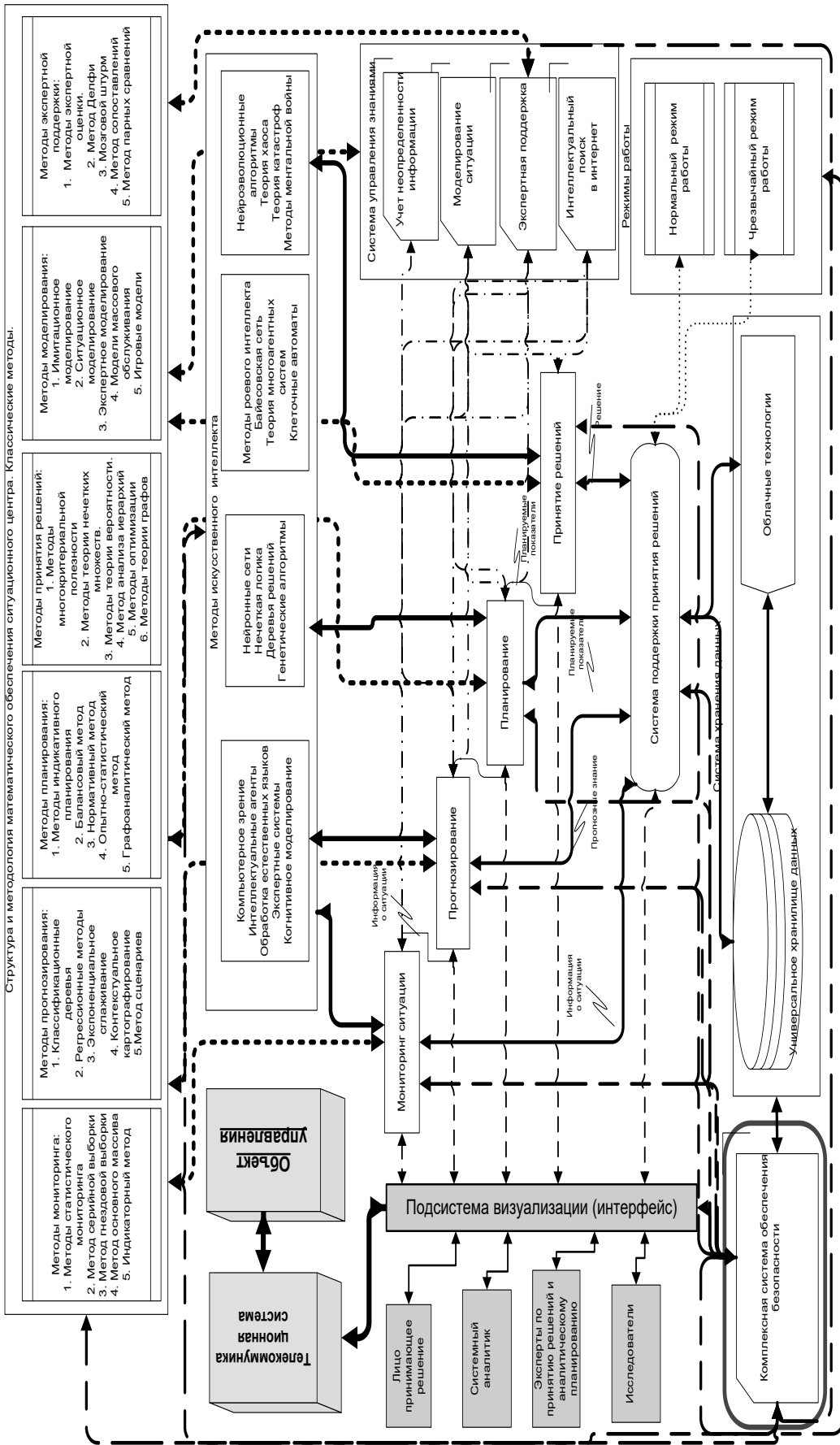


Рис. 2. Структурно-функциональная схема интеллектуального ситуационного центра

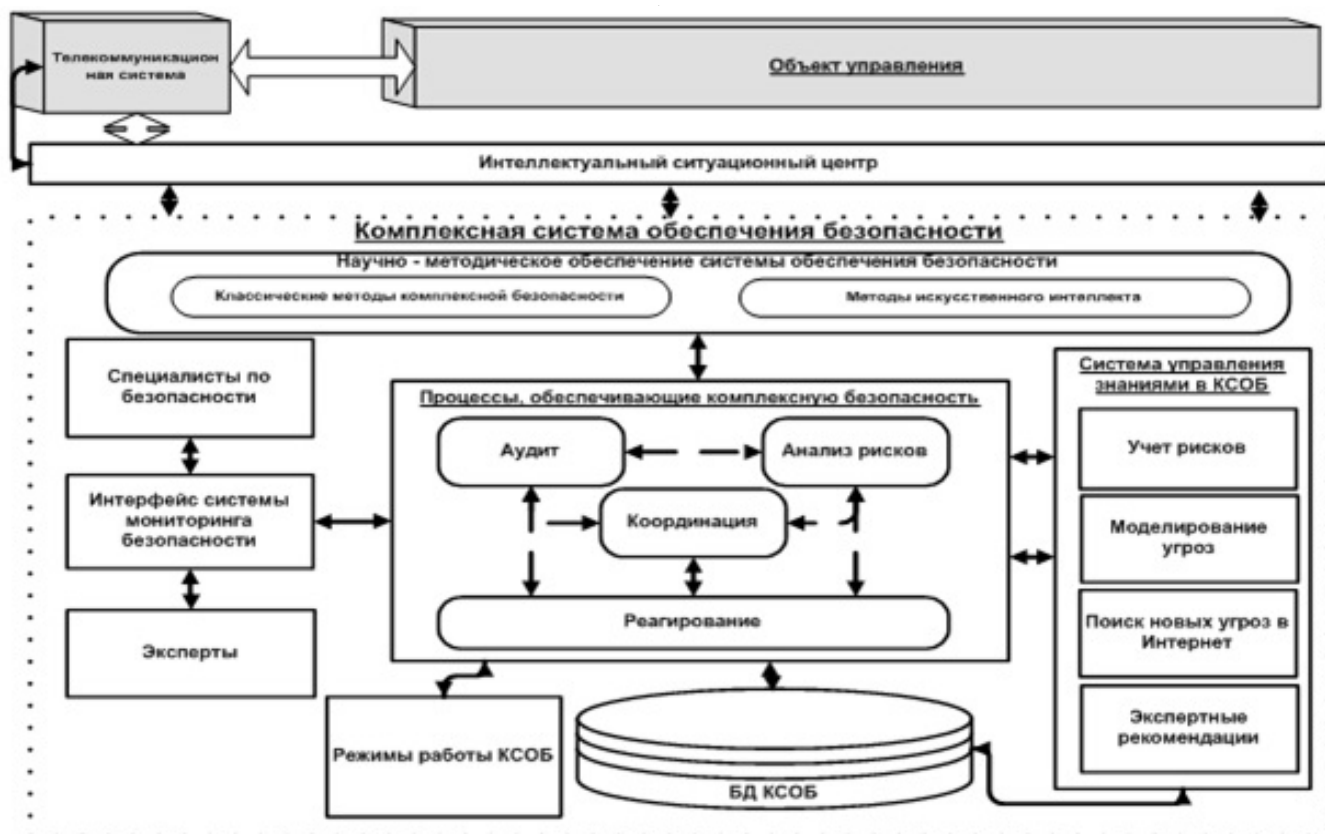


Рис. 3. Обобщенная структурно-функциональная схема комплексной подсистемы обеспечения безопасности

отводится подсистеме обеспечения комплексной безопасности (КСОБ). Перечень основных задач, которые должны решаться КСОБ определяются по результатам анализа возможных угроз, уязвимостей, организационных и методических требований к безопасности как ситуационного центра, так и объекта, которым он управляет.

Подсистема обеспечения безопасности является должна ориентироваться на применении существующих методов управления и адаптации в отношении вопросов информационной безопасности. Проведенные исследования показывают, что большинство систем управления строятся на основе регламентированных и устоявшихся моделях адаптации систем управления безопасностью [10]. Использование интегрированной КСОБ, как подсистемы ситуационного центра, является актуальной и позволит охватить решение большого спектра задач по мониторингу, обработке и контролю разнородной информации о степени защиты объекта управления. Эффективная работа различных подсистем, в рамках такой комплексной подсистемы обеспечения безопасности позволит обеспечить выполнение большего количества задач с минимальным привлечением ресурсов.

Обобщенная структурно-функциональная схема комплексной системы обеспечения безопасности приведена на рисунке 3.

Авторами статьи предложена перспективная методология создания и функционирования интегрированной комплексной подсистемы обеспечения безопасности, позволяющей обеспечить одновременно безопасность и ситуационного центра, и объекта управления. Разработанная структурно-функциональная схема приведена на рисунке 4.

Основная цель подсистемы КСОБ — реализация функций контроля, координации, аудит рисков и реагирования на инциденты. Данные процессы обеспечивают функционирование системы безопасности в следующих режимах: противодействие, пресечение, предотвращение, предупреждение. Выбор режима регламентируется степенью неопределенности полученной информации об объекте или субъекте управления (степень угрозы, тяжесть инцидента, масштаб уязвимости и т.д.). [9]

В общем виде авторами определены следующие задачи КСОБ, функционирующей в рамках ИИСЦ, выпол-

няемые как для субъекта управления (ИИСЦ), так и для объекта управления в целом (организация, предприятие, отрасль и т.д.):

1. Аудит и контроль безопасности — системный процесс получения объективных качественных и количественных оценок о текущем состоянии субъекта и объекта управления в соответствии с определёнными критериями и показателями безопасности;
2. Координация обеспечения безопасности заключается в планировании и реализации совместной деятельности различных подсистем КСОБ;
3. Анализ рисков — это процесс, основной задачей которого является своевременное обнаружение, оценка и прогнозирование рисков вероятности появления угроз различного характера;
4. Реагирование на инциденты это обнаружение и прекращение атаки или утечки данных из инфраструктуры субъекта и объекта управления, устранения последствий.

С целью организации и реализации той или иной модели защиты, предусмотрена методологическая составляющая, в которой реализованы отдельные модели, которые помогут оперативно развернуть систему безопасности в зависимости от задачи и условий работы. Учет такого важного параметра исходной информации, как ее неопределенность позволит осуществить выбор подходящих математических методов анализа данных и искусственного интеллекта для адаптации КСОБ к изменяемым условиям и различным предметным областям.

Для обеспечения методологической составляющей комплексной подсистемы обеспечения безопасности привлекается традиционный аппарат, который регламентируется профильными организациями (ФСТЭК, ФСБ, ФСО и т.д.), а также методы и алгоритмы искусственного интеллекта: генетические алгоритмы, нейронные сети, компьютерное зрение и т.д. Выбор необходимых методов по обеспечения защиты субъекта и объекта управления проводится на основе математического и интеллектуального аппарата, обеспечивающего функционирование ситуационного центра.

С целью определения будущих угроз безопасности, реализация (возникновение) которых возможна в рамках функционирования подсистем субъекта и объекта управления необходимо постоянное накопление знаний по вопросам обеспечения безопасности. Приобретение новых знаний в области безопасности осуществляется при помощи модулей, функционирующих в рамках ситуационного центра по следующим направлениям:

- ◆ поиск информации в сети интернет на основе новых способов релевантной информации;
- ◆ различные способы моделирования систем защиты;
- ◆ учет рисков — как степени неопределенности информации, которая обрабатывается КСОБ и ИИСЦ для выбора необходимых методов и способов защиты;
- ◆ экспертные рекомендации организаций ведущих регламентацию деятельности систем безопасности.

Комплексная подсистема обеспечения безопасности функционирует в следующих режимах, которые определяются в зависимости от тяжести инцидента и степени угрозы:

- ◆ упреждение — обеспечение безопасности направленное на выявление возможных угроз, а также на разработку эффективных мер предупреждения посягательств на объекты и субъекты управления;
- ◆ предотвращение — снижение угроз безопасности путем снижения рисков, обусловленных несколькими видами и/или источниками опасности;
- ◆ пресечение или локализация угроз — это действия, направленные на устранение действующей угрозы и конкретных преступных действий;
- ◆ противодействие — методы и способы, направленные на устранение последствий реализации угроз.

Переход в один из режимов осуществляется в зависимости от степени тяжести и неопределенности информации об инциденте. Комплексная система обеспечения безопасности сигнализирует ситуационному центру о необходимости перехода в один из режимов.

Наиболее важная роль в КСОБ отводится подсистеме мониторинга и управления безопасностью. К основным функциям подсистемы стоит отнести: обеспечение бесперебойной работы, реагирование на инциденты, управление функциями всех подсистем КСОБ, обеспечение взаимодействия программной среды и персонала через визуальный интерфейс.

Она является основой для контроля подсистем, обеспечивающих функционирование комплексной подсистемы безопасности: подсистема хранения данных комплексной безопасности, подсистема сетевого управления, подсистема защиты от несанкционированного доступа, подсистема контроля доступа территории; подсистема юридического и нормативного обеспечения, подсистема технических средств защиты,

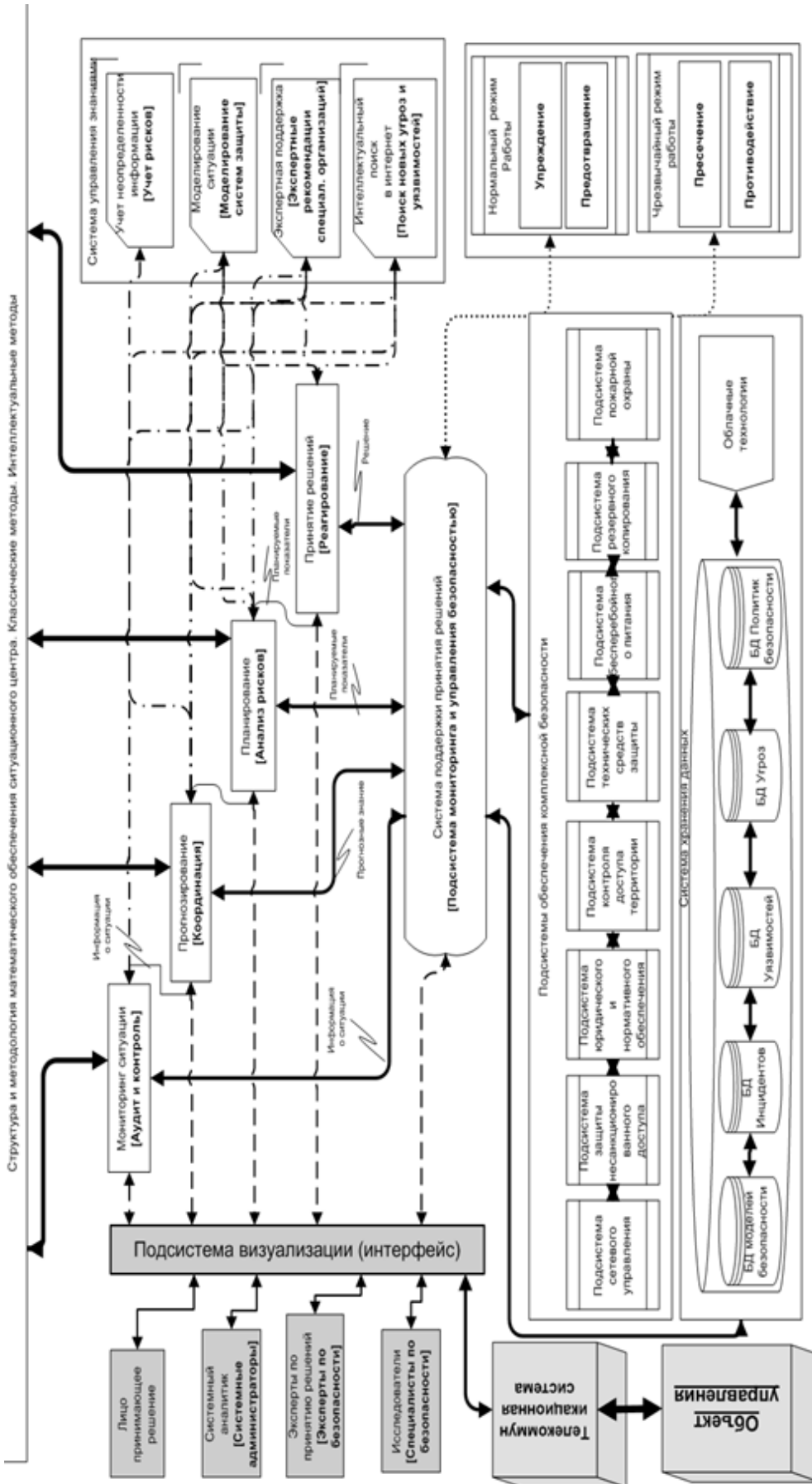


Рис. 4. Структурно-функциональная схема комплексной подсистемы обеспечения безопасности ситуационного центра

подсистема резервного копирования, подсистема бесперебойного питания.

Подсистема хранения данных КБ является частью универсального хранилища данных ситуационного центра. Данная подсистема содержит основные базы данных, в которых хранится информация об инцидентах, моделях и политиках безопасности, типы угроз и уязвимостей.

Организация функционирования комплексной подсистемой обеспечения безопасности (КСОБ) строится на активном включении ее работу информационных систем без нарушения работоспособности систем и их быстродействия. КСОБ — интегрированная платформа для быстрого обнаружения и реагирования на угрозы с автоматическим сбором и интеллектуальным анализом данных. Такая платформа постоянно наблюдает за безопасностью субъекта и объекта управления, и не только оповещает о и нарушениях и подозрительных событиях, но и формирует модель событий. КСОБ поддерживает процессы мониторинга, прогнозирования, планирования и принятия решений с точки зрения информационной и комплексной безопасности на всех этапах функционирования ситуационного центра.

Представленные выше авторами статьи возможности организации и функционирования комплексной системы обеспечения безопасности, апробированы на практике и позволяют сделать следующие выводы:

1. Фундаментальные исследования в области системного анализа позволили систематизировать основные функции интеллектуальных ситуационных центров и разработать единый методологический подход к их построению вне зависимости от степени, сложности и неопределенности инцидентов. Применение единого методологического

подхода позволяет осуществить разработку методик, моделей и программных комплексов для эффективного решения задач и управления ими в любой области.

2. Единый методологический подход к разработке информационно-аналитических систем в рамках ИСЦ базируется на интеллектуализации методов, способов и алгоритмов управления приоритетными задачами и инцидентами в целях оперативного доступа к необходимым данным и немедленного реагирования на решение приоритетных задач. Данная методология позволяет синтезировать интеллектуальные системы различного класса в рамках ситуационного центра с учетом неполноты и неточности данных о реальном поведении объекта управления.
3. Разработанная комплексная подсистема обеспечения безопасности рассматривается как сложная система в составе интеллектуального ситуационного центра, обеспечивающая совокупность функций защиты субъекта (ситуационного центра) и объекта управления. Структура подсистемы позволяет интегрировать ее в состав ситуационного центра без потери функционала и возможностей управления объектом различного назначения.
4. Предложенные фундаментальные положения дают возможность интегрировать и систематизировать функционирование информационно-аналитических систем в рамках единого интеллектуального пространства и построения иерархии распределенных ситуационных центров развития. Это позволит построить эффективную систему управления объектами, обеспечить возможность интеграции данных и разнородных информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симанков В.С. Автоматизация системных исследований: монография. Краснодар, КубГТУ, 2002. — 376 с.
2. Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Райков А.Н. и др. Ситуационные центры развития как интеграторы государственного управления в саморазвивающихся полисубъектных средах: монография. М: ООО «Когитоцентр», 2019. — 252 с.
3. Н.И. Ильин, Н.Н. Демидов, Е.В. Новикова Ситуационные центры: опыт, состояние, тенденции развития. Монография. — Москва: Медиа Пресс, 2011. — 334.
4. Авдеева З.К., Барышников П.Ю., Журенков Д.А., Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин Б.Б., Славин А.Б. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития. М.: Когито-Центр, 2018. — 320 с.
5. Авдеева З.К., Райков А.Н., Лепский В.Е., Ильин Н.И., Зацаринный А.А., Бауэр В.П., Сильвестров С.Н., Колин К.К., Малинецкий Г.Г., Славин Б.Б., Журенков Д.А., Савельев А.М. Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития. М.: Когито-Центр, 2017. — 416 с.
6. Райков А.Н. Ловушки безопасности на пути развития сильного искусственного интеллекта / Материалы 27-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС'2019, Москва). М.: ИПУ РАН, 2019. С. 53–58.
7. Симанков В.С., Черкасов А.Н. Структура и методология функционирования интеллектуальной системы ситуационного центра. // Глобальный научный потенциал. 2015. № 12 (57). С. 32–37.

8. Симанков В.С., Черкасов А.Н. Теоретические основы анализа и синтеза системы распределенных ситуационных центров с учетом факторов защищенности информации. // Глобальный научный потенциал. 2016. № 12 (69). С. 136–139.
9. Белов Е.Б. Организационно-правовое обеспечение информационной безопасности. — Москва: Академия, 2017. — 335 с.
10. Шелупанов А.А. Актуальные направления развития методов и средств защиты. Доклады ТУСУР, 2017. № 20 (3). С. 11–24.

© Симанков Владимир Сергеевич (vs@simankov.ru),
Власенко Александра Владимировна (alex_vlasenko@list.ru), Черкасов Александр Николаевич (cherk@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Краснодар

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПАЙЛЕРА PYTHON → 11L → C++ ПРИ РЕШЕНИИ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

USING THE PYTHON → 11L → C++ TRANSPILER FOR COMPETITIVE PROGRAMMING

A. Tretyak
E. Vereshchagina
Yu. Dobrzhinskij
D. Zakharchenko

Summary. Nowadays Python programming language is becoming more and more popular, as well as for solving competitive programming problems. But since Python is a scripting language with dynamic typing, when solving some problems its performance is not enough and programs written in Python do not pass all the tests in the allowed time. To solve this issue it is proposed to use the Python → 11L → C++ transpiler which translates some subset of the Python programming language into C++, which significantly speeds up Python code execution (often by more than an order of magnitude). The aim of the paper is to show the specialties of this transpiler, which must be taken into account when writing Python code so that it can be correctly compiled with this transpiler. As a result, the proposed method for accelerating program code in Python can be used as a solution to the problem of insufficient performance of the original and alternative Python implementations, as a result of which there is no need to solve problems in more high-performance, but less convenient programming languages (for example, C++). An element of novelty is that the proposed transpiler in practice is not inferior in performance to the C++ language (which is not as convenient as Python in terms of syntax, including for solving competitive programming problems), unlike other similar tools for accelerating and/or executing Python code, such as Cython, PyPy, Nuitka and Shed Skin. Practical significance. This transpiler can be used to solve competitive programming problems.

Keywords: transpiler, competitive programming, programming languages.

Третьяк Александр Викторович

Аспирант, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
alextretyak2@gmail.com

Верещагина Елена Александровна

К.т.н., доцент, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
everesh@mail.ru

Добржинский Юрий Вячеславович

К.т.н., с.н.с., Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
yuvd@mail.ru

Захарченко Даниил Владимирович

Аспирант, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
daniilzakharchenko@gmail.com

Аннотация. В настоящее время всё большую популярность приобретает язык программирования Python, в том числе при решении олимпиадных задач и задач по спортивному программированию. Но, так как Python является сценарным языком с динамической типизацией, то при решении некоторых задач его быстродействия недостаточно и программы, написанные на Python, не проходят все тесты в допустимое время. Для решения этой проблемы предлагается использовать транспайлер Python → 11L → C++, который транслирует некоторое подмножество языка программирования Python в C++, что существенно ускоряет выполнение кода на Python (зачастую более чем на порядок). Цель работы — показать особенности использования данного транспайлера, которые необходимо учитывать при написании программного кода на языке Python, чтобы он корректно скомпилировался данным транспайлером. В результате предложенный способ ускорения программного кода на языке Python может использоваться как решение проблемы недостаточного быстродействия оригинальной и альтернативных реализаций Python, вследствие чего нет необходимости переписывать решение задачи на более высокопроизводительных, но менее удобных языках программирования (например, C++). Элементом новизны является то, что предлагаемый транспайлер на практике не уступает по производительности языку C++ (который не так удобен, как Python с точки зрения синтаксиса, в том числе для решения олимпиадных задач), в отличие от других подобных средств ускорения и/или исполнения кода на Python, которые в некоторых случаях недостаточно производительны, таких как Cython, PyPy, Nuitka и Shed Skin. Практическая значимость. Данный транспайлер может использоваться при решении олимпиадных задач и задач по спортивному программированию.

Ключевые слова: транспайлер, олимпиадное программирование, спортивное программирование, языки программирования.

Введение

В настоящее время всё большую популярность приобретает язык программирования Python (в 2019 году согласно рейтингу ТЮВЕ [1] он обошёл по популярности язык C++), в том числе при решении олимпиадных задач и задач по спортивному программированию.

При организации большинства соревнований и олимпиад по программированию (Международная студенческая олимпиада по программированию ICPC, соревнования по спортивному программированию Codeforces, международное соревнование по программированию Google Code Jam) используются автоматические проверяющие системы для организации соревнований по программированию. Во всех этих соревнованиях действует ограничение по времени выполнения программ. Например, в задаче «Значения, которые возможно набрать» с сайта Codeforces ограничение по времени на тест составляет 2 секунды [2] и при тестировании системой решения этой задачи на языке Python возникает ошибка «превышено ограничение времени», вследствие чего данную задачу необходимо решать на более высокопроизводительном языке программирования, например, на C++. В качестве альтернативного решения, чтобы не переписывать решённую задачу с языка Python на другой язык программирования, предлагается использовать данный транспайлер.

Компилятор — это компьютерная программа, которая транслирует другие компьютерные программы для их выполнения. [3, р. 1]

Транспайлер — это такой компилятор, который переводит код из одного языка программирования в эквивалентный код на другом языке программирования. [4]

В данной статье рассматриваются особенности работы транспайлера, который переводит код на языке Python в код на новом языке программирования 11l [5], который впоследствии переводится в C++. Полученный код затем преобразуется в машинный код компилятором C++.

Следует отметить, что особенностью реализованного транспайлера является то, что он генерирует человеческий код на C++, что упрощает отладку написанной программы.

Реализованный транспайлер поддерживает подмножество языка Python, достаточно большое для решения практически любых олимпиадных задач.

Фактически транспайлер Python → 11l → C++ состоит из двух транспайлеров:

1. Транспайлер Python → 11l, который переводит код на языке Python в код на новом языке программирования 11l.
2. Транспайлер 11l → C++, который переводит код на языке 11l в C++.

В некотором смысле язык 11l выступает в роли промежуточного языка, но, так как он очень похож и близок к языку Python (правда семантически, а не синтаксически), то специально изучать его, в общем-то, не требуется.

Цель данной статьи — для ускорения работы программ на языке Python использовать транспайлер Python → 11l → C++ и показать особенности его работы, которые необходимо учитывать при написании программного кода на языке Python, чтобы он корректно скомпилировался данным транспайлером.

Обзор существующих решений

Для решения задачи ускорения программ на языке Python можно использовать следующие средства ускорения и/или исполнения кода на Python, которые могут приблизить производительность полученного кода к решению задачи на языке C++, являющемся одним из самых близких к аппаратной части языков:

1. Cython
2. Nuitka
3. Shed Skin
4. PyPy

Cython — язык программирования, упрощающий написание модулей C/C++ кода для Python. Поддерживает код на чистом Python без синтаксических дополнений от Cython. Код Cython преобразуется в C/C++ код для последующей компиляции и впоследствии может использоваться как расширение стандартного Python или как независимое приложение со встроенной библиотекой выполнения Cython [6]. Cython не применяется в автоматических проверяющих системах на олимпиадах. Однако он обладает достаточно хорошей поддержкой языка Python. Значительное ускорение кода на Cython возможно только при использовании синтаксических дополнений от Cython (в том числе объявления типов, несовместимые по синтаксису с аннотациями типов в Python).

Nuitka — транспайлер, который транслирует код Python в исполняемые файлы или исходный код Си/C++. Он работает с разными версиями Python и позволяет создавать автономные приложения, даже когда Python не установлен на целевом компьютере [7]. Nuitka также,

как и Cython не применяется в автоматических проверяющих системах на олимпиадах. Nuitka практически не ускоряет, а только исполняет Python-код.

Shed Skin — транслятор программ, написанных на подмножестве языка Python, в оптимизированное C++ представление. Может транслировать только статические типы данных приложений на Python в код C++. Может генерировать как самостоятельные приложения, так и модули расширения, которые могут быть импортированы в большие приложения на языке Python [8]. Shed Skin не применяется в автоматических проверяющих системах на олимпиадах. Shed Skin поддерживает только устаревшую версию Python (2.6), а также очень ограниченное подмножество языка Python. Особенностью Shed Skin является то, что он не требует задавать в коде аннотации типов, а осуществляет вывод типов полностью автоматически. Автор использует достаточно изощрённый алгоритм, который комбинирует алгоритм декартова произведения с итеративным разделением классов. [9]

PyPy — интерпретатор языка программирования Python. PyPy в начале своего существования был интерпретатором Python, написанным на Python. Текущие версии PyPy транслируются из RPython в Си и компилируются. В PyPy встроен трассирующий JIT-компилятор, который может превращать код на Python в машинный код во время выполнения программы [10]. PyPy — единственный из рассматриваемых средств для ускорения кода на Python, который применяется в автоматических проверяющих системах на олимпиадах. Он обладает очень хорошей поддержкой Python современных версий, однако согласно проведенным тестам PyPy по производительности уступает Shed Skin и предлагаемому транспайлеру Python → 11l → C++.

Python → 11l → C++ — транспайлер, переводящий код на языке Python в код на языке C++, за счёт чего производится значительное ускорение исходной программы. В отличие от Shed Skin данный транспайлер не использует сложных алгоритмов для автоматического вывода типов, а использует стандартный синтаксис аннотаций типов языка Python. По сравнению со всеми вышеперечисленными он обладает самой высокой производительностью и практически не уступает по скорости выполнения коду, написанному на C++ вручную.

Далее предлагается рассмотреть такие особенности транспайлера, как целые числа, символьные переменные, создание пустого списка/массива, словаря и множества, создание непустого списка/массива, словаря и множества, передача списка как аргумента функции, переменные-члены классов, скобки у кортежей, конкатенация строк, строковые и символьные литералы,

множественная инициализация, конструкция from ... import ..., рекурсивный вызов функции, обход элементов словаря в цикле for, деление, остаток от деления, конструкция yield, порядок вычисления аргументов функции, передача функции в качестве аргумента другой функции, конструкция [... if ... else ... for ...], которые необходимо учитывать при написании программного кода на языке Python, чтобы он корректно скомпилировался данным транспайлером. Следует отметить, что возможность объявлять символьные переменные может использоваться для увеличения производительности и для уменьшения занимаемой оперативной памяти.

Целые числа

Как известно, в языке программирования Python все целые числа произвольного размера. С одной стороны, это позволяет программисту не задумываться о том, насколько большое число может потребоваться сохранить в переменной целого типа. Но с другой стороны работа с такими числами гораздо более ресурсоёмкая и менее эффективная. Поэтому все целые числа транспайлер Python → 11l → C++ рассматривает (как и принято в C++ по умолчанию) как 32-разрядные целые. Если требуется работать с числами большей разрядности (например, 64), то можно либо явно указать тип переменной как Int64 либо использовать опцию транспайлера —int64 в командной строке (в этом случае все целые числа будут рассматриваться не как 32-, а как 64-разрядные). Явное указание типа переменной выглядит так:

```
s: Int64 = 0
```

Но в Python-е нет встроенного типа Int64. Поэтому, если требуется, чтобы код работал в Python, необходимо в начале программы один раз добавить такую строчку:

```
Int64 = int
```

Но транспайлер Python → 11l → C++ поймёт исходный Python-код и без такой строчки (а если встретит такую строку, то просто проигнорирует её).

Символьные переменные

Аналогично целым 64-разрядным числам, транспайлер Python → 11l → C++ предоставляет возможность объявлять символьные переменные, то есть переменные, значением которых является код одного символа. Тип символьной переменной — Char. И аналогично Int64, чтобы получить код, который работает в Python, следует добавить такую строчку:

Таблица 1. Код для создания пустого списка, словаря и множества

Не поддерживается	Поддерживается
<code>l = []</code>	<code>l: List[int] = []</code> или <code>l = [0]*0</code>
<code>d = {}</code>	<code>d: Dict[str, int] = {}</code>
<code>s = set()</code>	<code>s = set() # int</code>
<code>dd = collections.defaultdict(int)</code>	<code>dd = collections.defaultdict(int) # str</code>

Таблица 2. Код объявления нового класса

Не скомпилируется	Скомпилируется
<pre>class Error(Exception): def __init__(self, message, pos): self.message = message self.pos = pos</pre>	<pre>class Error(Exception): message: str pos: int def __init__(self, message, pos): self.message = message self.pos = pos</pre>

`Char = str`

Объявить массив из символов можно так:

`charr: List[Char] = []`

Это может использоваться как для увеличения производительности, так и для уменьшения занимаемой оперативной памяти (особенно если необходим очень большой массив символов, например).

Создание пустого списка/массива, словаря и множества

В отличие от языка Python, контейнеры (например списки и массивы) в языках 11l и C++ могут содержать элементы только одного типа (за исключением кортежей, которые могут содержать элементы различных типов), причем известного во время компиляции. На данном этапе транспайлер Python → 11l → C++ не пытается определить тип контейнеров по их использованию, как это сделано в некоторых языках программирования (например Nemerle [11]), поэтому при создании пустого контейнера необходимо указать тип его элементов явно (см. табл. 1).

Если типом значения словаря `collections.defaultdict` является список, то необходимо использовать следующую форму записи:

`dd: DefaultDict[str, List[int]] = collections.defaultdict(list)`

Создание непустого списка/массива, словаря и множества

Если контейнер инициализируется элементами, то указывать его тип не требуется:

`l = [1, 2, 3]`
`d = {'a': 1, 'b': 2}`
`s = {1, 2, 3}`

Так как все элементы списков должны быть одного типа, то такой список не скомпилируется:

`x = [0, 1, 2, 2, 2, 2, 1, 9, 3.5, 5, 8, 4, 7, 0, 6]`

Чтобы это исправить достаточно указать тип первого элемента:

`x = [float(0), 1, 2, 2, 2, 2, 1, 9, 3.5, 5, 8, 4, 7, 0, 6]`

Передача списка как аргумента функции

В Python при передаче переменной типа `list` в функцию, её можно изменять внутри функции. И чтобы возможность изменять переменную сохранилась, транспайлеру Python → 11l → C++ необходимо явно указать тип этого аргумента.

Так, при объявлении функции `def decompress(compressed)` в коде-решении задачи LZW compression [12] следует указать тип аргумента:

```
def decompress(compressed: List[int]):
    ...
```

Или так:

```
def decompress(compressed: list):
```

Переменные-члены классов

Чтобы код объявления нового класса успешно скомпилировался транспайлером Python → 11l → C++ необходимо указать типы всех переменных-членов этого класса (см. табл. 2).

Скобки у кортежей

В языке Python в некоторых случаях допускается опускать скобки у кортежей. Например, можно писать `return a, b` вместо `return (a, b)`, или `a, b = b, a` вместо `(a, b) = (b, a)`. В то время как в Python поддерживаются обе эти записи, транспайлер Python → 11l → C++ поддерживает только вариант со скобками.

Конкатенация строк

Так как язык программирования 11l не допускает использование оператора `+` для конкатенации строк (по причинам, обозначенным в документации языка [13]), а использует свой синтаксис для данной операции, то транспайлер Python → 11l пытается угадать в каких случаях оператор `+` является арифметическим, а в каких является оператором конкатенации строк. В случае если ему не удалось правильно определить конкатенацию строк, следует между операндами добавить прибавление пустой строки (вместо `str1 + str2` следует написать `str1 + "" + str2`), например:

```
aa = ['1', '2']
bb = ['x', 'y']
for a in aa:
    for b in bb:
        print(a + "" + b)
```

Однако на практике в большинстве случаев, когда транспайлеру Python → 11l не удалось определить конкатенацию строк, достаточно добавить аннотацию типа. Например, в таком коде:

```
def rotated(s):
    return s[1:] + s[0]
```

достаточно указать тип аргумента `s`:

```
def rotated(s : str):
    return s[1:] + s[0]
```

(Вместо того чтобы писать `s[1:] + "" + s[0]`).

Строковые и символьные литералы

Так как тип выражения «А» в языке 11l зависит от контекста (он может быть либо `String`, либо `Char`), в случае неверного определения типа строкового литерала транспайлером необходимо указать тип явно, т.е. писать `str('A')` либо `Char('A')`. Так, следующий Python-код не скомпилируется:

```
print(['AF'] + ['A']*5)
```

И необходимо писать так:

```
print(['AF'] + [str('A')]*5)
```

Также, если есть переменная типа `Char` (`ch : Char`), то чтобы присвоить ей символ необходимо написать: `ch = Char('*')` вместо `ch = '*'`.

Множественная инициализация

На данный момент транспайлер Python → 11l → C++ не поддерживает множественную инициализацию, и вместо `a = b = 0` следует писать:

```
a = 0
b = 0
```

(Однако запись `if a == b == c ...`, а также `if a < b < c ...` поддерживается.)

Поддерживаемые модули

На данный момент транспайлер Python → 11l → C++ поддерживает следующие встроенные модули Python:

- ◆ `math`
- ◆ `os`
- ◆ `time`
- ◆ `re`
- ◆ `random`
- ◆ `collections` (только `defaultdict` и `deque`)
- ◆ `heapq`

Конструкция `from ... import ...`

На данный момент транспайлер Python → 11l → C++ не поддерживает данную конструкцию, и вместо такого кода:

```
from math import sqrt
print(sqrt(2))
```

следует писать:

```
import math
print(math.sqrt(2))
```

Рекурсивный вызов функции

Если функция вызывает сама себя [рекурсивно], то при её объявлении необходимо явно указать тип возвращаемого значения (так как он не может быть выведен автоматически компилятором C++ в этом случае).

```
def find(x, y) -> None: # `-> None` здесь обязательно
    find(nx, ny) # из-за этого вызова
```

В случае рекурсивного вызова локальной функции требуется указывать не только тип возвращаемого значения, но и типы всех аргументов функции:

```
def fib(n):
    def f(n : int) -> int: # написать просто `def f(n):`
        # или `def f(n) -> int:` нельзя
        if n < 2:
            return n
        return f(n-1) + f(n-2)
    return f(n)
```

Это связано с особенностью работы компилятора C++.

Обход элементов словаря в цикле for

При обходе словаря в цикле for в том случае, когда транспайлер Python → 111 не смог определить, что итерируемый контейнер — это словарь, следует указать явно, что необходимо обходить словарь по ключам, а не по парам (ключ, значение):

```
for k in d: # если не удалось определить тип `d`,
    print(k) # то не скомпилируется
```

И в таком случае необходимо писать так:

```
for k in d.keys():
    print(k)
```

Деление

Если делитель и делимое не являются числовыми литералами и при этом являются целочисленными, то деление выполняется по правилам C++ и Python 2, а не Python 3, т.е. деление в таком случае целочисленное. Чтобы получить вещественное деление необходимо использовать приведение к вещественному типу (т.е. вместо a/b написать float(a)/b или a/float(b)), либо использовать опцию транспайлера —python-division,

чтобы операция / всегда выполнялась по правилам Python 3.

Остаток от деления

Если a может быть меньше 0, то вместо a% b следует писать:

```
((a % b) + b)% b
или
r = a% b; if (r < 0) r += b
```

Так как операция% выполняется по правилам C++, а не Python.

Либо можно использовать опцию транспайлера —python-remainder, чтобы операция% выполнялась по правилам Python.

Конструкция yield

На данный момент транспайлер Python → 111 → C++ не поддерживает данную конструкцию, и вместо такого кода:

```
def squares(n):
    for i in range(n):
        yield i ** 2
```

следует писать:

```
def squares(n):
    r: List[int] = []
    for i in range(n):
        r.append(i ** 2)
    return r
```

Порядок вычисления аргументов функции

В отличие от языка Python в языке C++, к сожалению, порядок вычисления аргументов при передаче в функцию не определён, поэтому необходимо следить за возможной неправильной работой кода, производящего вычисления во время передачи параметров функции.

Вот строчка кода из примера реализации калькулятора обратной польской записи на языке Python [14]:

```
a.append(b[c](a.pop(), a.pop()))
```

Чтобы она корректно работала с транспайлером Python → 111 → C++, её необходимо переписать на пример так:


```
t = a.pop()
a.append(b[c](t, a.pop()))
```

Передача функции в качестве аргумента другой функции

Вот код решения задачи Sort using a custom comparator [15]:

```
def mykey(x):
    return (-len(x), x.upper())
print(sorted(strings, key=mykey))
```

Он не компилируется транспайлером Python → 111 → C++, так как в сгенерированном C++ коде mykey — это шаблонная функция.

Следует либо указать типы аргументов функции:

```
def mykey(x : str):
    return (-len(x), x.upper())
```

Либо использовать лямбда-функцию:

```
mykey = lambda x: (-len(x), x.upper())
```

Конструкция [... if ... else ... for ...]

Такой код не скомпилируется:

```
l = [b if char == "w" else 1 for char in input()]
```

Необходимо добавить скобки:

```
l = [(b if char == "w" else 1) for char in input()]
```

Производительность

Ниже приводится код на Python — решение задачи нахождения k-ого по счёту простого числа [16].

```
import math
k = int(input())
n = k * 17
primes = [True] * n
primes[0] = primes[1] = False
for i in range(2, int(math.sqrt(n)) + 1):
    if not primes[i]:
        continue
    for j in range(i * i, n, i):
        primes[j] = False
for i in range(n):
    if primes[i]:
        if k == 1:
            print(i)
```

```
break
k -= 1
```

Для k равного 1000000 время работы данной программы составило 20 секунд используя эталонную реализацию Python (т.е. CPython), такое же время выполнения у Nuitka, 7.4 секунды используя Cython, 2.7 секунд используя PyPy, 1.4 секунды используя Shed Skin и 0.73 секунды используя транспайлер Python → 111 → C++.

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные особенности транспайлера Python → 111 → C++: создание пустого списка, передача списка как аргумента функции, переменные-члены классов, конкатенация строк, рекурсивный вызов функции.

На первый взгляд эти особенности усложняют работу с ним (в идеале хорошо бы иметь возможность компилировать абсолютно любой код на Python, и в таком случае никаких правил, представленных в данной статье, описывать бы вообще не пришлось). Отчасти это действительно так, однако на практике это не приводит к скрытым ошибкам, так как все (за редким исключением) описанные рекомендации в случае их несоблюдения приведут к ошибкам на этапе компиляции, в то время как в языке Python нюансы его работы приводят к реальным трудно уловимым ошибкам, например в Python для создания двумерного массива размера n на m вместо [[0] * m] * n необходимо писать [[0] * m for i in range(n)], кроме того, необходимо следить за именами переменных циклов (например, цикл по переменной i не следует вкладывать внутрь другого цикла по переменной i, т.к. в Python-е нет областей видимости локальных переменных), а также нельзя так просто добавить список или другой объект как значение по умолчанию аргумента функции (например запись def f(l = []) приводит к нежелательному поведению на практике).

Ускорение программного кода происходит за счёт того, что в отличие от CPython, который является интерпретатором байт-кода, транспайлер Python → 111 → C++ генерирует C++ код, который компилируется непосредственно в машинный код.

В итоге реализованный транспайлер [17] вполне пригоден для добавления его поддержки в автоматические проверяющие системы на олимпиадах и сайтах по спортивному программированию наряду с компилятором PyPy, который хоть и уступает транспайлеру Python → 111 → C++ по производительности, но обладает лучшей поддержкой языка Python.

ЛИТЕРАТУРА

1. TIOBE Index | TIOBE — The Software Quality Company [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения: 16.04.2021)
2. Задача — 687C — Codeforces [Электронный ресурс]. — URL: <https://codeforces.com/problemset/problem/687/C> (дата обращения: 16.04.2021)
3. Keith Cooper, Linda Torczon. Engineering: A Compiler (2nd Edition) — Morgan Kaufmann, USA, 2012. — 824 p.
4. Транспайлер — Википедия [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспайлер> (дата обращения: 16.04.2021)
5. Третьяк А.В., Третьяк Е.В., Верещагина Е.А. Разработка когнитивно-эргономического синтаксиса для нового аппаратно-ориентированного языка программирования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2020. — № 07. — С. 145–153 DOI 10.37882/2223–2966.2020.07.33
6. Cython — Википедия [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Cython> (дата обращения: 16.04.2021)
7. Nuitka — Википедия [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nuitka> (дата обращения: 16.04.2021)
8. Shedskin — Википедия [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Shedskin> (дата обращения: 16.04.2021)
9. Mark Dufour. Shed Skin. An Optimizing Python-to-C++ Compiler [Текст]: дис.маг./ Делфтский технический университет, Committee: Dr.ir. K.G. Langendoen, Prof.dr.ir. H.J. Sips, Dr.ing. L.M.F. Moonen — Делфт, Нидерланды: 2006, 57 с. — Библиогр.: 13–14 с.
10. PyPy — Википедия [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PyPy> (дата обращения: 16.04.2021)
11. About — Nemerle programming language official site [Электронный ресурс]. — URL: <http://nemerle.org/About> (дата обращения: 16.04.2021)
12. LZW compression [Электронный ресурс]. — URL: https://www.rosettacode.org/wiki/LZW_compression#Python (дата обращения: 16.04.2021)
13. Документация языка программирования 11l [Электронный ресурс]. — URL: <http://11l-lang.org/doc/ru/%E2%80%98%E2%80%99> (дата обращения: 16.04.2021)
14. RPN calculator algorithm [Электронный ресурс]. — URL: https://www.rosettacode.org/wiki/Parsing/RPN_calculator_algorithm#Python (дата обращения: 16.04.2021)
15. Sort using a custom comparator [Электронный ресурс]. — URL: https://www.rosettacode.org/wiki/Sort_using_a_custom_comparator#Python (дата обращения: 16.04.2021)
16. Задача № 973. Простое число [Электронный ресурс]. — URL: <https://informatics.msk.ru/mod/statements/view.php?chapterid=973> (дата обращения: 16.04.2021)
17. Язык программирования 11l [Электронный ресурс]. — URL: <http://11l-lang.org/ru> (дата обращения: 16.04.2021)

© Третьяк Александр Викторович (alextrtyak2@gmail.com), Верещагина Елена Александровна (everesh@mail.ru),
Добржинский Юрий Вячеславович (yuvd@mail.ru), Захарченко Даниил Владимирович (daniilzakharchenko@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Харин Илья Андреевич

Национальный исследовательский университет
МЭИ
play22@list.ru

APPLICATION OF INTELLECTUAL INFORMATION TECHNOLOGIES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT DECISION MAKING

I. Kharin

Summary. The article discusses the features of the use of intelligent information technologies to improve the efficiency of managerial decision-making. In the course of the research, the prospects and possibilities of using intelligent agents, namely those based on precedents and allowing the search for solutions in the state space, have been analyzed. Recommendations have been developed regarding the construction of metrics for intelligent agents. The article also presents a model of a management decision support system, which is based on the progressive technology of multidimensional conceptual representation.

Keywords: decision making, data mining, information technology, multidimensional representation, model.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования интеллектуальных информационных технологий для повышения эффективности принятия управленческих решений. В процессе исследования проанализированы перспективы и возможности применения интеллектуальных агентов, а именно тех, которые основаны на прецедентах и тех, которые позволяют осуществлять поиск решений в пространстве состояний. Кроме того, разработаны рекомендации, касающиеся построения метрик интеллектуальных агентов. Также в статье представлена модель системы поддержки принятия управленческих решений, которая базируется на прогрессивной технологии многомерного концептуального представления.

Ключевые слова: принятие решений, интеллектуальный анализ, информационные технологии, многомерное представление, модель.

Разработка систем поддержки принятия решений в режиме реального времени всегда была актуальной задачей в сфере автоматизации управленческой деятельности человека. Бурное развитие современного общества детерминировано стремительным увеличением и динамичностью роста разнообразной информации. Эта информация становится все более структурированной и гораздо сложнее поддается четкой формализации, следовательно, так называемые «стандартные» базы данных и системы принятия решений на их основе требуют значительных изменений и развития.

Анализируя опыт практического применения средств автоматизированного управления, информационных и информационно-аналитических систем в комплексах оперативного менеджмента на фоне всевозрастающих объемов информации, необходимой для принятия решений, можно сделать вывод о наличии практической потребности в создании и применении средств автоматизации на основе использования эле-

ментов искусственного интеллекта и инженерии знаний. При этом результатом интеллектуального анализа данных должен быть такой информационный продукт, который позволяет осуществить конкретное управленческое действие без чрезмерного «погружения» лица, принимающего решение, в детали базовых данных или промежуточной аналитики.

Такая практическая задача может быть решена несколькими путями. Во-первых, — это внедрение в архитектуру существующих систем промежуточных аппаратных и программных элементов, которые бы объединяли разрозненные сети в одну вычислительную среду, таким образом реализуя схему сетевого взаимодействия с интеллектуальными компонентами. Во-вторых, — это разработка (использование) нового интегрированно-аппаратного и программного обеспечения, которое бы заменило собой существующие традиционные автоматизированные комплексы на качественно новые интеллектуальные системы управления. Кроме того, необходимо акцентировать внимание на том, что, как

правило, современные системы поддержки принятия решений требуют мультидисциплинарного взаимодействия, которое включает в себя теории баз данных, методы имитационного моделирования, искусственного интеллекта, нейронных сетей, ситуационного анализа и интерактивных компьютерных систем.

Однако, на этапах проектирования и реализации интеллектуальных информационных технологий, для повышения эффективности принятия управленческих решений, существует ряд методологических и технологических проблем. В частности, такие проблемы заключаются в отсутствии концептуальной целостности и согласованности между отдельными приемами и методами инженерии знаний; жесткости разработанных программных средств и их низкой адаптивной способности; использовании в информационных комплексах слабоформализованных знаний в определенной предметной области, а также особенностях реализации логической или содержательной обработки информации.

Таким образом, необходимость решения обозначенных задач, более четкое определение закономерностей формирования и реализации отдельных информационных процессов субъектом управления и обоснованность использования соответствующей информационной технологии, предопределяет выбор темы данной статьи, а также составляют концептуальную основу проводимого исследования.

В общем виде теоретическая проблема построения современных систем поддержки принятия управленческих решений может быть сформулирована как проблема информационной и интеллектуальной интеграции, исследованию которой посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных авторов, к числу которых можно отнести: Ягольникову Д.В., Шведун А.А., Гатчина Ю.А., Chen, B.; Ge, Y.H.; Wang, H.; Min, Hokey; Onggo, B. S.

Теоретические и методологические принципы создания и использования интеллектуальных информационных систем и технологий детально описаны Секлетовой Н.Н., Цапаевым М.А., Федоренко С.И., Fernandez, Maria Isabel; Alfred Zimmermann, Rainer Schmidt, Lakhmi C. Jain.

Ряд исследователей занимаются описанием основных модулей и инструментов, которые используются для создания интеллектуальных систем принятия решений (Ивановский М.А., Батурина Е.В., Алмали А.А., Mathirajan, M., Al-Kasasbeh, Maha). Детальному анализу гибридного подхода в проектировании интеллектуальных систем, который позволяет синтезировать каче-

ственно различные подходы к обоснованию решений, посвящены труды Шабанова Р.М., Микушина Н.А., Липницкого С.Ф., Alexis Chen, B., Ge, Y.H.

Однако, несмотря на широкий научный интерес к исследуемой тематике, а также тот факт, что интеллектуальные информационные технологии используются уже более полувека, вопросы их применения с целью оптимизации менеджмента и бизнес-процессов компаний остаются открытыми и требуют дополнительной проработки.

В частности, в более углубленном исследовании нуждаются вопросы развития концепций, теоретических положений, моделей и методов построения программного обеспечения, а также наделение указанных систем интеллектуальными свойствами, характерными для современных управленческих комплексов.

Также не в полной мере решенными являются проблемы реализации языковых и инструментальных средств (универсальных и проблемно-ориентированных), которые поддерживают полный жизненный цикл разработки управленческих решений. Особого внимания заслуживает разработка обобщающих формализмов для различных классов моделей и методов поддержки принятия решений, базирующихся на интеллектуальных информационных технологиях.

Итак, принимая во внимание вышеизложенное, цель статьи заключается в детальном изучении особенностей использования интеллектуальных информационных технологий для повышения эффективности принятия управленческих решений.

Интеллектуальные информационные технологии представляют собой информационные технологии, которые помогают менеджеру ускорить синтез управленческих решений [2]. В своем развитии информационные технологии, применяемые в системе поддержки принятия решений прошли следующие этапы: разработка баз данных (DB - Data Base), технология аналитической обработки данных в режиме онлайн (OLAP — On-line Analytical Processing), технология интеллектуального анализа данных (DM - Data Mining), системы поддержки выполнения решений (EPSS — Electronic Performance Support Systems), мультиагентные системы (MA).

Современный уровень развития интеллектуальных информационных технологий, которые используются для построения систем поддержки принятия управленческих решений, происходит в двух направлениях разработки интеллектуальных агентов (ИА):

- ♦ ИА, основанные на прецедентах (Case-Based Reasoning (CBR);

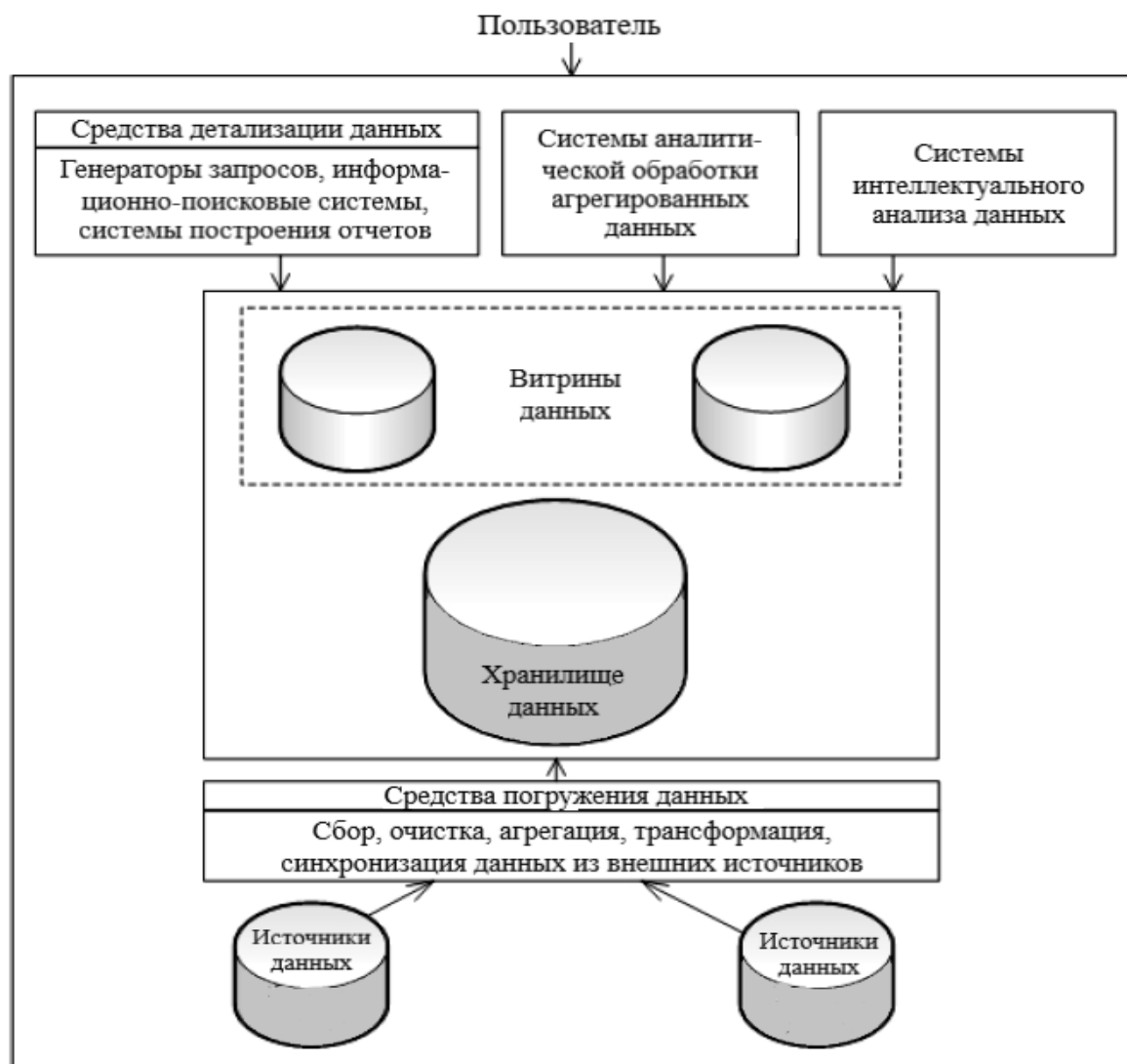


Рис. 1. Модель системы поддержки принятия управленческих решений на основе многомерного концептуального представления

- ♦ ИА планирования деятельности (поиск в пространстве состояний).

Выбор ИА зависит от задачи, которую необходимо решить управленцу. Метод вывода по прецедентам эффективен, когда основным источником знаний о задаче является опыт, а не теория; потенциальные решения не уникальны для конкретной ситуации, а могут быть использованы в других случаях; целью решения задачи является получить не гарантировано верное решение, а наилучший вариант из всех возможных. Интеллектуальная информационная технология, которая основана на прецедентах, является методом выработки, построения управленческого решения по результатам поиска аналогий, хранящихся в базе прецедентов. Такой прецедент называют релевантным.

С математической точки зрения среди элементов множества прецедентов $P_r = \{P_{r1}, P_{r2}, \dots, P_{rN}\}$ релевантным P_{rk} является прецедент, для которого расстояние до текущей проблемной ситуации S является минимальным, то есть:

$$P_{rk} = \arg \min d(P_{ri}, S)$$

Суть и особенности ИА планирования деятельности заключаются в том, что они предполагают достижение целевого состояния. Прежде всего, ИА должен построить план достижения этого состояния со всеми возможными альтернативами.

Процесс планирования основывается на декомпозиции. Задача планирования ZP содержит 3 составля-

ющих: множество состояний St , множество действий A , множество целевых состояний $Goal$ (состояний цели). Все это описывается следующим выражением:

$$ZP = \langle St, A, Goal \rangle$$

Итак, для планирования деятельности ИА должен уметь оценивать состояния и действия.

Очевидно, что для обоих классов рассматриваемых систем необходима метрика. В первом случае для оценки релевантности прецедентов, во втором случае — для оценки релевантности состояний. От способа определения этой метрики напрямую зависит эффективность работы ИА и соответственно оптимальность принимаемого управленческого решения.

По мнению автора, такой способ должен базироваться на четком и аргументированном стандарте баз знаний. В области инженерии знаний таким стандартом являются онтологии. Поэтому представляется целесообразным для построения метрики использовать онтологии.

Под моделью онтологии O будем понимать тройку следующего вида:

$$O = \langle C, R, F \rangle$$

где C — понятие, R — отношение между понятиями, F — интерпретация понятий и отношений (аксиомы). Аксиомы устанавливают семантические ограничения для системы понятий и отношений.

Еще одной инновационной информационной интеллектуальной технологией, которая имеет значительный нереализованный потенциал и широкие возможности использования в будущем в системах принятия решений, является многомерное концептуальное представление (*multidimensional conceptual view*), которое представляет собой множественную перспективу, состоящую из нескольких независимых измерений, в рамках которых могут быть проанализированы определенные совокупности данных. Каждое измерение охватывает направления консолидации данных, состоящие из серии последовательных уровней обобщения, где каждый высший уровень соответствует большей степени агрегации данных.

На рис. 1 представлена модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений на базе многомерного концептуального представления. Ее составляющими элементами являются: информационное хранилище данных, средства погружения данных, средства детализации данных, системы аналитической обработки агрегированных данных, системы интеллектуального анализа данных.

Таким образом, резюмируя полученные результаты, можно отметить, что использование интеллектуальных информационных технологий для поддержки принятия решений способно повысить эффективность и качество решения управленческих задач за счет совершенствования информационного обеспечения, снижения возможных ошибок и более комплексной обработки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Секлетова Н.Н., Цапаев М.А. Постановка задач при проектировании информационной системы для поддержки принятия решений // Экономика и социум. 2019. № 1–1 (56). С. 1012–1014.
2. Architecting the digital transformation: digital business, technology, decision support, management / Alfred Zimmermann, Rainer Schmidt, Lakhmi C. Jain. Cham, Switzerland: Springer, 2021. 243 p.
3. Essentials of management information systems / Kenneth C. Laudon, Jane P. Laudon. Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited, 2019. 273 p.

© Харин Илья Андреевич (play22@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММ ЭЙЛЕРА-ВЕННА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ВЫБОРА МЕР ЗАЩИТЫ АСУ ТП¹

Чернов Денис Владимирович

Соискатель, Тульский Государственный
Университет
cherncib@gmail.com

THE USE OF EULER-VENN DIAGRAMS IN SOLVING THE PROBLEM OF CHOOSING SECURITY MEASURES FOR AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS

D. Chernov

Summary. The article proposes a method for selecting protection measures for automated process control systems based on the construction of Euler-Venn diagrams. The method proposed by the author allows to increase the degree of security of information resources of automated process control systems and to raise the overall level of information security of industrial control systems. The review of the most well-known facts of successful attacks on the automated control system for the 1st quarter of 2021 is carried out. The purpose of the study was to develop a method for selecting security measures at each level of the automated process control system using set theory as part of the analysis of basic sets of security measures.

Keywords: automated control systems, information security, technological process, security measure, basic set, Euler-Venn diagram.

Аннотация. В статье предложено решение задачи выбора мер защиты автоматизированных систем управления технологическими процессами, основанный на построении диаграмм Эйлера-Венна. Предложенное автором решение позволяет увеличить степень защищенности информационных ресурсов АСУ ТП и поднять общий уровень информационной безопасности промышленных систем управления. Проведен обзор наиболее известных фактов успешных атак на АСУ ТП за 1 квартал 2021 года. Цель исследования заключается в исследовании процесса выбора мер защиты на каждом уровне АСУ ТП с применением теории множеств в рамках анализа базовых наборов мер защиты.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, информационная безопасность, технологический процесс, мера защиты, базовый набор, диаграмма Эйлера-Венна.

Введение

Исполнение требований технической промышленной безопасности, в рамках противостояния техногенным проявлениям негативного характера, авариям или чрезвычайным ситуациям на промышленных объектах, неразрывно связано с обеспечением информационной безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Одним из наиболее важных этапов построения эффективной системы информационной безопасности АСУ ТП является выбор адекватных мер защиты информационных потоков промышленных систем автомати-

зации, поскольку отсутствие реагирования системы на актуальные угрозы информационной безопасности приводит к серьезным, в том числе и неконтролируемым последствиям для работоспособности АСУ ТП.

В феврале 2021 года неизвестные киберпреступники провели успешную атаку на систему водопроводных очистных сооружений в штате Флорида, США. Нарушители системы информационной безопасности осуществили успешную попытку несанкционированного доступа к программному обеспечению для удаленного контроля за процессами очистки воды и повысили уровень содержания гидроксида натрия более чем в 100 раз. Действия злоумышленника могли бы иметь катастрофические последствия, если бы не были во-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Грант ИБ) в рамках научного проекта № 15/2020.

Обозначение и номер меры	Меры обеспечения безопасности значимого объекта	Категория значимости		
		3	2	1
I. Идентификация и аутентификация (ИАФ)				
ИАФ.0	Регламентация правил и процедур идентификации и аутентификации	+	+	+
ИАФ.1	Идентификация и аутентификация пользователей и инициируемых ими процессов	+	+	+
ИАФ.2	Идентификация и аутентификация устройств	+	+	+
ИАФ.3	Управление идентификаторами	+	+	+
ИАФ.4	Управление средствами аутентификации	+	+	+
ИАФ.5	Идентификация и аутентификация внешних пользователей	+	+	+
ИАФ.6	Двусторонняя аутентификация			
ИАФ.7	Защита аутентификационной информации при передаче	+	+	+

Рис. 1. Базовые наборы мер для классов защищенности АСУ ТП

время обнаружены оператором водоочистой станции [1]. Согласно результатам проведенного расследования причин и обстоятельств возникновения атаки, злоумышленники получили доступ к SCADA-системам посредством приложения, которым пользовались системные администраторы для удаленного устранения неисправностей в АСУ ТП. Вектор атаки был успешно реализован ввиду того, что в нарушение всех регламентов и требований по информационной безопасности, для удаленного доступа ко всем компьютерам использовался один и тот же пароль, все автоматизированные рабочие места системы имели выход в сети связи международного обмена при отсутствии систем межсетевое экранирование АСУ ТП [2]. Президент Microsoft Брэд Смит назвал данный инцидент информационной безопасности «самой крупной и изощренной атакой, которую когда-либо видел мир», указывая на то, что подготовку к данной атаке производило более тысячи высококвалифицированных хакеров [3].

Анализируя данную атаку на АСУ ТП, можно сделать вывод об актуальности задачи проведения мероприятий по выбору мер защиты информационной инфраструктуры систем промышленности, в целях минимизации рисков и последствий реализации угроз информационной безопасности АСУ ТП.

Постановка и решение задачи выбора мер защиты

Пусть A — конечное множество мер защиты информации, изложенных в документе [4] $A = \{ИАФ.0; ИАФ.1; \dots; ИПО.4\}$ в соответствии с рисунком 1.

Исходя из разделения мер защиты на базовые наборы на основании принятого класса защищенности АСУ ТП, базовые наборы в виде подмножеств множества A представим как:

B — конечное подмножество, включающее в свой состав базовый набор мер, предписанный классу защищенности $K3 (B \subset A)$;

C — конечное подмножество, включающее в свой состав базовый набор мер, предписанный классу защищенности $K2 (C \subset A)$;

E — конечное подмножество, включающее в свой состав базовый набор мер, предписанный классу защищенности $K1 (E \subset A)$.

Рассмотрим задачу, при которой каждый из трех уровней АСУ ТП [5] соответствует разным классам защищенности, а отдельная мера защиты $x \in A$ может быть как характерна для каждого из базовых наборов

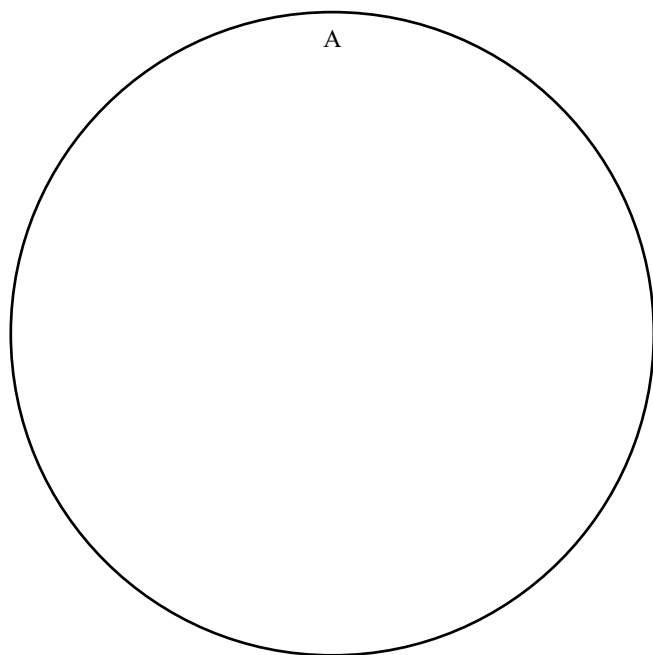


Рис. 2. Диаграмма минимального набора мер защиты АСУ ТП

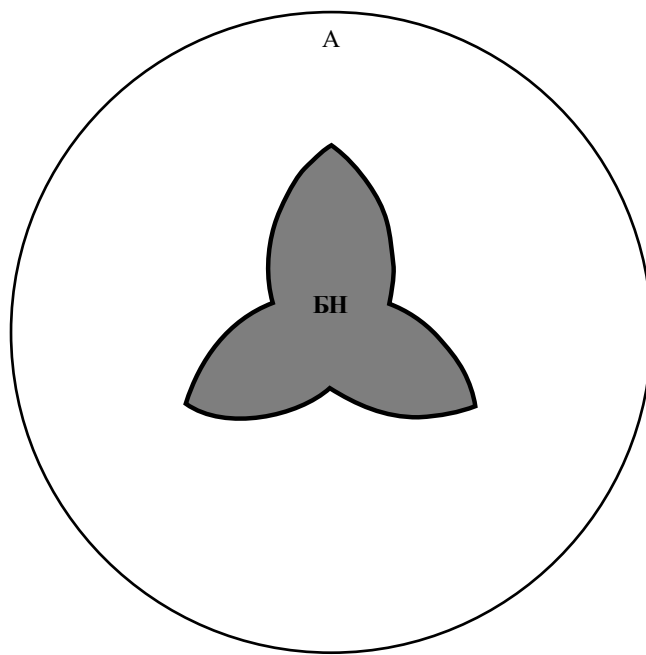


Рис. 3. Диаграмма базового набора мер защиты АСУ ТП

мер защиты, так и быть применима для отдельных базовых наборов тех или иных классов защищенности АСУ ТП. В данной задаче минимальному набору (далее — МН) мер защиты для всех уровней АСУ ТП соответствует следующее пересечение рассматриваемых множеств

$$B \cap C \cap E = \{x \mid x \in B \& x \in C \& x \in E\}.$$

Причинами ошибок при определении наборов мер защиты может являться отсутствие наглядного представления пересечений множеств тех или иных мер защиты, присущих каждому из уровней АСУ ТП. Решением данной проблемы является использование диаграмм Эйлера-Венна, которые представляют собой графическое изображение множеств и операций над ними. Идея использования визуального представления множеств принадлежит известному математику Леонарду Эйлеру. Диаграммы или круги Эйлера очень популярны в прикладных науках, в том числе математике, логике и информатике. Диаграммы Эйлера-Венна также используются при представлении связи логических операций с теорией множеств, при доказательстве логических законов и для других важных операций [6,7].

Представим пересечение множеств, соответствующее МН мер защиты в виде диаграммы Эйлера-Венна на рисунке 2.

Как видно из диаграммы МН мер защиты, в данном наборе отсутствуют меры защиты, присущие отдельным

уровням АСУ ТП, что приведет к гарантированному наличию уязвимостей в системе. Базовый набор (далее — БН) мер защиты для АСУ ТП, в который включаются все меры, необходимые хотя бы для двух из уровней системы, исключает указанные недостатки МН и представляется в соответствии с выражением

$$(B \cap C) \cup (C \cap E) \cup (B \cap E) = (b \& c) \cup (b \& e).$$

В целях недопущения дисфункции системы защиты информации введем следующее выражение, описывающее адаптированный базовый набор (далее — АБН) мер защиты АСУ ТП

$$(B \cup C \cup E) \setminus (B \cap C) \cup (C \cap E) \cup (B \cap E).$$

Приведем диаграмму Эйлера-Венна для АБН мер защиты АСУ ТП на рисунке 3.

Исходя из графического отображения АБН, можно сделать вывод о включении в АБН всех мер защиты, имеющих возможность применения на любом из уровней АСУ ТП. Однако, анализируя рисунок 3, можно вывести следующее предположение: АБН не учитывает динамическое изменение условий функционирования АСУ ТП и изменяющие внешние факторы реализации угроз информационной безопасности, что является существенным недостатком реализации системы защиты информации. В целях устранения данного недостатка необходимо проводить этап

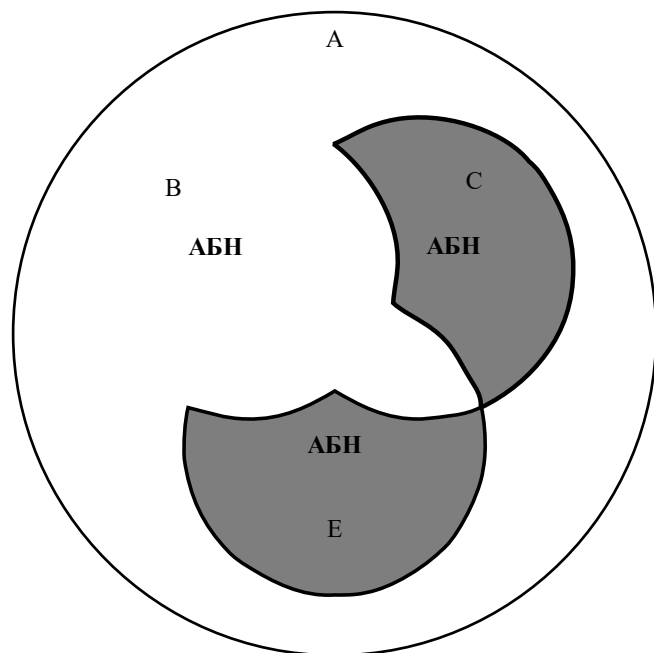


Рис. 4. Диаграмма адаптированного базового набора мер защиты АСУ ТП

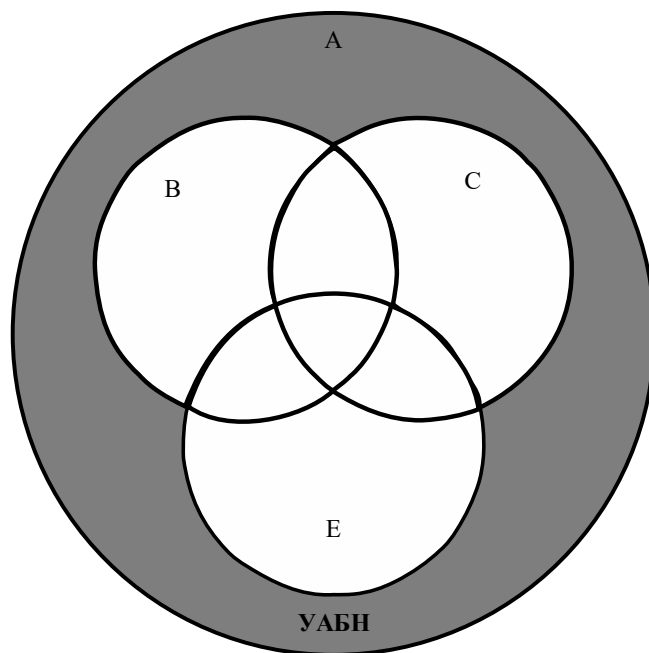


Рис. 5. Диаграмма уточнения адаптированного базового набора мер защиты АСУ ТП

уточнения АБН мер защиты (далее — УАБН) АСУ ТП. УАБН выполняется с учетом результатов оценки возможности АБН нейтрализовать множество угроз характерных для АСУ ТП, или снизить вероятность их реализации, исходя из условий функционирования системы. При УАБН для каждой угрозы из множества, включенной в модель угроз системы, сопоставляется мера защиты из адаптированного базового набора, обеспечивающая блокирование этой угрозы безопасности или снижающая вероятность ее реализации, исходя из условий функционирования АСУ ТП. УАБН осуществляется с учетом не выбранных ранее мер из множества A и определяется следующим выражением. Отображение УАБН мер защиты в виде диаграммы Эйлера-Венна приведено на рисунке 4.

$$A \setminus B \cup C \cup E = \{x \mid x \in A \& x \notin B \& x \notin C \& x \notin E\}.$$

Важно отметить, что обозначение кругов, соответствующих каждому подмножеству из множества мер защиты, возможно в любом порядке.

Заключение

В работе были рассмотрены проблемы обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами. Определена актуальность задачи выбора мер защиты промышленных систем, основанная на статистике современных атак на промышленную инфраструктуру. Предложен вариант решения задачи определения мер защиты автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением операций математической логики и диаграмм Эйлера-Венна. Результаты исследования рекомендованы для использования при моделировании угроз информационной безопасности и разработке требований к средствам защиты информации в автоматизированных системах управления технологическими процессами.

Acknowledgments: The reported study was funded by Russian Ministry of Science (information security), project number 15/2020.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азарова М. Хакеры попытались отравить жителей небольшого города во Флориде // Naked Science — <https://naked-science.ru/article/media/hakery-vzломali-sistemu-vodosnabzheniya> — 2021. — 14 мая.
2. Goodin B. Breached water plant employees used the same TeamViewer password and no firewall // Ars Technica — <https://arstechnica.com/information-technology/2021/02/breached-water-plant-employees-used-the-same-teamviewer-password-and-no-firewall/> — 2021. — 15 мая.

3. Heath B., Timmons H., Cooney. P. SolarWinds hack was 'largest and most sophisticated attack' ever: Microsoft president // Reuters. Media and Telecoms — <https://www.reuters.com/article/us-cyber-solarwinds-microsoft-idUSKBN2AF03R> — 2021. — 15 мая.
4. Приказ ФСТЭК от 25.12.2014 № 239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Информационно-правовой портал Гарант.ру — <https://base.garant.ru/71901880/> — 2021. — 17 мая.
5. Чернов Д.В., Сычугов А.А. Анализ современных требований и проблем обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами // Нейрокомпьютеры. Разработка, применение. М.: Радиотехника, 2018. № 8. С. 38–46.
6. Кузьмина Д.В. Использование диаграмм Эйлера-Венна для решения логических задач // Вестник современных исследований, 2017. № . 6–1. С. 133–135.
7. Ваулина О.Ю. Решение логических задач на основе диаграмм Эйлера-Венна // Вестник современных исследований, 2017. № . 6–1. С. 113–115.

© Чернов Денис Владимирович (cherncib@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тулский Государственный университет

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

THE RELEVANCE OF USING THE THEORY OF FUZZY SETS IN PLANNING THE DEVELOPMENT OF NATURAL GAS FIELDS, TAKING INTO ACCOUNT THE UNCERTAINTY OF THE INITIAL DATA

A. Chuvashov
P. Kozhevnikova

Summary. Improvement of methods for calculating hydrocarbon reserves and expedient methods for the development of natural gas fields is a rather urgent issue at the current stage of development of the oil and gas industry. The need to modernize these methods is dictated by the task of quickly entering the development of hydrocarbon deposits on the basis of an accurate assessment of hydrocarbon reserves in the shortest possible time and with low investment of funds. In a market economy, the production plan cannot be considered strictly specified, therefore, optimal plans are sought that maximize such a criterion as the cumulative production of a group of fields; the approximation-combinatorial calculation method is used in combination with the branch-and-bound method. In addition to the optimal one, methods that are close to it are sought, since this allows performing multicriteria optimization for non-main assessment markers. At this time, work is underway to improve the complex to take into account the fuzziness of the initial data, based on the use of the apparatus of fuzzy sets. And, although there are clear advances in various parts of the problem of developing hydrocarbon deposits in conditions of fuzzy, uncertainty and fuzzy block of information of the initial data, in general the state of its solution is not ideal. For the most part, the reason is that the studies are rather fragmentary and also have little coverage of the problem. Based on this, fundamentally new methods of creating a design complex for the development of oil and gas fields in the aforementioned conditions and current geological and field information are needed. A comprehensive solution in this case is one of the scientific directions for increasing the value of the coefficient of hydrocarbon recovery from reservoir rocks. One of its key advantages is the fact that oil and gas deposits are considered as a whole and, at the same time, their individual components are taken into account. The use of functions of fuzzy sets in the description of objects of development and assessment of methods of influence does not exclude an integrated approach, but, on the contrary, constitutes its initial natural basis.

Keywords: natural gas reserves, fuzzy set, development of gas fields, hydrocarbon deposits, indicators of development of gas fields.

Чувашов Артур Александрович

Аспирант, Ухтинский государственный
технический университет, г. Ухта
sid_artur@mail.ru

Кожевникова Полина Валерьевна

К.т.н., доцент, Ухтинский государственный
технический университет, г. Ухта
pkozhevnikova@ugtu.net

Аннотация. Усовершенствование способов подсчета запасов углеводородов и целесообразных методов разработки месторождений природных газов является достаточно актуальным вопросом на текущем этапе развития нефтегазодобывающей промышленности. Необходимость модернизации данных методов диктуется задачей быстрого ввода в разработку месторождений углеводородов на базе точной оценки запасов углеводородов в кратчайшие сроки и при невысоких вложениях денежных средств. При таких представленных подходах, когда преобладающую роль приобретают процессы коммерческого уклада в экономической составляющей, не поддается точной оценке планы с точки зрения их оптимистичности. Если методология выбрана оптимально, то соответственно потребуется дополнительная оптимизация, которая строится на комплексе факторов с учетом массива маркеров. В настоящее время еще актуально проведение работ по гармонизации комплексных мер, которые будут являться органичной структурой стартовых данных, что базируется на методологии нечеткого массива множеств. И, хотя есть явные достижения по вариативным частям проблемы извлечения углеводородов из месторождений в условиях нечеткости, неопределенности и размытости комплекса информации исходных материалов, в общем прогресс ее решения не является идеальным. По большей части причина заключается в том, что исследования носят довольно фрагментарный характер, а также имеют небольшой охват данной проблемы. Исходя из этого, необходимы принципиально новые методы создания комплекса проектирования разработки месторождений нефти и газа в выше обозначенных условиях и текущих геолого-промысловых данных. Комплексное решение данной проблемы — одно из направлений увеличения числа коэффициента извлечения ископаемых из пород-коллекторов. Одним из его основных достоинств является то, что залежи углеводородов рассматриваются как единое целое и, параллельно с этим, ведется учет и их отдельных составляющих. Применение функций неопределенных множеств при представлении объектов разработки, а также оценки способов влияния не исключает совокупного подхода, а, напротив, составляет его начальную естественную базу.

Ключевые слова: запасы природного газа, нечеткое множество, разработка газовых месторождений, залежь углеводородов, показатели разработки газовых месторождений.

Введение

«План по развитию эффективного способа добычи газа», имеющий в основе имитационную модель комплекса месторождений для проектирования их разработки в Сибири, активно применялся в конце XX века. Другим его типом является — «План моделирования и усовершенствования процесса добычи газа». Современная экономика становится все более нацеленной на коммерцию, ввиду чего план извлечения имеет размытые границы, а это, в свою очередь, обуславливает появление других более-менее приемлемых планов, которые увеличивают критерий аккумулированной добычи комплекса месторождений в наибольшей степени; для полной эффективности пользуются комбинаторно-аппроксимационным методом расчета, варьируя его с другим методом — ветвей и границ. Разрабатываются также и другие методы, по своему функционированию приближенные к данному, т.к. это дает возможность осуществить оптимизацию по всем уровням, даже по дополнительным пунктам, с помощью которых проводится оценка. Специалисты прибегают к новым методам исследований, потому они проводят специальные работы, благодаря которым улучшение комплекса для учета неточности исходных данных проходит на должном уровне, потому в процессе его функционирования специалисты руководствуются комплексом неточных множеств [1].

Осветим чуть более подробно аспект неточности исходных данных. Результаты практической деятельности не раз демонстрировали, что постановки и методы решения определенных задач из всех методов более популярны, однако зачастую в прикладных задачах мы можем иметь дело с такой характеристикой, как неточность.

Когда на практике используют случайный тип неточности, то существует мнение, что неизвестные компоненты, которые стабильны по статистическому маркеру, выступают в качестве случайных величин с исходными законами разверстки. В ситуациях неточности случайного типа мы не имеем никакого права применять базовую статистическую выборку, т.к. количество наблюдений, необходимых для проверки осуществления любого распределительного закона, недостаточно, или же объекты, выбранные для рассмотрения, являются по своей структуре совершенно разнообразными [2].

Не только имитационные, но и те модели, что предназначены для нахождения лучшего решения при соблюдении заранее определенных условий и ограничений, системы [3] указывают на свою полную достоверность, что, следует сказать, не до конца верно; к примеру, не-

сколько характеристик месторождений гораздо уместнее считать адетерминированными: дебиты различных скважин, стоимость газа, различные категории запасов газа, уровень так называемой «полки» (стабильного значения добычи углеводородов), и т.д.

Обоснование возможности применения комплекса нечетких множеств. В большинстве случаев, с целью определения неопределенностей в добывающем деле, используется комплекс стохастического программирования, а также теории вероятностей, но не так давно появились научные труды, главной целью которых было осветить то, насколько оптимально применяются в практической деятельности нечеткие множества [2,4].

Совокупность нечетких множеств обладает авторитетными достоинствами (если сравнивать ее с другими способами учета неточностей:

1. рациональнее всего использовать базовые вероятности для одинаковых случайных событий, для которых применимо определение случайных настроек с заданными распределительными функциями и их вспомогательными компонентами [5]. Однако компоненты неточности с точки зрения экономики и хозяйства в целом не позиционируют себя в качестве статической базы, причем, даже сами объекты зачастую являются исключительными;
2. в ходе рабочего процесса, в котором преобладают нечеткие множества, взаимноисключается большинство различных проблем, которые возникают из-за использования недостаточно достоверных исходных условий:
 - ◆ сущность неточности проявляется конкретно посредством нечеткости;
 - ◆ не нужно тщательно описывать вид и настройки плотностей распределения для комплекса недостаточно достоверных исходных условий (в силу того, что зачастую это просто невозможно выполнить);
 - ◆ в поле зрения специалиста находятся фактические данные о рассеивании численных значений настроек, а не информация, касающаяся неявных оценок (в том числе и вероятностных показателей);
 - ◆ значения величин с разными типами неточности (предположим, данные, значения которых записаны в равноотстоящих друг от друга точках в определенной шкале) выражены более конкретно, благодаря концептуальному языку нечетких множеств;
 - ◆ возможность использования в коммуникационной деятельности различные вербальные понятия (например, «возле», «преимущественно» и пр.), т.к. это существенно упрощает процесс

восприятия для человеческого языка и мышления;

- ♦ отсутствует потребность управления взаимной зависимости начальных параметров, на базовом уровне по большому счету определяющаяся субъективной точкой зрения специалиста.

Использование в практической деятельности аппарата интервальной математики [2] для описания неточностей, а также иных компонентов неточного программирования (не беря во внимание факт положительной скорости вычислительных возможностей) — все это в совокупности являет собой недостаточно точное средство; в основном это взаимосвязано с колебанием в интервале от 100% к 0% вероятности при пересечении интервальной границы. Используя вышеперечисленные принципы в практике решения различных задач разработки комплекса месторождений углеводородов в разных агрегатных состояниях, точным математическим комплексом, благодаря которому данную неточность можно делать формальной, является аппарат нечетких чисел.

Цель исследования

Целью исследования является анализ основных положений теории нечетких множеств, анализ применяемых элементов теории нечетких множеств при оценке прогнозирования запасов углеводородов, анализ возможности применения системной имитации движения категориальных запасов.

Материал и методы исследования

Ключевые аспекты и методы проектирования разработки месторождений углеводородов, представленные в трудах российских и зарубежных ученых, остаются фундаментальными по сей день. Абсолютно любой проект разработки газовых месторождений (РГМ) обязан охватывать вопросы объединения различных данных о залежи (сейсмические исследования, геофизические данные, лабораторная и промышленная информация); необходимы обоснование и отбор геологической базы — имитация залежи для макетирования; должны быть разграничены эксплуатационные объекты; выделены стадии перехода от естественных режимов к базисным способам воздействия; выбраны средства воздействия либо составные комплексы; выбрана сетка расстановки различных типов скважин; рассчитаны производственные и экономические составляющие альтернативных проектов и выбраны целесообразные варианты разработки. Нарращивание положительного опыта выработки залежей в многообразии геологических условий, синтез новейших способов и методов воздействия создавали положительную среду для мо-

дернизации знаний в моделировании разработки месторождений углеводородов, скруплезной проработке некоторых аспектов проектирования.

Понятие «нечеткое множество». Нечёткое множество представляет собой понятие, употребленное впервые ученым Л. Заде в 1965 г. в материале «Fuzzy Sets» в издании «Information and Control», в котором Заде укрупнил базовое описание множества, предположив, что функция принадлежности элемента множеству свободно уместится в значениях интервала [0, 1]. Нечеткое множеством A представляет собой комплекс упорядоченных пар, которые скомпонованы из элементов x универсального множества X и гармонирующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$ [1]:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}, \tag{1}$$

более того, $\mu_A(x)$ — функция принадлежности (характеристическая функция), индицирующая, в какой мере (степени) конкретный элемент x принадлежит множеству A (нечеткому).

Предположим, что A в данном случае — нечёткое множество с компонентами из универсального множества X и множеством функциональных принадлежностей $M=[0,1]$, отсюда, **суппорт (носитель)** множества $suppA$ — это множество

$$\sigma(A) = \{x | x \in X, \mu_A(x) > 0\}. \tag{2}$$

F — множествами общепринято называть комплекс полного ряда подмножеств $F(X)$ всякого множества X , отсюда вытекает — их функциями принадлежности являются F -функции. С целью маркировки F — множеств используют запись следующего вида: $A = \langle \mu_A(x), \sigma(A) \rangle$.

Величина

$$\sup_{x \in X} \mu_A(x)$$

является **высотой нечёткого множества A** . Нечёткое множество A **нормально**, при выполнении условия, что высота данного множества равна 1. В случае, когда высота строго менее 1, нечёткое множество **субнормально**.

Нечёткое множество **пусто** при выполнении условия, что:

$$\forall x \in X: \mu_A(x) = 0. \tag{3}$$

Непустое субнормальное нечёткое множество допускается нормализовать формулой:

$$\mu'_A(x) = \frac{\mu_A(x)}{\sup \mu_A(x)}. \quad (4)$$

Нечёткое множество можно расценивать как **уни-модальное** при том условии, если $\mu_A(x) = 1$ (на одном x из X).

Элементы $x \in X$, для которых $\mu_A(x) = 0.5$ — **точки перехода** множества A (нечеткого).

В случае, когда $A \in F$ и $\alpha \in [0, 1]$, α -уровневым множеством F -множества A является множество

$$\omega_\alpha(A) = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\}. \quad (5)$$

Вычислительные операции, в которых присутствуют нечеткие множества, являются своего рода обобщением для тех операций, которые осуществляются посредством базовых множеств. Все эти вычислительные операции зачастую дробятся на отдельные компоненты с численными значениями функции принадлежности. Наибольшей популярностью пользуются операции пересечения и объединения нечетких множеств, обусловленные такими операциями, как *min* и *max* над численными показателями принадлежности.

Пересечение нечётких множеств A и B представляет собой самое большое нечёткое подмножество, имеющее место одновременно в A и B :

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)). \quad (6)$$

Результат умножения нечётких множеств A и B является нечётким подмножеством, которое обладает функцией принадлежности:

$$\mu_{AB}(x) = \mu_A(x)\mu_B(x). \quad (7)$$

Объединение нечётких множеств A и B — *min* приемлемое нечёткое подмножество, куда входят A или B :

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)). \quad (8)$$

Сумма нечётких множеств A и B представляет собой нечёткое подмножество, которое обладает функцией принадлежности:

$$\mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x). \quad (9)$$

Отрицание множества A является аналогичным множеством \bar{A} , разнящееся тем, что оно включает в себя функцию принадлежности:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ для каждого } x \in X. \quad (10)$$

При выполнении операции дефазификации нечеткого множества нужной функции принадлежности $\mu_A(x)$ сопоставляется конкретное детерминированное число, которое характеризует ее.

При практической реализации нечетких вычислений регулярно используемыми являются нечеткие треугольные числа, т.к. функция принадлежности, которой они обладают, по форме напоминает собой нечто, похожее на треугольник. В случае, когда специалист на гипотетическом уровне может указывать на то, что определенное недостоверное значение может уместиться в значениях $a2$ — $a3$ (оно точно не будет меньше $a1$ и больше $a4$), записать данную гипотезу можно в виде треугольного нечеткого числа $A = \langle a1, a2, a3, a4 \rangle$. В связи с чем треугольное нечеткое число $A = \langle a1, a2, a3 \rangle$ будет представлять пример частного случая треугольного при $a2 = a3$, интервальное $[a1, a3]$ — при $a1 = a2, a3 = a4$, а определенное значение — при $a1 = a2 = a3 = a4$.

Уделим отдельное внимание неточному расширению области детерминированной задачи. Известный математик Лю [4] в своих исследованиях предложил неясное программирование, утверждая следующие виды программирования: нечеткое, неточное и стохастическое. Главная функция и лимитирование у многих видов неточного программирования определяются в виде четкого аналитического вида. При воспроизведении вычислительных операций, связанных с задачами максимизации выгодных характеристик суммарной добычи, предлагается переходить от розыска приемлемого решения (непрерывного случая) к поиску оптимального решения, в частности для дискретного случая. Ввиду отсутствия возможности указания точных данных ключевой функции и лимитирования, придется исключить использование способов неточного варианта программирования. Принимая данные сведения в качестве актуальных, предлагается сохранить базовую схему, диалоговый интерфейс, информационное и программное обеспечения, осуществленные для конкретного варианта, где произведена замена конкретных числовых значений и операции над ними соответствующими нечеткими числами и нечеткой математикой [3,4]. Важно учитывать такие аспекты, как:

- ♦ не все начальные значения следует рассматривать с точки зрения нечеткости;
- ♦ максимизирующие и имитационные средства должны иметь тождественный диалоговый интерфейс, информационное и программное обеспечение.

Петрофизические нечеткие модели расписывают экспериментальные данные в форме функций принадлежности для нечеткого детерминирования между различными

геолого-физическими параметрами. Этот тип моделей не является традиционным, и при их построении возникает необходимость в применении большого массива данных. Однако, несмотря на эти недостатки, петрофизические нечеткие модели несут в себе достаточно высокую степень наглядности, а также дают возможность получать дифференцированный (по степени достоверности) для каждого прогнозного параметра конечный результат. Исходя из изложенного, эти модели дают возможность выполнения контроля за обеспеченностью исходными параметрами и получения оценки реальности полученных геологических имитационных моделей. Это дает достижимость многовариантных построений геолого-технических моделей, отражающих достоверную информацию.

Нечеткие множества как способ представления категорий аккумуляции природного газа.

Вопрос, касающийся точности оценки запасов, до сих пор актуален. Рационально оценить количество необходимых ресурсов природного газа, представленного в виде различных категорий — вот главная проблема в области максимизации разработки комплекса месторождений природного газа.

Системная модель передвижения запасов зависит от категорий. Перед тем, как начать работать с какой-либо категорией, следует уразуметь тот факт, что любая категория является носителем информации, которая дает характеристику определенному уровню знаний запасов природного газа, размещенного в определенном отложении каких-либо природных ископаемых. Рассматривая это с позиции системных или информационных гипотез, становится очевидным факт того, что неточность каких-либо данных точно описывает энтропию. Энтропия ресурсных комплексов и запасов на перманентной базе в процессе движения начинает постепенно уменьшаться от самой низкой категории ресурсов D_2 (опираясь на Классификацию [3]) к самой высокой категории запасов A .

Проведем небольшую мыслительную операцию: разделим имеющееся множество объектов добычи газа M на 9 подмножеств $\{K_j\}, j = 0, 1, 2, \dots, 8$, которые между собой являются параллельными. Элементы всех подмножеств — аккумулярованные объекты с запасами конкретной категории, объем которых показан в виде нечетких множеств. Категория D_2 соответствует подмно-

жеству K_1 , подмножеству $K_2 — D_1, K_3 — C_3, K_4 — C_2, K_5 — C_1, K_6 — B, K_7 — A$. В комплекс $\{K_j\}$ необходимо включить подмножество K_0 (объекты с отсутствием информации о величине запасов), и подмножество K_8 (объекты с полностью извлеченными запасами).

Учитывая, что в ходе разработки вспомогательные блоки информации о запасах в объектах выделяется посредством накопительного эффекта, то можно заключить, что это обуславливает перманентные модификации в разделении множества M . Для более полного представления важно рассматривать данные подмножества $\{K_j\}$ в разные временные промежутки t как изменяющиеся подмножества $\{K_j(t)\}$, которые имеют следующие характеристики:

- ♦ если $a \in K_j(\Phi)$, где $j = 1, 2, \dots, 8$, то при любых $t > \Phi, i < j$ объект $a \notin K_j(t)$;
- ♦ если $a \in K_j(\Phi)$, где $j = 1, 2, \dots, 7$, то существует $t > \Phi$ такое, что объект $a \in K_{j+1}(t)$.

Не следует забывать: чтобы оценить извлекаемые запасы природного газа, зачастую используют объемный способ, также существует его истолкование, гарантирующий учет неточности исходных данных на базе использования нечетких множеств [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Принимая результаты вышеперечисленных исследований в качестве актуальных, применение теории нечетких множеств для оценки геолого-технологических компонентов в ситуации наличия в заданных уравнениях неточно введенных величин предоставляет допустимость получить количественную оценку неопределенности оцениваемых факторов и создает основу для принятия четко обоснованных решений при наличии у эксперта выбора из нескольких моделей.

Заключение

Совокупность нечетких множеств органично встроится в процесс организации тактик разработки комплекса нефтяных и газовых месторождений при условии учета неточности начальных данных, в том числе ресурсы газа широкой категорийности. Для этого следует применять нечеткое расширение области определенных задач, касающихся моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2015. — 352 с.
2. Желтов Ю.В. и др. Разработка и эксплуатация нефтегазоконденсатных месторождений. Москва: Недра, 2013. — 254 с.

3. Скиба А.К., Соломатин А.Н. Моделирование и оптимизация стратегий разработки группы газовых месторождений. М.: ВЦРАН, 2012. — 40 с.
4. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования. М.: БИНОМ, 2013. — 416 с.
5. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. Пер. с франц. — Москва: Радио и связь, 1982. — 432 с.
6. Хачатуров, В.Р. Планирование разработки группы газовых месторождений с учетом неопределенности исходных данных [Электронный ресурс] // Экспозиция Нефть Газ: электрон. науч. журн. 2015. № 2 (41). С. 20–23. URL: <http://runeft.ru> (дата обращения: 19.05.2021)

© Чувашов Артур Александрович (sid_artur@mail.ru), Кожевникова Полина Валерьевна (pkozhevnikova@ugtu.net).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ухтинский государственный технический университет

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ АЛГОРИТМАХ ПРОВЕРКИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСЧЁТА ЯДЕРНОЙ ИЗОНУКЛИДНОЙ ТРАНСМУТАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

MODERN CONCEPT OF ALGORITHMS FOR VERIFICATION OF THE ADEQUACY OF MATHEMATICAL MODELS FOR CALCULATION OF NUCLEAR ISONUCLIDE TRANSMUTATION BASED ON DATA OF A NATURAL EXPERIMENT

V. Shchekoldin

Summary. Problem — The process of nuclear transmutation describes the phenomenon in which the formation of a chemical element occurs from an isotope or other element of the periodic table. Transmutation is a process where the nucleus loses or additionally acquires neutrons or protons. Consequently, one element or isotope is transformed into another, as the number of proton or neutron particles included in the nucleus has changed. The article discusses the results of modern research in the field of nuclear transmutation.

Model. The study was conducted on an extensive methodological basis, where a number of methods are used: analysis, synthesis, generalization, as well as analogy. These methods accurately and in detail allow you to analyze the object of research within the framework of the studied problem.

Conclusions. The scientific search takes place completely independently and different physical processes are accompanied by an unknown effect. As we can see from the course of the experiments shown above, transmutation is a process where the chemical elements are subject to general laws.

The scope of the study/the possibility of subsequent use of the results of scientific work (if applicable) — Differences in the essence of the experimental methods, not always the final formulation of the research process, the variety of forms of interpretation, cannot negate the fact that the results obtained are close.

Practical significance (if applicable) — the results of the study can be applied in the practical activities of scientists and researchers in the field of nuclear transmutation.

Щеколдин Владимир Валерьевич

*Аспирант, Димитровградский инженерно-технологический институт — филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
krutyash.94@gmail.com*

Аннотация. Задача — процесс ядерной трансмутации описывает явление, в ходе которого образование химического элемента происходит из изотопа или другого элемента таблицы Менделеева. Трансмутацией признается процесс, где ядро теряет или дополнительно приобретает нейтроны или протоны. Следовательно, один элемент или изотоп преобразуется в другой, так как изменилось число включенных в ядро протонных или нейтронных частиц.

В статье рассматриваются результаты современных исследований в области ядерной трансмутации.

Модель. Исследование происходило на обширной методологической базе, где используется ряд методов: анализ, синтез, обобщение, а также аналогия. Эти методы точно и детально позволяют анализировать объект исследования в рамках изучаемой проблемы.

Выводы. Научный поиск происходит совершенно независимо и неодинаковые физические процессы сопровождаются неизвестным эффектом. Как видим из хода показанных выше опытов, трансмутация является процессом, где химические элементы подчинены общим закономерностям.

Рамки исследования/возможность последующего использования результатов научной работы (если применимо) — Расхождения в сути методик эксперимента, не всегда окончательной формулировке исследовательского процесса, многообразии форм интерпретации, не могут нивелировать того, что полученные результаты близки.

Практическое значение (если применимо) — Результаты исследования могут быть применены в практической деятельности ученых и исследователей в области ядерной трансмутации.

Оригинальность/ценность. Результаты исследования могут являться основой для дальнейшего анализа научных экспериментов и проведения качественно новых экспериментов в области ядерной трансмутации.

Ключевые слова: ядерная трансмутация, научные эксперименты.

Originality/value — the results of the research can be the basis for further analysis of scientific experiments and for conducting qualitatively new experiments in the field of nuclear transmutation

Keywords: nuclear transmutation, scientific experiments.

Введение

На сегодняшний день вопросы изучения слабоэнергетической или низкотемпературной ядерной трансмутации, являются важным аспектом атомной энергетики. Для углубленного изучения процессов изонуклидной трансмутации с настоящее время применяется множество программ. Они позволяют моделировать процессы ядерных превращений. При моделировании необходимо учитывать адекватность модели, т.е. проверять соответствие модели реальной системе. Результаты расчетов должны быть близки к экспериментальным данным. Актуальным на сегодняшний день является создание специализированных программ для моделирования трансмутации нуклидов. С их помощью возможно автоматическое построение и представление на экране схемы радионуклидных превращений, а также в результате реакций, вызываемых нейтронами. Исследование трансмутации материалов для атомной индустрии позволяет ответить на вопрос о количестве атомов и активности в материале после облучения нейтронами, а также предоставить детальную информацию о способах образования данных нуклидов. Для получения качественных и достоверных данных экспериментов необходима автоматизированная система, дающая возможность автоматическое построение схемы трансмутационных реакций.

Задачу по расчету трансмутаций необходимо решать поэтапно. На первом этапе необходимо определить нуклидный состав образца. На втором этапе определяется энергетический спектр и плотность воздействующего на образец нейтронного потока [9]. На третьем этапе сопоставляются схемы нуклидных превращений в результате реакций ядер с нейтронным потоком и распадов радионуклидов [10]. На четвертом этапе определяются скорости для всех рассматриваемых каналов нуклидных превращений. На пятом этапе решается система дифференциальных уравнений, описывающих трансмутации, для заданных временных интервалов облучения.

История становления исследований в области ядерной трансмутации

Первым ученым, продвинувшимся в данных исследованиях, является И.В. Курчатов [11]. Его работы были посвящены исследованию воздействия электрозарядов на ряд газов: в чистом виде — водород, дейтерий, гелий, аргон и ксенон, и в смесях. Давление на газы в его экспериментах осуществлялось в диапазоне от 0,005 мм рт. ст. до 1 атмосферы. Применялись разрядные трубки прямой формы, их длина варьировалась от считанных сантиметров до 2 метров, диаметр также менялся и мог быть как 5, так и 60 см. Электрозаряды производились с силой 100–2000 кА и менялись со скоростью 1010.1012 А/с. На осциллограммах токов и напряжений имелись изломы. Расшифровка их показывала, что в напряжении имелось два или три участка резкого падения. Это приводило к уменьшению тока. Во время разряда измерялись нейтронный поток и уровень рентгеновского излучения. Курчатов обнаружил, что при разряде в водороде и дейтерии перед вторым участком падения напряжения возникает нейтронный импульс и синхронно с ним жесткое рентгеновское излучение с энергией 300...400 кэВ. В целом, опыты Курчатова можно трактовать как термоядерные превращения легких элементов.

Из наиболее современных исследователей необходимо отметить В.А. Панькова и Б.П. Кузьмина. Для опытов они использовали коаксиальную ячейку с электродами и запитывали всю установку при помощи LC-контура в резонансе 50 Гц, запитываемого от электросети со стандартным напряжением и одной фазой питания. В качестве индуктивности был использован регулятор напряжения однофазный типа РНО-250–5, включенный как регулируемый дроссель.

Возбуждение плазмы происходит при активации электрохимических процессов. При этом плотность тока полностью зависит от используемых при их изготовлении материалов. Для опытов применялся дистиллят

с добавками в виде металлощелочных фторидов и буры. При подаче питания через корпус установки слышны щелчки и виден свет от электроразрядов. Амперметр показывает значения от 3 до 6А в резонансе. Через выходной шланг поступает жидкость черного цвета.

Стандартный цикл образования порошкообразного осадка составляет 10–20 секунд. Однако, при образовании осадка между электродами может произойти замыкание и тогда показатели тока будут колебаться ниже, чем 1А. для получения большего количества выходного материала воду допускается пропускать неоднократно, чтобы из 2 литров жидкости получить до 15 г порошка. Далее существенно посветлевшая жидкость сливается, смесь просушивается и исследуется. Спустя 2 или 3 суток ферромагнитные металлы должны образовать своеобразные сгустки и определяться постоянным магнитом. Таким образом, осуществляется определение на успешность проведенного эксперимента [3].

Порошок проверяется на рентгенанализаторе, ионы меди при этом не подлежали учету, являясь следствием эрозии медных электродов. Дозиметр показал фоновый уровень. Изотопный состав порошка не осуществлялся. Таким образом, можно сделать вывод о стабильности изотопов как исходных, так и образующихся элементов. Уровень проникающих излучений в камеру также подвергался контролю.

Это все основные исследования, которые проводились в области изучения ядерной трансмутации. Наука только недавно получила возможность тщательно проанализировать происходящие при этом процессы и гипотезы относительно процессов рано строить. Перечислить можно только некоторые, как наиболее обоснованные и аргументированные.

Согласно гипотезе А.В. Вачаева и Н.И. Иванова, дейтонногорнометаллургической, в процессе преобразования образуются дейтоны таких элементов, как водород и кислород, а также электроны и нейтрино. При этом по мере расширения установки могут появляться и другие дейтоны, высвобождение же последних четырех электронов приводит к образованию электрического тока. Авторы рассматривают различные варианты ядерной трансформации и обращают внимание на то, что энергетический потенциал исходных элементов по сравнению с остальными в таблице невероятно мал. Сами элементы при запуске процесса становятся нестабильными, однако, при превращении в другие вещества приводят к появлению последних в стабильных изотопах.

Также есть работы, в которых процесс трансмутации рассматривается на основе К-захвата. Данное явление

представляет собой не что иное, как образование нейтронов, когда протон захватывает электрон. Если в процессе энергозатраты были невелики, то в результате образуется вещество с атомной массой, равной исходной пробе. Необходимо только наличие свободных электронов.

Среди разновидностей взаимодействий на атомном уровне электронный захват является тем процессом, где взаимодействие охарактеризовано как слабое. В этом случае частицы взаимодействуют на внутринуклонном уровне, по энергиям ниже ядерных процессов на 2–4 порядка. Трансмутировавший элемент образуется, так как его ядро потеряло частицы, или, наоборот, приобрело дополнительные.

Изучив публикацию В.И. Казбанова, узнаем, как автор описал переход $Al-P \rightarrow Si$ в плане гипотезы и указал, что возникает явление новое и критическое, а ко всем взаимодействующим частицам привлекаются нуклоны, пополняя кооперацию слагаемых. Нуклоны, попадая в вещество, захватываются атомами, этот процесс идет одновременно, и напрямую провоцирует превращения изотопа или элемента. Поскольку механизмы не расписаны и не разъяснены, то предположение фактически ничего не дает. Однако, авторы полагают объединенное и согласованное осуществление перехода жидкого раствора в твердое состояние доказанным.

В исследовании Уручкоева как основополагающая предложена гипотеза о том, что катализ имеет природу магнитно-нуклонную, а в плазменном канале образуется магнитное монополе. Его заряд очень велик, без затруднений разрушается барьер Кулона, а частица захватывается и связывается атомным ядром. Признаем, что предположение носит характер общего, и не раскрывает, как именно возникают отдельные элементы.

Гипотеза Ф.А. Гареева также может считаться перспективной и имеющей право на существование. Она заключается в объяснении низкотемпературной трансмутации через принципы резонансной синхронизации и резонансного туннелирования. Исследования в этом направлении уже проводятся.

Совместное представление результатов работ разных авторов доказывает возможность существования такого явления, как низкотемпературное преобразование элементов и возможность получения в результате проводимых исследований электроэнергии.

При этом способы необходимо оценить половину потенциала, применимости, что приведем ниже. Заслуживает перед наукой Б.В. Болотова является импульсный метод, использовать который приемлемо, если

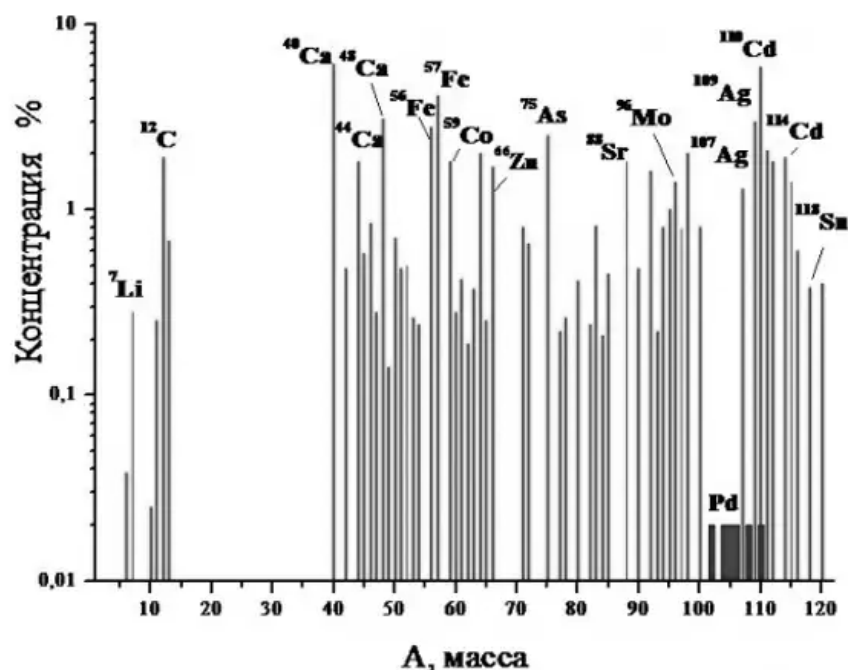


Рис. 1. Примеси «новых» нуклидов, нарабатанные в Pd-катоде в тлеющем разряде дейтерия. Для ориентации изотопы палладия выделены синими линиями, без их относительного содержания

исходный состав находится в расплавленном состоянии. Работать по способу А.В. Вачаева допустимо, если исследователь изучает жидкодисперсную среду, здесь процессы протекают непрерывно, и это нужно признать преимуществом. Удары импульсом с интервалами в наносекунду используются для разнообразных составов, расплавленных или растворенных, а метод является относительно простым. Не менее простой способ предложил В.И. Казбанов: тут применяется электроискровое воздействие, из-за чего ожидается, что методика будет широко распространена. Жидкая дисперсная среда, объем которой незначителен, не может выдержать ядерную трансмутацию, если воспользоваться методикой Л.И. Уруцкого, предлагающего электровзрывное воздействие.

В целом обоснования носят характер гипотез. При этом уже существуют разработки для получения энергии путем применения низкой энергозатратной технологии для трансмутации элементов. Исследования продолжают проводиться во всем мире, для подтверждения или опровержения гипотез [1].

Современные научные эксперименты в области ядерной трансмутации

В порядке эксперимента предпринимались попытки добиться того, чтобы палладий трансмутировал, а так-

же были использованы катоды из других металлов (Ti, Ag, Nb и др.), на которые подавался тлеющий разряд.

Базой экспериментатора стало НИИ НПО «Луч» в городе Подольске. Для работы предоставлена установка, где в камере рабочий газ сжат давлением 300–1000 Па, а разряд подавался на анод и катод. Подбирая рабочий газ, остановились на водороде, дейтерии, аргоне, ксеноне, а также использовали смеси в различных пропорциях. Подавая тлеющий разряд, использовали ток плотностью 10–50 мА/см², при этом напряжение горения достигало 500–1400 В. Согласно плану длительность эксперимента была продолжительной и охватывала в отдельных случаях до 120 часов. Чтобы изготовить катод, использовали фольгу толщиной 100 микрометров из предназначенного к трансмутации металла.

После эксперимента катоды брались на образцы, чтобы выявить примеси. Образцы анализировались различными методами на масс-спектрометрической установке: по методу искровому, вторично-ионному, а также вторично-нейтронному. Применена установка для рентгеноспектрального анализа по методу микрозондирования [11].

Каждый катод изучался на содержание элементов, для чего анализировался состав приповерхностного слоя не глубже 100 нм.

Заявить о разнице по примесям разрешено в случае, если после опыта регистрировалась примесь нуклидов, «новых», «наработанных».

По примесным нуклидам выход достиг максимума после подачи тлеющего разряда на фольгу палладия (катод) в дейтериевой рабочей среде (102,104–106,108,110Pd). Как основные нуклиды в данном случае при условии превышения 1% по содержанию выявлены ^7Li , ^{12}C , ^{15}N , ^{20}Ne , ^{29}Si , $^{44,48}\text{Ca}$, $^{56,57}\text{Fe}$, ^{59}Co , $^{64,66}\text{Zn}$, ^{75}As , $^{107,109}\text{Ag}$, $^{110-112,114}\text{Cd}$, ^{115}In .

Визуализируем на рисунке 1 нуклиды, примесь которых стала результатом наработки на катоде из Pd, облученного в дейтериевой среде за 22 часа эксперимента с разрядом силой 50 мА. При подсчете для нуклидов абсолютного количества атомов зарегистрировано значение не выше 1017. При этом облучение продолжалось не дольше 2×10^4 сек. Исследуя результаты опыта катодов из Li, B, C, Ca, Ti, Fe, Ni, Ga, Ge, зафиксировано, что изотопы, присутствующие в естественном образце по соотношению от полученного трансмутацией показывали даже десятикратные расхождения. Так, динамику отношения $^{57}\text{Fe}/^{56}\text{Fe}$ отразил диапазон 25–50 раз, но в естественном образце соотношение ориентировочно имеет вид $^{57}\text{Fe}/^{56}\text{Fe} = 0,024$. Нередко основные изотопы выпадают, что видим в ряду: ^{58}Ni , $^{70,73,74}\text{Ge}$, $^{113,116}\text{Cd}$. Катоды из Pd подверглись изменениям по пропорции природных изотопов.

Работу установки и горение разряда, а также период выключения сопровождали контролем Ge(Li)-детекторе, чтобы регистрировать поток гамма-излучения. Зафиксированы энергии порядка 0,1–3,0 МэВ. Временные характеристики процессов трансмутации нуклидов в реакторе обусловлены скоростями, происходящих при этом ядерных реакций и радиоактивных распадов. В основу алгоритма расчёта трансмутации информационной системы положен расчёт превращений нуклидов.

В описываемой информационной системе рассматривается предположение о том, что ветвления в схеме превращений нуклидов в процессе трансмутации происходят независимо друг от друга. Данное предположение позволяет использовать схему превращения нуклидов для выделения линейных цепочек и затем производить расчёт параметров трансмутации. В основе использования схемы превращений нуклидов лежит то обстоятельство, что с математической точки зрения данная схема представляет составляющую цепочку нуклидов, соединяющихся взаимными превращениями нуклидов в процессе трансмутации. Так же программа имеет в своём составе достаточно емкий набор современных методов моделирования и использует самые

аутентичные и полные ядерные данные для взаимодействия нейтронов и заряженных частиц. Программа полностью обрабатывает все ядерные данные ENDF-6, включая полные данные TENDL с полными файлами ковариаций. Коды включают в себя факторы самоэкранирования, имеют широкую температурную зависимость, наработку нуклидов-продуктов на мишени тонкого/толстого слоя, надёжный анализ цепочек превращений нуклидов, чувствительность Монте-Карло и количественное определение неопределённости и распространение неопределённости с использованием полных ковариационных данных.

Программа имеет самое новейшее поколение кодов обработки PREPRO, NJOY и CALENDF, которые используются для предоставления пользователю самых сложных ядерных данных о падающих частицах из TENDL-2017, HEIR-0.1, ENDF/B.VIII.0, JEFF-3.3, JENDL-4.0, а также международные библиотеки CENDL-3.1, которые дополняются последними данными о распаде и выходе продуктов деления, включая самые последние данные GEFY-6.1. Информационная система способна удовлетворить потребности многих ядерных приложений, включая: активацию, трансмутацию, обеднение, выгорание, распады, определение источника, полную инвентаризацию, дра, керма, спектры первичного повреждения (РКА), производство газа / радионуклидов и многое другое [7]. Она применима для: магнитно-инерционного термоядерного синтеза; реакторов поколения IV (Gen IV) и выше, которые характеризуются повышенным уровнем безопасности, устойчивостью, эффективностью и приемлемой стоимостью; передовых энергетических и топливных систем; физики высоких энергий и ускорителей; медицинского применения, производства изотопов; исследований Земли, астрофизики; национальной безопасности и многого другого.

Анализируя показания гамма-спектров, получили доказательства того, что распад β -радиоактивной цепочки начинается ядра, в котором нейтроны представлены в избытке, если масса такого потенциально излучателя колеблется в пределах $A=16$ до $A=136$. При этом доминировали не изотопы со свойствами радиоактивности, а стабильные, превышая первые до 1012–1013 раз. Процесс трансмутации сопровождался фиксацией треков на пластиковых детекторах CR-39. Выявлены протоны (несли до 3 МэВ) а также α -частицы (несли до 14 МэВ), поле детектора покрыто треками с интенсивностью $10-15 \text{ c}^{-1} \times \text{см}^2$. Также удалось зарегистрировать неизвестные науке частицы, трек которых зафиксирован в фотоэмульсиях (рентгеновская и ядерная). При этом путь трека измерялся в порядке миллиметровом [2].

Странность треков состояла в непривычной форме и ее разнообразии. Частицы оставили следы прерыви-

сто по прямой и кривой линии, некоторые ложились спиралью, формировали на детекторе пятна (овальные, почти как окружность или подковообразные). Частицы-незнакомцы были названы трассерами, а одно из удивительных свойств состояло в возможности перемещаться внутри кристаллической решетки металла. При этом частицы покидали металл, меняя структурно и качественно, а треки напоминали следы, оставленные на фотоэмульсии.

Отдельным направлением эксперимента стало изучение рентгеновского излучения (РИ) на предмет эмиссии, регистрируемое по Pd-катоде, где сила тока тлеющего разряда достигала 150 мА, а рабочей средой подбирали дейтериевую и водородную, а также допускалось производство тепловой мощности с избыточностью. При регистрации РИ нес энергию порядка 1,5–2 кэВ, тогда как интенсивность достигала 100 Р/сек.

При этом РИ обладало в нескольких режимах:

1. диффузное — микропучок узко направлен;
2. сверхмощная — замеры вышедшего из катода микропучка, задержанного на расстоянии 200 мм, показали диаметр 10–20 мкм, при этом пучок расходился незначительно, на что указывает значение угловой расходимости 10^{-4} .

Микропучки по проникающей способности сплошных металлических сред продемонстрировали аномально высокие значения. Стационарная мощность сверхмощной генерации РИ оценивается до 10 Вт при стационарной электрической мощности разряда 50 Вт.

Замеры уровня избыточной мощности проводились калориметрически (водным проточным методом). Система измерений построена таким образом, чтобы держать под контролем ввод мощности электротока и учитывать отвод тепловой мощности, замеряя охлаждающую воду. Точность замеров примем равной $\pm 0,5$ Вт, если подана электрическая мощность максимум 120 Вт (в абсолютном значении). При этом отдельные эксперименты проводились с избыточностью тепловой мощности порядка несколько десятков Ватт, тогда как полный КПД доходил к 150% [6].

Эксперименты по плавке циркония в вакууме электронным пучком

Публикация М.И. Солина рассказывает о работе экспериментатора, плавившего цирконий в слитках подачей электронного пучка. При этом использованы как опытное оборудование вакуумные печи, стандартно применяющиеся в промышленности, а нагрев слитка обеспечивал пучок электронов. Электронная

пушка работала с ускоряющим напряжением 30 кэВ. Характеризуя мощность, плотность которой подведена к циркониевому слитку (в точке жидкой ванны), исследователь указал величину 0,38–0,4 кВт/см². При этом зарегистрированы отдельные феномены, отмеченные при плавке циркония электронным пучком в вакууме [8]. Так, расплав показал интенсивность колебательных динамических процессов, а также возникали примеси, посторонние для циркония как исходного элемента слитка до плавки.

М.И. Солин указал, что слитки циркония после процесса плавки характеризует наличие микроструктур, поименованных исследователем продуктами-самородками. При изучении элементного состава выявлены отличия от исходно пущенного в плавку материала.

Проиллюстрируем на рисунке 2а заготовку циркония до переплавки по характерному спектру масс, тогда как рисунок 2б иллюстрирует спектр-массовые характеристики самородка как продукта плавки в циркониевом слитке. Самородок состоит из таких элементов как Li, Be, B, Ba. При этом найдены редкоземельные элементы из ряда металлов, отсутствие которых установлено в слитке до плавки. Самородок как продукт плавки содержит в 2–3 раза выше примесей Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe (на уровне 2–45 массовых процентов по отдельным экземплярам самородков). Оже-спектроскопически и рентгеноспектрально определено, что самородок по составу также богат углеродом, азотом и кислородом [4].

После плавки слитка циркония самородки видны с момента застывания и оценены дефектами слитка, заметными в основной массе. Такой дефект имеет вид канала, длинного и полого, похожего на трубку, но конфигурированного не однотипно. М.И. Солин описал, что самородки выглядят как образования, смыкаются и переходят одно в другое, по форме напоминают синусоиду, прямую, спираль, а также всегда пустотелые. Внешнее сходство самородков и треков трассеров явное, фактически накладываются как проекция (последние сняты с эмульсий и шлифа металлических пластин).

Экспериментатор отметил, что цирконий плавится с неодинаковой скоростью: пучок электронов подведен со стабильной мощностью, но плавление ускоряется до 6–8 раз, тогда как отдельные режимы при разогреве слитка показали ускорение перехода циркония в жидкое состояние до 50 раз. Исследователь зафиксировал выброс энергии, расплавляя слиток. При этом регистрация аномалий указывает на зависимость от массы плавящегося слитка. Исследователь признал данный параметр критическим.

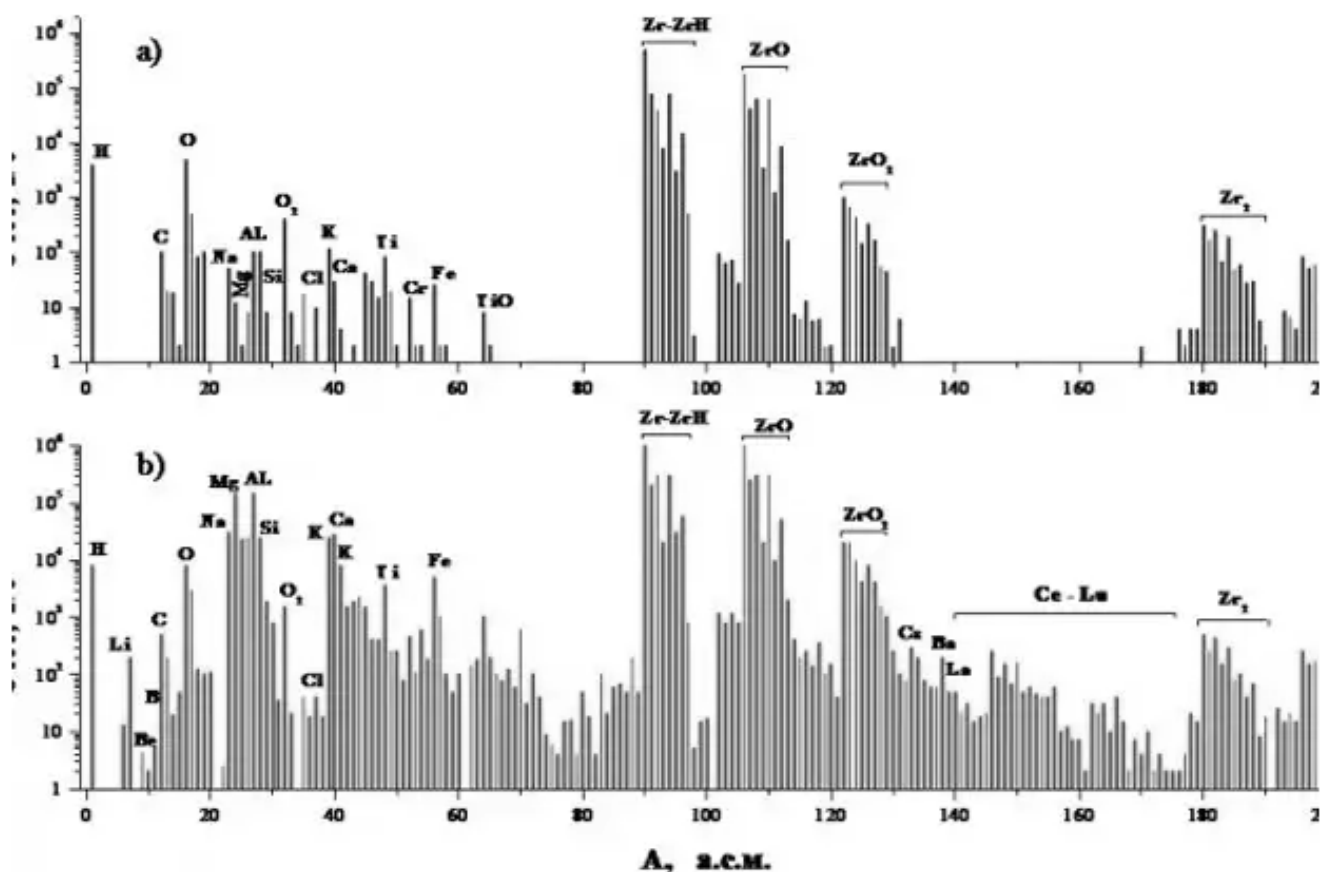


Рис. 2. а) массовый спектр слитка циркония до электронной плавки, б) массовый спектр продукта саморodka

Трансмутация элементов в электроразряде в жидких средах

Исследование электроразряда как способа получить трансмутировавшие элементы в жидких средах предприняты в Магнитогорске на кафедре Государственного технического университета. Экспериментаторы остановились на методе А.В. Вачаева — Н.И. Иванова.

Для работы собрана установка, где два электрода (трубчатые, использован различный внутренний диаметр 6–50 мм) смонтированы так, чтобы соблюдался зазор 1–1,5 от использованного в опыте диаметра. В полости электрода течет жидкая среда, из-за чего сила мощного электрического разряда от дополнительных электродов генерирует плазму. Полость катушки вмещает и электроды, и плазму, и в ней создается магнитное поле. Импульсный разряд инициирует плазму в первую очередь в трубчатых электродах, лежащих как перпендикуляр к текущей в струе жидкости, а затем распространяется в межэлектродное пространство.

Здесь плазма лежит как многомерная фигура, проявляет свойства электропроводности, и конфигурирована как гиперboloид вращения, диаметр пережима которого достигает 0,1–0,2 мм. Возникший разряд не дает шума, теплота практически не выделяется, также, как и невелик газовой фазы. На трубчатые электроды подавался ток 0,1–100 А, но в основной части опытов использовался ток силой в 20–40 А.

Продуктом работающей установки являются трансмутировавшие элементы, преобразованные в ходе устойчиво происходящего процесса из исходно загруженного материала, при этом продукты как элементы имеют различные агрегатные состояния: газ, раствор или выпадают в осадок твердым веществом. При монтаже нескольких пар трубчатых электродов в одной камере процесс становился более эффективным. При этом для пикового выхода осадка как продукта трансмутации получен с током жидкости со скоростью 0,55 м/с.

Экспериментатор использовал как исходные множество жидких сред: вода (после дистилляции, из реки, из городского водопровода), растворы ми-

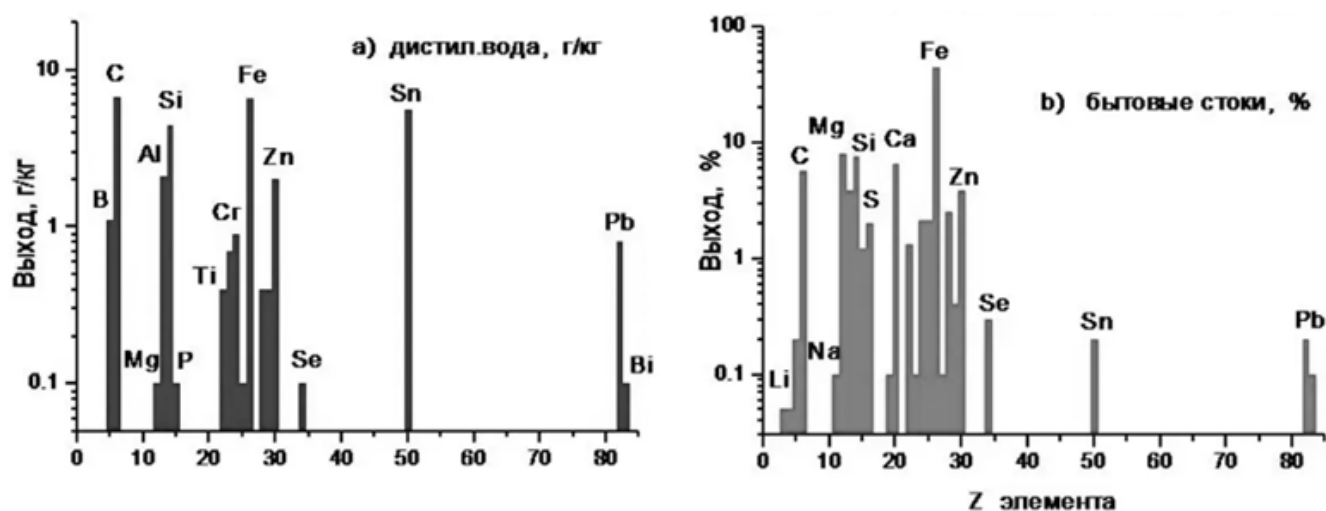


Рис. 3. Выход элементов для случаев обработки в электроразряде дистиллированной воды и бытовых стоков.

неральных соединений, стоки промышленных предприятий и бытовые, смеси с органикой и фракциями нефти. Исследование шло исключительно в режиме «металлургическом», чтобы до максимума поднять выход осадка (твердая фаза), ориентируясь на средний показатель 300 г/л. Проанализировать образцы фазы по химическому составу доверено независимым лабораториям.

Покажем на рисунке 3 результаты продукта трансмутации, где из потока дистиллированной воды и сточной воды бытового происхождения получены посторонние элементы (на рис. 3а и 3б соответственно).

Особенно важно, что установка при разработке проектировалась с целью практического применения из-за того, что выход является действительно промышленным, а процесс трансмутации производит продукт, масса которого за достаточно короткий период достигает нескольких центнеров [5].

Заключение

Таким образом, можно с достаточной определенностью сказать, что, знакомство с вопросом ядерной

трансмутации позволяет указать на удивительную закономерность: научный поиск происходит совершенно независимо и неодинаковые физические процессы сопровождаются неизвестным эффектом. Однако расхождения в сути методик эксперимента, не всегда окончательной формулировке исследовательского процесса, многообразии форм интерпретации, не могут нивелировать того, что полученные результаты близки. Как видим из хода показанных выше опытов, трансмутация является процессом, где химические элементы подчинены общим закономерностям [12].

Следует отметить, что применяемая программа полностью обрабатывает все ядерные данные платформа моделирования для исследований в области ядерных наук и технологий. Она помимо аналитического решения дифференциальных уравнений рассматривают способы нуклидных превращений в виде цепочек древовидного типа, в которых линейные цепочки происходят независимо друг от друга, либо элементарно просчитывают экспоненциальные нуклидные накопления методом перечисления, пренебрегая теми реакциями, которые не вписываются в линейные цепочки. Таким методом решения присущи большие методические погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий В.И., А.А. Корнилова, «Ядерный синтез и трансмутация изотопов в биологических системах», М., Мир, 2003
2. Карабут А.В., Материалы 7-й Российской конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов (РКХТЯ), М.2000, с. 27–35
3. Нестерович А.В., Б.У. Родионов, И.Б. Савватимова, Материалы 8-й Российской конф. по холодной трансмутации ядер химических элементов, М.2001, с. 211–215
4. Уруцкоев Л.И., В.И. Ликсонов, В.Г. Циноев. Прикладная физика, 2000, № 4, с 83–100 L.I. Urutskoev, V.I. Liksonov, V.G. Tsinoev, Annalesde laFondationLouis deBroglie, Vol. 27, N° 4, 2002, pp. 701–726

5. V.D.Kuznetsov, G.V. Mishinsky, F.M. Penkov, V.I. Arbuzov, V.I. Zhemениk, Annalesde la Fondation Louis de Broglie, Vol. 28, N° 2, 2003, pp.173–214
6. Шоринов И.Д. Сафрыгин Д.Ф. Метод расчета изменения изотопного состава ФЭИ-1225. Обнинск: ФЭИ, 1982. — 14 с.
7. Догов А.А. Справочно-информационная интерактивная система моделирования и визуализации ядерных превращений — Nuclear Evolution Software АО ИК «АСЭ».
8. Шабалин Е.П. и др. Спектр и плотность потока нейтронов в облучательном канале пучка № 3 реактора ИБР-2. Объединенный институт ядерных исследований. Дубна.
9. Белозерова А.Р., Мельников Б.Ф. Подход к математическому моделированию трансмутационных процессов в ядерных энергетических установках. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион.
10. Курчатов И.В. О возможности осуществления термоядерных реакций в электрическом разряде // Атомная энергия. 1956. Вып. 3. С. 65–75.
11. Мышинский Г.В. Научная статья. Безулоновские ядерные реакции трансатомов. Энергия звезд и нуклеосинтез // Объединенный институт ядерных исследований, <http://www.jinr.ru/> Дубна 141980, Московская область, Российская Федерация/
12. Родиченков Ю.Ф. Научная статья. Трансмутация как аналогия творения в контексте алхимической космогонии. // Журнал «Приволжский научный вестник».

© Щеколдин Владимир Валерьевич (krutyash.94@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Димитровград

DOI 10.37882/2223–2966.2021.07.41

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ WAVE-ВЕЙВЛЕТА

DIGITAL SIGNAL PROCESSING
WITH WAVE-WAVELET**A. Shchukin**
A. Pavlov

Summary. When a radar system receives a signal from a long distance, it may be difficult to determine the number and angular location of the observed targets. The article presents a method of solving this problem using wavelet transform.

Keywords: wavelet transform, computer modeling, super-resolution, target search.

Щукин Андрей Алексеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский
технологический университет»
56732168@mail.ru

Павлов Александр Евгеньевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский
технологический университет»
epifan.captain@mail.ru

Аннотация. При получении сигнала радарной системой с большого расстояния могут возникнуть затруднения в определении количества и углового расположения наблюдаемых целей. В статье представлен метод решения данной проблемы с помощью вейвлет-преобразования.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, компьютерное моделирование, сверхразрешение, поиск целей.

Введение

Разрешающая способность относится к важнейшим тактическим показателям радиолокационной системы (РЛС). Она характеризует возможности РЛС по раздельному радиолокационному наблюдению целей с близкими параметрами.

Разрешающая способность определяет способность оптической системы изображать раздельно два близко расположенных точечных предмета. Угловая разрешающая способность — это минимальное угловое расстояние между двумя точками, при котором их изображение отличимо от изображения одной точки.

Согласно критерию Рэля, изображения двух близлежащих одинаковых точечных источников или двух близлежащих спектральных линий с равными интенсивностями и одинаковыми симметричными контурами разрешимы (разделены для восприятия), если центральный максимум дифракционной картины от одного источника совпадает с первым минимумом дифракционной картины от другого.

При выполнении критерия Рэля интенсивность «провала» между максимумами составляет приблизительно 80% интенсивности в максимуме, что является

достаточным для разрешения. Если критерий Рэля нарушен, то они сливаются [1].

Разрешение по Рэлю показано на рисунке 1. Сплошной линией показаны два исходных сигнала, пунктиром — их сумма.

В статье представлен метод цифровой обработки сигналов, с помощью которого возможно раздельное распознавание целей, неразрешимых по критерию Рэля.

Методы,
используемые в исследовании

Необходимо задать цель так, как она условно выглядит в «действительности», у которой алгоритм будет определять угловое разрешение. Для этого задается синусоидальная функция (1),

$$I(a) := \text{if}(|a| < 0.2, 100 \cdot \sin(19.5 \cdot a)^{80}, 0) \quad (1)$$

где a — угол в радианах [2]. На всех последующих рисунках и графиках по оси абсцисс указан угол в радианах, по оси ординат — амплитуда в децибелах. На рисунке 2 показано графическое отображение заданных целей.

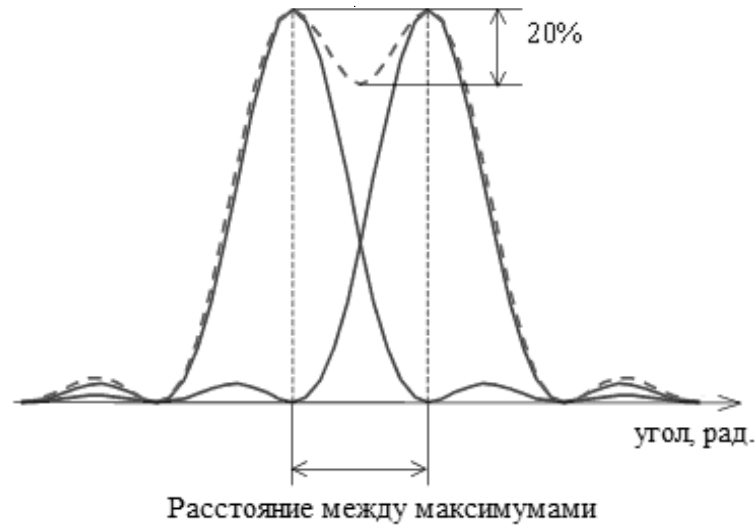


Рис. 1. Разрешение по Рэлею

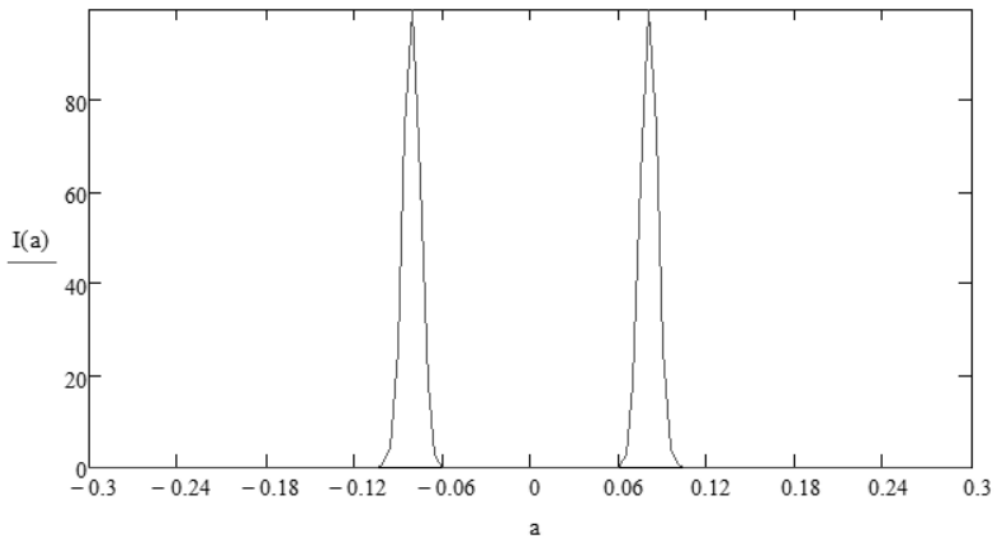


Рис. 2. Графическое отображение заданных целей

Далее моделируется, в каком виде радар получит отображение этих целей. Для этого используется линейное интегральное уравнение Фредгольма первого рода типа свертки. В качестве ядра уравнения используется функция (2),

$$f(a-x) := \sum_{n=0}^{2M} \exp[-i \cdot 2\pi \cdot d \cdot (n-M) \cdot (\sin(a) - \sin(x))] \quad (2)$$

где $f(a)$ — диаграмма направленности системы измерения, сфокусированная в направлении x .

Функция (2) является упрощенной математической моделью угломерной системы, представляющей собой антенную решетку, состоящую из $2M+1$ элементов с расстоянием d между соседними излучателями.

В качестве оператора для линейного интегрального уравнения Фредгольма использована функция (1), с помощью которой задается реальное расположение целей. Получившееся линейное интегральное уравнение Фредгольма имеет вид (3) [3, 4, 5].

$$u(a) := \int_{-0.18}^{0.18} f(a-x) \cdot I(x) dx \quad (3)$$

Графическое отображение углового расположения целей, полученное радаром, изображено на рисунке 3. Так же стоит отметить, что максимальное значение полученного сигнала составляет ~ 16.7 , а в локальном минимуме, расположенном между целями, ~ 14.5 , что

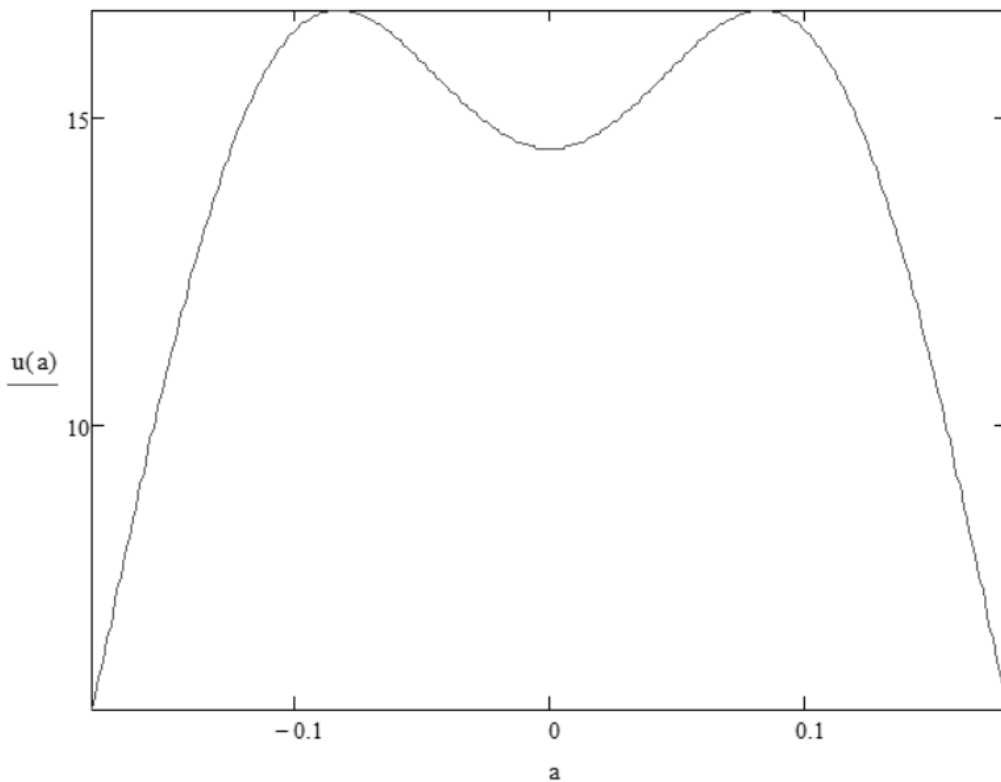


Рис. 3. Графическое отображение углового расположения целей, полученное радаром

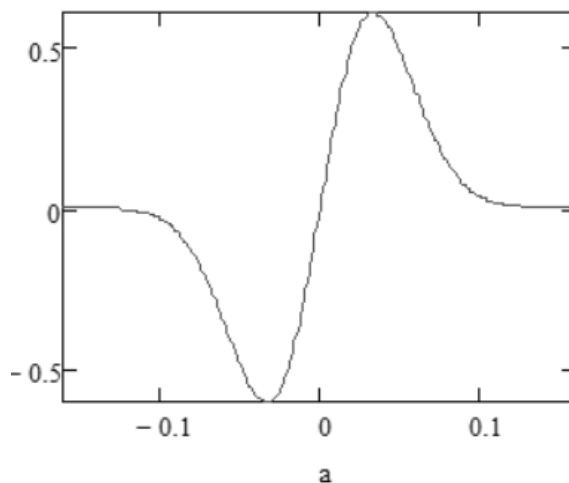


Рис. 4. Wave-вейвлет

составляет ~86%, из чего можно сделать вывод, что полученный сигнал не разрешается по критерию Рэля, а значит, полученная модель годится для оценки работоспособности алгоритма.

Данная задача решается путём параметризации — вместо неизвестных нам целей $I(x)$ в формулу (3) подставляется некая система функций вида

$$\sum_{i=1}^n a_i \cdot f_i(x),$$

где a_i — неизвестные коэффициенты, $f_i(x)$ — функции, задаваемые пользователем. Далее решается система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) — подбираются такие коэффициенты a_i , чтобы полученная

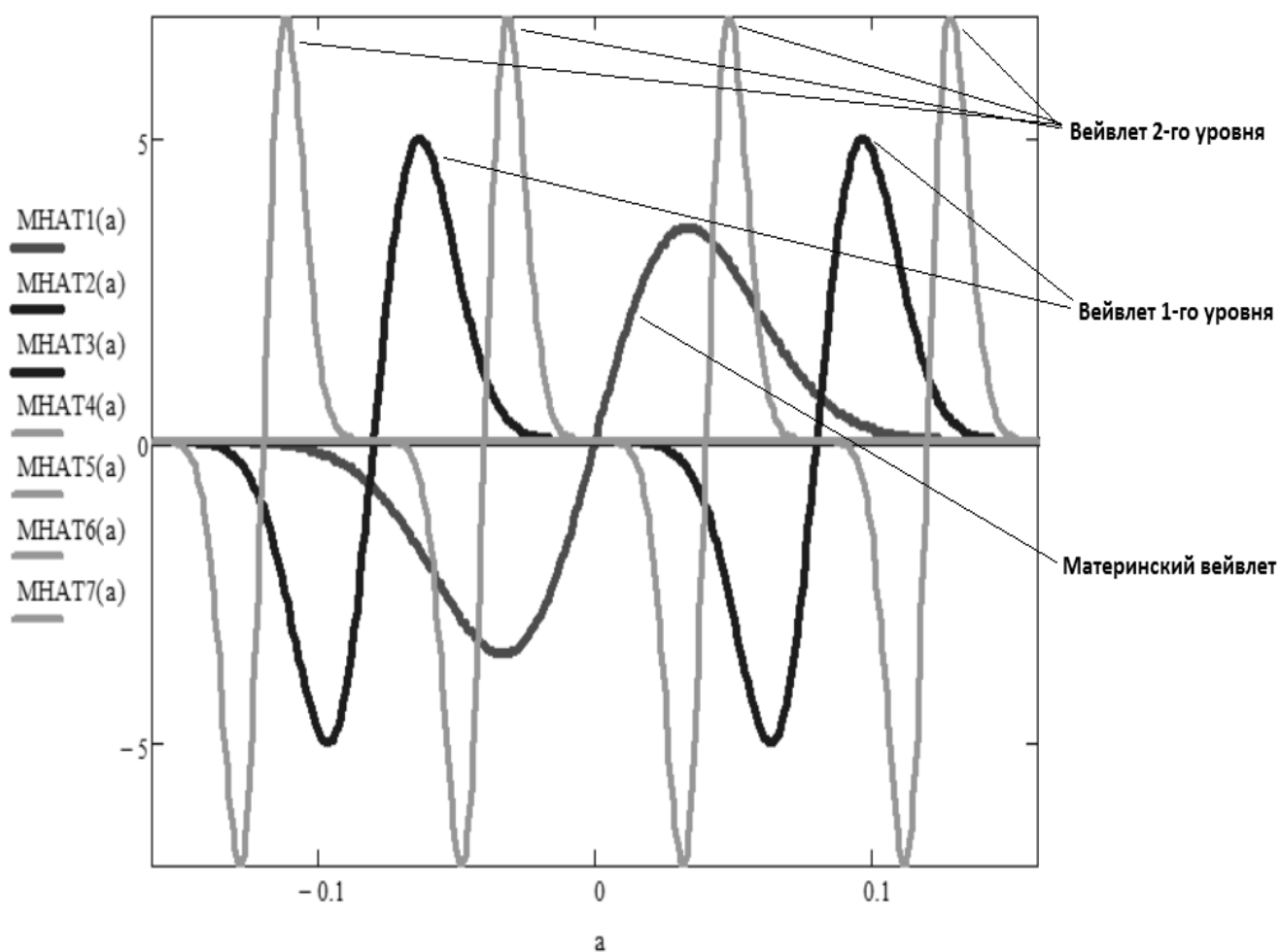


Рис. 5. Система wave-вейвлетов

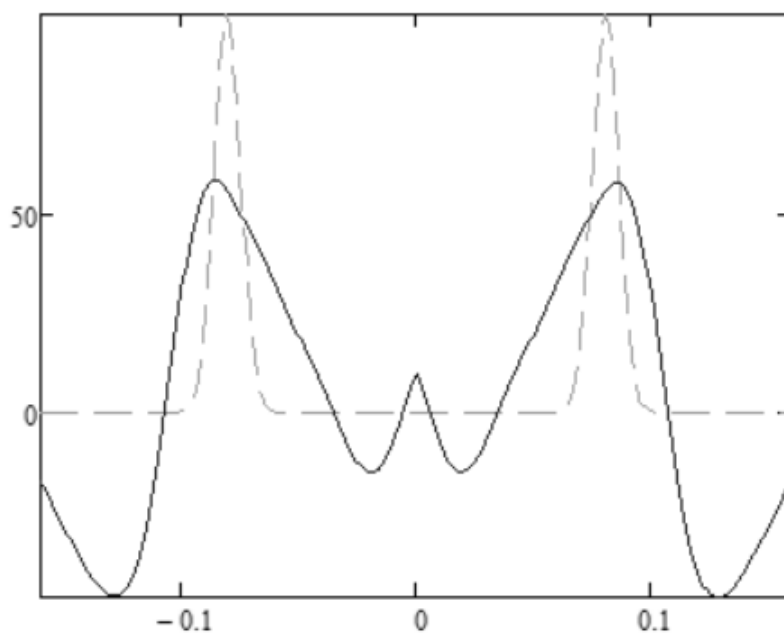


Рис. 6. Решение для системы wave-вейвлетов с использованием вейвлетов 1-го уровня

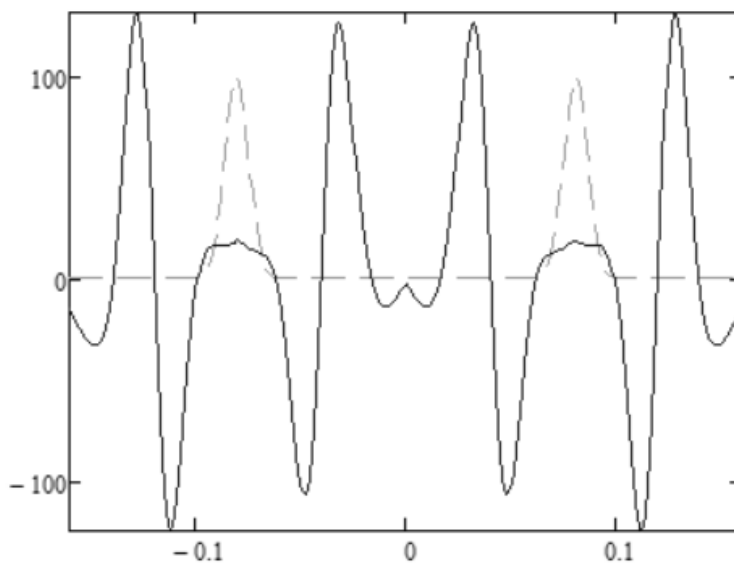


Рис. 7. Решение для системы wave-вейвлетов с использованием вейвлетов 1-го и 2-го уровня

функция была максимально приближена к исходной функции (3).

Для проверки работоспособности алгоритма и поиска исходных целей используется система wave-вейвлетов (4).

$$WHAT(a) := (W \cdot a) \cdot \exp\left(\frac{-W^2 \cdot a^2}{2}\right) \quad (4)$$

Wave-вейвлет изображен на рисунке 4.

Чтобы к данным, полученным радаром, можно было применить вейвлет-преобразование, необходимо нормировать материнский вейвлет (5).

$$INTF := \sqrt{\int_{-0.16}^{0.16} (WHAT(a))^2 da}$$

$$NF(a) := \frac{WHAT(a)}{INTF} \quad (5)$$

На основе нормированного материнского вейвлета строится система дочерних вейвлетов. Для этого к функции материнского вейвлета подставляются различные коэффициенты, для изменения графика до нужных параметров. В данном случае дочерние вейвлеты каждого следующего уровня в два раза уже и в $\sqrt{2}$ выше вейвлетов предыдущего уровня.

Таким образом построены три уровня Wave-вейвлетов.

На рисунке 5 изображена система Wave-вейвлетов.

Решение для системы wave-вейвлетов с использованием вейвлетов 1-го уровня, полученное в результате численного эксперимента, изображено на рисунке 6. Пунктирной линией обозначено истинное расположение целей, сплошной линией — найденное решение. В результате расчётов цели определены верно, амплитуда близка к «реальной», угловое разрешение почти не отличается от «реального».

Решение для системы wave-вейвлетов с использованием вейвлетов 1-го и 2-го уровня изображено на рисунке 7. Цели обнаружены неверно, вместо двух целей алгоритм показывает четыре, найденная амплитуда сильно превышает «реальную».

Заключение

Из проведенного численного эксперимента можно сделать вывод, что представленный алгоритм в некоторых случаях пригоден для получения сверхразрешения и преодоления критерия Рэля. Было выявлено, что из рассмотренных методов, наилучшим образом себя показал алгоритм обработки с использованием системы из трёх wave-вейвлетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И., Курс физики. — Издание седьмое, стереотипное. — М.: Высшая школа, 2003. — 541 с.
2. Лаговский Б.А., Чердынцев В.В., Прикладное программное обеспечение, Москва, МИРЭА, 2010. — 20 с.

3. Лаговский Б.А., Самохин А.Б. — Устойчивость алгебраических методов восстановления изображений источников с повышенным угловым разрешением. // Электромагнитные волны и электронные системы. — 2011, № 4, т. 16, с. 6–12.
4. Лаговский Б.А., Самохин А.Б., Самохина А.С. — Формирование изображений радиолокационных целей со сверхразрешением алгебраическими методами. // Успехи современной радиоэлектроники. — 2014, № 8, с. 23–27.
5. Лаговский Б.А., Чикина А.Г. Регрессионные методы получения сверхразрешения для групповой цели. // Успехи современной радиоэлектроники. — 2020, № 1, с. 69–76.

© Шукин Андрей Алексеевич (56732168@mail.ru), Павлов Александр Евгеньевич (epifan.captain@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ РЕЗЕКЦИЙ ЖЕЛУДКА И ГАСТРЭКТОМИЙ ПРИ РАКЕ

IMMEDIATE RESULTS OF LAPAROSCOPIC PARTIAL AND TOTAL GASTRECTOMIES IN CANCER

**A. Allakhverdyan
A. Anipchenko
N. Anipchenko
D. Tulsikh**

Summary. In 2014–2021, 166 patients were treated for stomach cancer. A total of 149 (89.8%) resection operations of various volumes were performed. In the remaining cases, palliative and diagnostic operations were performed. Moreover, out of 40.0% (63/166) of patients who had videoendoscopic access during the operation, 92.1% (58/63) had resection operations. And with traditional “open” access — in 84.5% (79/93).

Laparoscopic access was performed for 21 gastrectomies and 28 distal subtotal resections of the stomach. Laparotomic access — 29 gastrectomies and 30 distal subtotal resections. The number of postoperative complications did not differ significantly. However, laparoscopic operations were more effective in terms of resection efficiency and the average number of removed regional lymph nodes.

Keywords: gastric cancer, laparoscopic gastrectomy.

Аллахвердян Александр Сергеевич

Д.м.н., профессор, ГБУЗ МО МОНИКИ
им. М.Ф. Владимирского
allakhverdyan@rambler.ru

Анипченко Алексей Николаевич

К.м.н., ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского
dottor.alex@mail.ru

Анипченко Наталья Николаевна

К.м.н., доцент, ГБУЗ МО МОНИКИ
им. М.Ф. Владимирского
dottor.na@gmail.com

Тулских Денис Александрович

Ординатор, ГБУЗ МО МОНИКИ
им. М.Ф. Владимирского
denistulskih@yandex.ru

Аннотация. В 2014–2021 гг. по поводу рака желудка находились на лечении 166 пациентов. Всего было выполнено 149 (89,8%) резекционных операций различных объемов. В остальных случаях были выполнены паллиативные и диагностические операции. Причем, из 40,0% (63/166) пациентов у которых при операции были использованы видеоэндоскопические доступы, в 92,1% (58/63) были выполнены резекционные операции. А при традиционных «открытых» доступах — в 84,5% (79/93).

Лапароскопическим доступом была выполнена 21 гастрэктомия и 28 дистальных субтотальных резекций желудка. Лапаротомным доступом — 29 гастрэктомий и 30 дистальных субтотальных резекций. Количество послеоперационных осложнений существенно не отличалось. Однако, лапароскопические операции были более эффективны по эффективности резекций и среднему количеству удаленных региональных лимфатических узлов.

Ключевые слова: рак желудка, лапароскопические гастрэктомии, лапароскопические резекции желудка.

Резекция желудка или гастрэктомия остаются предпочтительным вариантом лечения рака желудка на ранних стадиях. Впервые радикальную лапароскопическую операцию (дистальную резекцию желудка) при раке в 1994 г. выполнил S. Kitano [1]. Преимущества подобных лапароскопических операций (низкое число послеоперационных осложнений и низ-

кая летальность) продемонстрированы многими авторами [2, 3]. При этом отмечено значительное уменьшение операционной травмы, сокращение уровня интраоперационной кровопотери, уменьшение уровня послеоперационного болевого синдрома и потребности в использовании анальгетиков. И у данной категории пациентов происходит быстрое восстановление

Таблица 1. Количество и виды хирургических операций

Доступ	Объем операции	Количество пациентов
Миниинвазивные видеоэндоскопические доступы		
Лапароскопический	Гастрэктомия	20
	Дистальная резекция желудка	28
	Гастро-энтеростомия по Брауну	2
	Гастростомия	3
Лапароскопический трансдиафрагмальный	Проксимальная резекция желудка и нижнегрудного отдела пищевода	8
	Гастрэктомия с резекцией нижней трети пищевода	1
Комбинированный Лапароскопия+Торакоскопия справа (типа Льюиса)	Проксимальная резекция желудка и нижнегрудного отдела пищевода	1
Всего		63
Традиционные «открытые» доступы		
Лапаротомный	Гастрэктомия	29
	Проксимальная резекция желудка	6
	Дистальная резекция желудка	30
	Обходной гастроэнтеро-анастомоз по Брауну	9
	Гастростомия	3
	Диагностическая	2
Абдоминалоторакальный слева по Гэрлоку	Проксимальная резекция желудка с резекцией н/3 пищевода	6
	Гастрэктомия с резекцией н/3 пищевода	18
Всего		93
ИТОГО		166

и выявляется меньшее количество послеоперационных осложнений, чем при традиционном лапаротомном доступе [3, 4].

Уже есть доказательства того, что лапароскопическая дистальная резекция желудка является эффективной и с точки зрения онкологических результатов. Несмотря на техническую сложность выполнения лапароскопической гастрэктомии, методика не уступает по отдаленным результатам и общей выживаемости пациентов традиционной «открытой» операции [5].

Однако считается, что ограничения, возникающие при выполнении лапароскопической гастрэктомии, такие как относительно узкое поле зрения, невозможность непосредственной пальпации органов и тканей, сложности при манипуляциях во время выполнения лимфодиссекции D2, могут быть преодолены только при осуществлении операции опытными хирургами, что может влиять на результаты [6, 7].

С другой стороны, несмотря на понятные преимущества лапароскопической хирургии, имеется ограниченное количество работ, в которых были бы представлены доказательства полноценности лапароскопических операций, особенно в отношении местнораспространенного рака желудка, который требует обширной

лимфодиссекции [8, 9, 10]. Также нет исследований, в которых бы проводилась объективная оценка травматичности операций, основанная на принципах доказательной медицины.

Очевидна необходимость разработки не только оптимальной техники лапароскопических операций (гастрэктомии и дистальной субтотальной резекции) при местнораспространенном раке желудка, включая этап лимфодиссекции, но, и проведения объективной оценки уровня травматичности и онкологической полноценности подобных операций.

Цель работы

Изучение непосредственных результатов лапароскопической дистальной субтотальной резекции желудка и гастрэктомии при местнораспространенном раке желудка.

Материалы и методы

В хирургическом торакальном отделении и онкологическом отделении хирургических методов лечения Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф.Владимирского в 2014–2021 гг. находились на лечении 166 пациентов

по поводу рака желудка. Средний возраст больных составил 61,9 лет. Среди них было 105 мужчин и 61 женщина. Всего было выполнено 149 (89,8%) резекционных операций различных объемов (таблица 1.). В остальных случаях были выполнены паллиативные и диагностические операции. Причем, из 40,0% (63/166) пациентов у которых при операции были использованы видеоэндоскопические доступы, в 92,1% (58/63) были выполнены резекционные операции. А при традиционных «открытых» доступах — в 84,5% (79/93).

Лапароскопическим доступом была выполнена 21 гастрэктомия. При этом в одном случае была выполнена трансдиафрагмальная резекция нижнегрудного отдела пищевода с аппаратным пищеводно-кишечным анастомозом на уровне ретроперикардального отдела пищевода. Традиционными «открытыми» доступами было выполнено 47 гастрэктомий: 29 гастрэктомий лапаротомным доступом; 18 гастрэктомий с резекцией нижнегрудного отдела пищевода чрезплевральным доступом по Гэрлоку.

Было выполнено 58 дистальных субтотальных резекций желудка: 30 операций лапаротомным доступом; 28 операций лапароскопическим доступом.

Всего была выполнена 21 проксимальная резекция желудка: 8 операций было выполнено с резекцией нижнегрудного отдела пищевода лапароскопическим трансдиафрагмальным доступом; 1 проксимальная резекция желудка и нижнегрудного отдела пищевода была выполнена лапароскопическим комбинированным с торакоскопическим доступом (типа Льюиса); 6 резекций проксимального отдела желудка были выполнены лапаротомным доступом; 6 резекций проксимального отдела желудка и нижнегрудного отдела пищевода абдоминально-торакальным доступом слева по Гэрлоку.

Результаты

При выполненных лапароскопическим доступом дистальных субтотальных резекции R0 были выполнены 28 (100%) больным. При выполненных лапаротомным доступом дистальных субтотальных резекциях резекции R0 были выполнены 29 (96,6%), R1–1 (3,3%) из 30 больных. Разница статистически не достоверна. Во всех случаях выполнялась лимфодиссекция D2. После операций, выполненных торакоскопическим доступом, при гистологическом исследовании в среднем исследовалось $22,3 \pm 3,1$ лимфатических узлов. После «открытых» — в среднем исследовалось $20,7 \pm 4,1$ лимфатических узлов. Разница достоверна.

При выполненных лапароскопическим доступом гастрэктомиях резекции R0 были выполнены всем 21

(100%) больным. При выполненных лапаротомным доступом гастрэктомиях резекции R0 были выполнены 29 (100%).

Мобилизация больных после лапароскопических операций происходила в первые сутки после операции. После операций, выполненных лапаротомным доступом, — на 2–3 сутки. Кормление per os начинали после рентгеновского контрастного исследования анатомозов на 5–6 сутки во всех группах пациентов.

После лапароскопических операций осложнения были отмечены всего у 4 из 49 больных (8,2%). В 2-х случаях это были локальные несостоятельности швов пищеводно-кишечного анастомоза, излеченные консервативно. В одном случае послеоперационная пневмония и токсический гепатит у четвертого пациента. Средняя продолжительность нахождения в реанимации составила 17 ч. Средний послеоперационный койко-день при отсутствии осложнений составил 8 сут.

После лапаротомных операций осложнения были отмечены всего у 5 из 59 больных (8,5%). В 2-х случаях это были локальные несостоятельности швов пищеводно-кишечного анастомоза, излеченные консервативно. В двух случаях послеоперационная пневмония. В одном случае был выявлен острый инфаркт миокарда. Средняя продолжительность нахождения в реанимации составила 19,5 ч. Средний послеоперационный койко-день при отсутствии осложнений составил 12 суток.

Заключение

После лапаротомных операций количество осложнений достоверно не отличалось. Но отмечена существенная разница в пользу видеолапароскопии в сроках нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии и длительности послеоперационного периода. Также лапароскопические операции были более эффективны по эффективности резекций и среднему количеству удаленных региональных лимфатических узлов.

Видеоэндоскопические лапароскопические доступы не ограничивают возможности выполнения расширенных и комбинированных гастрэктомий и дистальных резекций при раке желудка.

Видеоэндоскопические лапароскопические доступы позволяют повысить эффективность хирургического лечения и обеспечивают четкость визуализации, хороший контроль гемостаза, удобство прецизионной мобилизации, раннюю активизацию больных в послеоперационном периоде, сокращение сроков стационарного лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kitano S., Iso Y., Moriyama M., Sugimachi K. Laparoscopy-assisted Billroth I gastrectomy. // Surg Laparosc Endosc. 1994 Apr 4(2) — p.146–8.
2. Martin AN., Das D., Turrentine F.E., Bauer T.W., Adams R.B., Zaydfudim V.M. Morbidity and Mortality After Gastrectomy: Identification of Modifiable Risk Factors // J Gastrointest Surg- 2016 -Sep;20(9):1554–64.
3. Aratani K., Sakuramoto S., Chuman M. et al. Laparoscopy-assisted Distal Gastrectomy for Gastric Cancer in Elderly Patients: Surgical Outcomes and Prognosis.// Anticancer Res. — 2018 — Mar 38(3) — p. 1721–1725.
4. Liu F., Huang C., Xu Z. et al. Morbidity and Mortality of Laparoscopic vs Open Total Gastrectomy for Clinical Stage I Gastric Cancer: The CLASS02 Multicenter Randomized Clinical Trial.// Chinese Laparoscopic Gastrointestinal Surgery Study (CLASS) Group. — JAMA Oncol. — 2020 — Oct 1; 6(10) — p. 1590–1597.
5. Hyung W.J., Yang H.K., Park Y.K. et al. Long-Term Outcomes of Laparoscopic Distal Gastrectomy for Locally Advanced Gastric Cancer: The KCLASS-02-RCT Randomized Clinical Trial. Korean Laparoendoscopic Gastrointestinal Surgery Study Group.// J Clin Oncol. — 2020 — Oct 1;38(28) — p. 3304–3313.
6. Özer İ., Bostancı E.B., Ulaş M., Özoğul Y., Akoğlu M. Changing Trends in Gastric Cancer Surgery.// Balkan Med J. — 2017 — Jan;34(1) — p.10–20.
7. Katai H., Mizusawa J., Katayama H. et al. Single-arm confirmatory trial of laparoscopy-assisted total or proximal gastrectomy with nodal dissection for clinical stage I gastric cancer: Japan Clinical Oncology Group study JCOG1401. //Stomach Cancer Study Group of Japan Clinical Oncology Group. Gastric Cancer. — 2019 — Sep;22(5) — p.999–1008.
8. Yu J., Huang C., Sun Y. et al. Effect of Laparoscopic vs Open Distal Gastrectomy on 3-Year Disease-Free Survival in Patients With Locally Advanced Gastric Cancer: The CLASS-01 Randomized Clinical Trial. Chinese Laparoscopic Gastrointestinal Surgery Study (CLASS) Group.// JAMA. — 2019 — May 28; 321(20)- p. 1983–1992.
9. Garbarino G.M., Costa G., Laracca G.G. et al. Laparoscopic versus open distal gastrectomy for locally advanced gastric cancer in middle-low-volume centers in Western countries: a propensity score matching analysis. // Langenbecks Arch Surg. — 2020 — Sep;405(6) — p.797–807.
10. Schröder W, Bruns CJ. [Laparoscopic resection for locally advanced gastric cancer]. // Chirurg. — 2020 — Jan;91(1)- p.79–80.

© Аллахвердян Александр Сергеевич (allakhverdyan@rambler.ru), Анипченко Алексей Николаевич (dottor.alex@mail.ru),
Анипченко Наталья Николаевна (dottor.na@gmail.com), Тульских Денис Александрович (denistulskih@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ КЛЕТОК ЖИРОВОЙ ТКАНИ ПРИ КОНСЕРВАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ СКЛЕРОАТРОФИЧЕСКОГО ЛИХЕНА ВУЛЬВЫ

THE APPLICATION OF REGENERATIVE CELLS OF ADEQUATE TISSUE IN CANNED TREATMENT OF VULVA SCLEROATROPHIC LICENA

**V. Arkhipova
T. Astrelina
I. Kobzeva
A. Samoilov**

Summary. Purpose. To present the results of the use of autologous regenerative cells of the stromal-vascular fraction of adipose tissue (SVF) in the conservative treatment of lichen sclerosus of the vulva.

Materials and methods. The use of the SVF of adipose tissue was carried out in 8 patients aged from 23 to 80 years old (average age was 65.5 ± 5.3 years) with a histologically verified diagnosis of vulvar lichen sclerosus during conservative therapy.

Results. The patients underwent intradermal injection of viable regenerative cells of the SVF of adipose tissue over the entire surface of the affected area in the labia majora and labia minora (foci of atrophy of the perineal mucosa) in a volume of 2 ml with an average cell count of $65 \pm 25.7 \times 10^6$ / ml. After 1 month of observation, the patients clinically showed a decrease in itching and an improvement in the psycho-emotional state, and after 3 months, a physical examination revealed an improvement in tropism and pigmentation of damaged tissues (skin and mucous membranes of the perineum). After 6 months, histological examination of the vulvar mucosa in the biopsy specimen revealed intact stratified squamous keratinizing epithelium without signs of atypical.

Conclusion. As a result of treatment of the SVF of adipose tissue, patients were created favorable conditions for the activation of immune, reparative processes, restoration of tropism and pigmentation of damaged tissues (skin and mucous membranes of the perineum), remodeling of fibrous and connective tissue, achieving a satisfactory cosmetic and functional result, reducing itching, improving psycho-emotional condition worthy of the quality of life.

Keywords: autologous, stromal-vascular fraction of adipose tissue, cellular therapy, lichen sclerosus of the vulva.

Архипова Валерия Ильинична

К.м.н., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
arkhvalery@gmail.com

Астрелина Татьяна Алексеевна

Д.м.н., доцент, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
t_astrelina@yandex.ru

Кобзева Ирина Владимировна

К.м.н., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
irina-kobzeva@yandex.ru

Самойлов Александр Сергеевич

Д.м.н., профессор, член корр. РАН, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
asamoilov@fmbcfmba.ru

Аннотация. Цель: представить результаты применения аутологичных регенеративных клеток (стромально-васкулярной фракции — СВФ) жировой ткани (ЖТ) при консервативном лечении склероатрофического лишена вульвы.

Материалы и методы. применение СВФ ЖТ проведено 8 пациенткам в возрасте от 23 до 80 лет (средний возраст составил $65,5 \pm 5,3$ лет) с гистологически верифицированным диагнозом склероатрофический лишень вульвы при проведении консервативной терапии.

Результаты. Пациенткам проводили внутрикожное введение жизнеспособных регенеративных клеток СВФ ЖТ по всей поверхности пораженной области в области больших и малых половых губ (очаги атрофии слизистой промежности) в объеме 2 мл со средним количеством клеток $65 \pm 25,7 \times 10^6$ /мл. Через 1 месяц наблюдения у пациенток клинически отмечалось уменьшение зуда и улучшение психо-эмоционального состояния, а через 3 месяца при физикальном осмотре было выявлено улучшение трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности). Через 6 месяцев при гистологическом исследовании слизистой вульвы в биоптате выявлен интактный многослойный плоский ороговевающий эпителий без признаков атипии.

Заключение. В результате лечения СВФ ЖТ у пациенток были созданы благоприятные условия для активации иммунных, репаративных процессов,



Введение

Склероатрофический лихен вульвы (САЛВ) — это часто встречаемое хроническое доброкачественное заболевание вульвы, с выраженной очаговой атрофией кожи и слизистых оболочек [1, 2]. Как правило, в патологический процесс вовлекаются половые губы, промежность и перианальная область. Заболевание сопровождается изнуряющим зудом и появлением трещин в области промежности, выраженной хронической очаговой атрофии кожных покровов и слизистых оболочек промежности (депигментация) с образованием рубцовых деформаций сопровождающихся длительным изнуряющим зудом, болью, диспареунией, дизурией, появлением трещин, прогрессирующим рубцеванием и риском инвалидизацией пациентов. Вследствие расчёсов кожа в очагах поражения утолщается и наблюдается прогрессирующее рубцевание, что может привести к необратимому поражению гениталий и развитию плоскоклеточного рака (ПКР). При этом пациентки испытывают значительный физический, эмоциональный и сексуальный дискомфорт.

Регистрируется заболевание во всех возрастных группах и составляет около 1,7% от всех женщин, обратившихся за гинекологической помощью в специализированные стационары. Наиболее точные расчеты показывают, что распространенность САЛВ среди женского населения в возрасте 1–70 лет составляет 1 на 1000 женщин, с увеличением распространенности до 1 на 30 у женщин в постменопаузе [1, 2]. Важно отметить, что во всём мире отмечается постепенное, неуклонное увеличение частоты встречаемости данного заболевания и уменьшения возраста больных САЛВ.

Этиология и патогенез САЛВ на сегодняшний день остаются малоизучены. Согласно современным данным, основная патогенетическая роль в развитии дистрофических изменений принадлежит аутоиммунным процессам. В 20% случаев у женщин, страдающих САЛВ, диагностируются аутоиммунные заболевания, такие как аутоиммунный гипотиреоз, витилиго и гнездная алопеция [1, 2, 3]. У более 50% женщин с данным заболеванием определяется персистенция низких титров аутоантител против белка внеклеточного матрикса 1

восстановления трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности), ремоделирования фиброзной и соединительной ткани, достижения удовлетворительного косметического и функционального результата, уменьшение зуда, улучшение психоэмоционального состояния, достойного качества жизни.

Ключевые слова: аутологичная, стромально-вазкулярная фракция жировой ткани, клеточная терапия, склероатрофический лихен вульвы.

(ЕСМ-1) и коллагена XII, что так же указывает на аутоиммунный патогенез заболевания [4]. В ряде проведенных исследований у пациенток, страдающих САЛВ был выявлен низкий эндогенный уровень эстрогенов, однако достоверных данных о влиянии менструации, беременности или гормональной терапии на течение заболевания зарегистрировано не было [5–10].

Отсутствие чётких представлений об этиологии и патогенезе САЛВ привели к существенным различиям в выборе тактики ведения пациенток с данным патологическим состоянием. Консервативная терапия — основной подход к лечению САЛВ. Она должна быть направлена на ликвидацию воспалительных изменений, улучшения трофики тканей и регенерация поврежденных тканей, ремоделирования фиброзной и соединительной ткани в очагах атрофии слизистой, снятие психоэмоционального напряжения и чувства зуда [11–21].

Существующие на сегодняшний день методы лечения (долгосрочная поддерживающая терапия ультрапотентными кортикостероидами, топические ингибиторы кальциневрина, эмоленты, фотодинамическая терапия, воздействие электрическим током и др.) малоэффективны, так как не являются патогенетическими. Они направлены лишь на устранение симптомов заболевания, требуют длительного постоянного применения, так как имеют обратимый эффект, их применение ограничено значительным количеством противопоказаний и сопровождается развитием многочисленных побочных эффектов. В связи с этим совершенствование системы оказания медицинской помощи пациентам со склероатрофическим лихеном вульвы является одной из актуальных проблем современной гинекологии и дерматологии.

Данные проблемы обуславливают разработку новых терапевтических направлений в лечении больных со САЛВ.

В 2016 году группой итальянских ученых были опубликованы данные ограниченного исследования по оценке эффективности применения мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани у 8 пациенток, страдающих дистрофией вульвы [4]. В течение всего

срока наблюдения (2 года) у пациенток отмечался стойкий положительный эффект в виде сокращения воспалительной реакции, уменьшения дистрофических изменений, нормализации физиологических функций и психоэмоционального состояния. Однако предложенный метод лечения является экономически затратным, так как требует длительного культивирования предшественников мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани и участие специализированного персонала с навыками работы.

В связи с вышесказанным наиболее перспективным направлением в лечении САЛВ может стать применение аутологичных регенеративных клеток (стромально-васкулярная фракция — СВФ) жировой ткани (ЖТ), полученных путем ферментативной обработки собственной жировой ткани [22, 23]. Данный тип клеток обладает большим регенераторным потенциалом и не требует предварительного культивирования (готовы к использованию сразу после выделения). Эффект регенеративных клеток жировой ткани реализуется за счет нескольких механизмов, учитывая гетерогенность их популяции. Стволовые клетки, входящие в их состав, регенеративные клетки жировой ткани, способны к дифференцировке в различных направлениях и замещению поврежденных участков тканей. Кроме того, они вырабатывают большое количество паракринных факторов, обеспечивающие иммуномодулирующий эффект, предотвращают клеточную гибель через апоптоз, способствуют неоангиогенезу, ремоделированию фиброзной и соединительной тканей. Учитывая современные представления об иммунно-опосредованном механизме развития САЛВ, аутологичные регенеративные клетки жировой ткани могут оказать иммуномодулирующее действие на коллаген реактивные Т-клетки и ингибировать воспалительные реакции.

В настоящем исследовании представлены результаты применения СВФ ЖТ при лечении САЛВ в консервативной терапии.

Материалы и методы исследования

За период с 2017 по 2018 г. в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России пролечены 8 пациенток в возрасте от 23 до 80 лет (средний возраст составил $65,5 \pm 5,3$ лет) с гистологически верифицированным диагнозом склероатрофический лихен вульвы при проведении консервативной терапии.

Благодаря высокой доступности получения жировой ткани в достаточном объеме практически у любого пациента, возможность использовать полученную клеточную суспензию сразу же после выделения без какой-либо предварительной обработки и культивиро-

вания данный биологический материал представляет собой высокий интерес при реконструктивно-пластических операциях. У женщин с гистологически верифицированным диагнозом САЛВ в асептических условиях под местной анестезией производится забор жировой ткани путем аспирационной липосакции в нижней трети передней брюшной стенки в условиях операционной. Объем аспирируемой жировой ткани составлял от 150 до 250 мл (средний объем — $170,6 \pm 31,2$ мл). В стерильных условиях осуществлялось ферментативная обработка, промывание и фильтрация липоаспирата с последующим центрифугированием и получением стромально-васкулярной фракции жировой ткани. Осуществлялась оценка качества аутологичных регенеративных клеток (стромально-васкулярной фракции) жировой ткани: подсчет количества клеток с помощью автоматического счетчика клеток Counters Invitrogen (Invitrogen), определение иммунологической принадлежности и жизнеспособности методом проточной цитофлюориметрии (BD FACS Canto II, USA). Для исследования фенотипа клеток стромально-васкулярной фракции использовались моноклональные антитела к следующим антигенным маркерам: CD146, CD31, CD45, CD34, CD105, CD146 (BD Bioscience, USA). Окрашивание проводили в соответствии с рекомендациями производителя. После получения результатов лабораторной оценки проводили внутрикожное введение жизнеспособных клеток стромально-васкулярной фракции жировой ткани путем инъекций по всей поверхности пораженной области в области больших и малых половых губ (очаги атрофии слизистой промежности) в объеме 2 мл.

Результаты исследования

Пациентки с гистологически верифицированным диагнозом склероатрофический лихен вульвы, обращались в клинику с жалобами на появление и усиление зуда в области промежности в течение года на фоне применения местных глюкокортикостероидов. При осмотре наружных половых органов выявлены склеротические изменения слизистой вульвы и клитора (Рисунок 1А).

Экстрагенитальных очагов атрофии кожных покровов не выявлено. При гистологическом исследовании выявлялся выраженный гиперкератоз и акантоз плоскоэпителиального покрова с фиброзом, ангиоматозом и скудной воспалительной инфильтрации в основе (Рисунок 1Б).

Пациенткам выполнялся забор жировой под местной анестезией путем аспирационной липосакции из передней брюшной стенки живота. В асептических условиях после отмывания липоаспирата от разру-



А



Б

Рис. 1. Состояние слизистой пациентки К. до терапии.
А — слизистая ткань, Б — гистологическое исследование

шенных адипоцитов, компонентов раствора и эритроцитов получали «интактную» жировую ткань. Путем ферментативной обработки, отмывания и фильтрации жировой ткани с последующим центрифугированием выделяли стромально-васкулярную фракцию жировой ткани с жизнеспособностью $96,2 \pm 3,2\%$, иммунологически относящихся к стромально-васкулярной фракции CD45-, CD34+, CD31-, CD146+, CD105+, CD146+ (Рисунок 2), ресуспензированных в изотоническом растворе натрия хлорида.

Проводили внутрикожное введение жизнеспособных регенеративных клеток стромально-васкулярной фракции жировой ткани по всей поверхности пораженной области в области больших и малых половых губ (очаги атрофии слизистой промежности) в объеме 2 мл со средним количеством клеток $65 \pm 25,7 \times 10^6$ /мл из расчета 1,0 млн. клеточной суспензии на 1 см².

Через 1 месяц наблюдения у пациентки клинически отмечалось уменьшение зуда и улучшение психо-эмоционального состояния, а через 3 месяца при физикальном осмотре было выявлено улучшение трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности). Через 6 месяцев при гистологическом исследовании слизистой вульвы в биоптате выявлен интактный многослойный плоский ороговевающий эпителий без признаков атипии (Рисунок 3).

В результате лечения пациентам были созданы благоприятные условия для активации иммунных, репаративных процессов, восстановления трофики и пиг-

ментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности), ремоделирования фиброзной и соединительной ткани, достижения удовлетворительного косметического и функционального результата, уменьшение зуда, улучшение психоэмоционального состояния, достойного качества жизни.

Таким образом, результаты лечения пациентов со склероатрофическим лихеном вульвы в консервативной терапии обеспечивают благоприятные условия для активации иммунных, репаративных процессов, восстановления трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности), ремоделирования фиброзной и соединительной ткани, достижения удовлетворительного косметического и функционального результата, уменьшение зуда, улучшение психоэмоционального состояния, достойного качества жизни.

Обсуждение результатов

Отсутствие четких представлений об этиологии и патогенезе САЛВ привели к существенным различиям в выборе тактики ведения пациенток с данным патологическим состоянием. Консервативная терапия должна быть направлена на ликвидацию воспалительных изменений кожных покровов и слизистых оболочек промежности (депигментация) с образованием рубцовых деформаций, сопровождающихся длительным изнуряющим зудом, болью, диспареунии, дизурией, появлением трещин, прогрессирующим рубцеванием и риска инвалидизации пациентов, улучшения трофики тканей, снятие психоэмоционального напряжения.

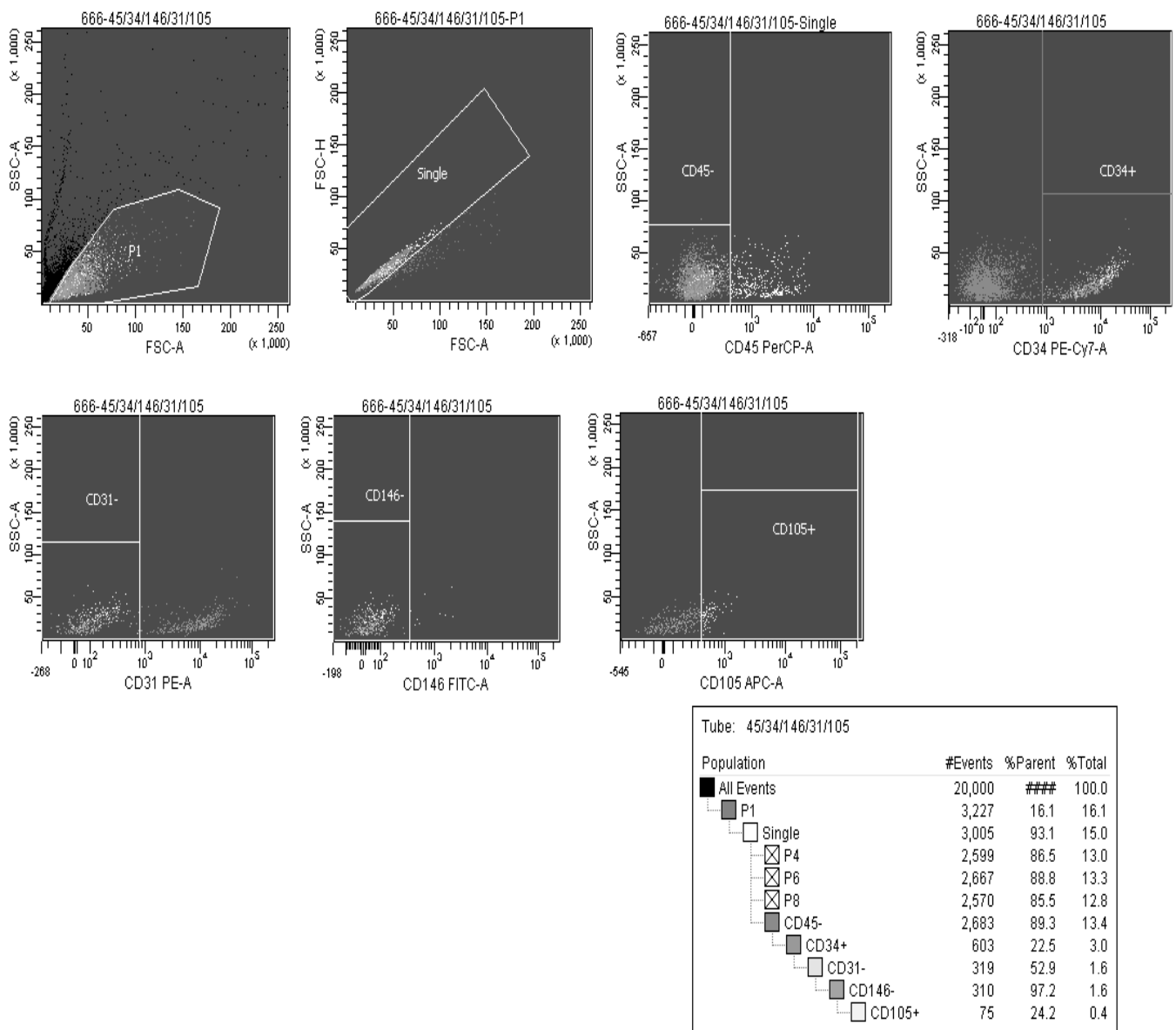


Рис. 2. Иммунологическая оценка СВФ ЖТ

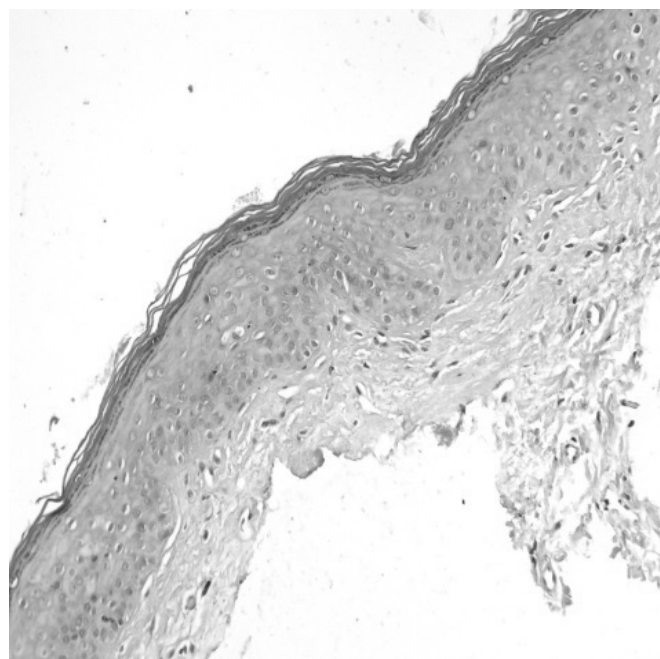
Существующие на сегодняшний день методы лечения склероатрофического лишая вульвы малоэффективны, так как не являются патогенетическими. Они направлены лишь на устранение симптомов заболевания, требуют длительного постоянного применения, так как имеют обратимый эффект, их применение ограничено значительным количеством противопоказаний и сопровождается развитием многочисленных побочных эффектов. В связи с этим совершенствование методов лечения склероатрофического лишая вульвы является одной из актуальных проблем современной гинекологии и дерматологии.

Одним из перспективных методов лечения является клеточная терапия, применение которой в клинической практике может позволить повысить качество

жизни пациентов. Для клеточной терапии используются мезенхимальные стволовые клетки (МСК); аутологичные минимально манипулированные продукты (регенеративные клетки) на основе жировой ткани; паракринные факторы, полученные из культивированных стволовых клеток и др. Для эффективности лечения склероатрофического лишая вульвы использовали применение мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани пациенткам, страдающим дистрофией вульвы [4]. В течение всего срока наблюдения (2 года) у пациенток отмечался стойкий положительный эффект в виде сокращения воспалительной реакции, уменьшения дистрофических изменений, нормализации физиологических функций и психоэмоционального состояния. Однако предложенный метод лечения является



А



Б

Рис. 3. Состояние слизистой у пациентки через 6 месяцев терапии.
А — слизистая ткань, Б — гистологическое исследование

экономически затратным, так как требовал длительно-го культивирования предшественников мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани и участие специализированного персонала с навыками работы.

Известен способ лечения крауроза вульвы у женщин менопаузального и постменопаузального периода, заключающийся в введении жировой ткани, полученной из гипогастральной области в объеме от 10 мл до 20 мл, декантированной от инфильтрационного раствора и обработанной через эмульсификатор, с последующим субмукозным введением в пораженный участок линейно-ретроградной техникой с равномерным распределением в очаге поражения [24]. Однако введение «чистой» жировой ткани без предварительной ферментативной обработки не подразумевает высвобождение клеточных компонентов стромально-васкулярной фракции, что может значительно снизить эффективность предложенного метода.

В связи с вышесказанным наиболее перспективным направлением в лечении САЛВ может стать применение аутологичных регенеративных клеток жировой ткани, полученных путем ферментативной обработки собственной жировой ткани. Данный тип клеток обладает большим регенераторным потенциалом и не требует предварительного культивирования (готовы к использованию сразу после выделения). Эффект регенеративных клеток жировой ткани реализуется за счет нескольких механизмов, учитывая гетерогенность их популяции. Стволовые

клетки, входящие в их состав, регенеративные клетки жировой ткани, способны к дифференцировке в различных направлениях и замещению поврежденных участков тканей. Кроме того, они вырабатывают большое количество паракринных факторов, обеспечивающие иммуномодулирующий эффект, предотвращают клеточную гибель через апоптоз, способствуют неоангиогенезу, ремоделированию фиброзной и соединительной тканей. Учитывая современные представления об иммуно-опосредованном механизме развития САЛВ, аутологичные регенеративные клетки жировой ткани могут оказать иммуномодулирующее действие на коллаген реактивные Т-клетки и ингибировать воспалительные реакции.

Проведенные многочисленные доклинические и клинические исследования с использованием регенеративных клеток жировой ткани, в том числе исследования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА, показали высокую эффективность и безопасность при лечении заболеваний различной этиологии.

В проведенном нами исследовании продемонстрировано, что применение аутологичных регенеративных клеток пациентов со склероатрофическим лихеном вульвы в консервативной терапии обеспечивает благоприятные условия для активации иммунных, репаративных процессов, восстановления трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности), ремоделирова-

ния фиброзной и соединительной ткани, достижения удовлетворительного косметического и функционального результата, уменьшение зуда, улучшение психоэмоционального состояния, достойного качества жизни.

Таким образом, для повышения эффективности пациентов со склероатрофическим лихеном вульвы в консервативной терапии в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА предложено использовать собственные регенеративные клетки СВФ ЖТ. Данные клетки и продуцируемые ими факторы роста и цитокины принимают участие в репаративных процессах, в восстановлении сосудистой сети, а также в регуляции иммунных процессов. Благодаря высокой доступности получения ЖТ в достаточном объеме практически у любого пациента, возможности использовать полученные регенеративные клетки СВФ ЖТ сразу же после выделения без длительного культивирования, представляет собой высокий интерес.

Заключение

Применение СВФ ЖТ при консервативной терапии склероатрофического лихена вульвы обеспечивает

благоприятные условия для активации иммунных, репаративных процессов, восстановления трофики и пигментации поврежденных тканей (кожных покровов и слизистых оболочек промежности), ремоделирования фиброзной и соединительной ткани, достижения удовлетворительного косметического и функционального результата, уменьшение зуда, улучшение психоэмоционального состояния, достойного качества жизни.

Результаты, проведенные доклинических и клинических исследований с использованием регенеративных клеток жировой ткани, в том числе и с участием сотрудников ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА, показали высокую эффективность и безопасность при лечении заболеваний различной этиологии.

Таким образом, применение аутологичных регенеративных клеток жировой ткани может явиться альтернативным методом лечения САЛВ, без ущерба для организма пациента. Предложенное исследование является инновационным. В настоящее время в России отсутствуют налоги предложенному методу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goldstein AT, Marinoff SC, Christopher K et al. Prevalence of vulvar lichen sclerosus in a general gynecology practice. *J Reprod Med.* 2005; 50: 477–80.
2. Meyrick Thomas RH, Ridley CM, McGibbon DH et al. Lichen sclerosus et atrophicus and autoimmunity: a study of 350 women. *Br J Dermatol.* 1988;118:41–46.
3. Hengge UR et al. Multicenter, phase-II trial on the safety and efficacy of topical tacrolimus ointment for the treatment of lichen sclerosus. *Br J Dermatol* 2006;155(5):1021–1028.
4. Giuseppina OM, Carella S, Ceccarelli S, Marchese C, Scuderi N. The Use of Human Adipose-Derived Stem Cells in the Treatment of Physiological and Pathological Vulvar Dystrophies. *Stem Cells Int.* 2016.
5. Chan I, Oyama N, Neill SM et al. Characterization of IgG autoantibodies to extracellular matrix protein 1 in lichen sclerosus. *Clin Exp Dermatol* 2004;29: 499–504.
6. Edwards QT, Saunders Goldton S Lichen sclerosus of the vulva in women: assessment, diagnosis and management for the nurse practitioner. *J Am Acad Nurse Pract* 2003;15: 115–119.
7. Asther U, Altmeyer P Cryosurgery — the lost resort or a surgical alternative in the treatment of lichen sclerosus of the vulva. *J Dtsch. Dermatol Yes* 2003; 1: 206–211.
8. Kugler K, Brinckmeier T, Frasch P.J et al. Anogenital dermatoses — allergic and irritative causative. *J Dtsch Dermatol Yes* 2005; 3: 979–986.
9. Marini A, Blecken S, Ruzicka T et al. Lichen sclerosus. New aspects of pathogenesis and treatment. *Hautarzt* 2005;56:550–555.
10. New nomenclature for vulvar disease. Report of the Committee on Terminology of the International Society for the Study of Vulvar Disease. *J Reprod Med* 1990;35: P:483–484.
11. Oyama N, Chan I, Neill SM et al. Development of antigen specific ELISA for circulating autoantibodies to extracellular matrix protein 1 in lichen sclerosus. *J Clin Invest* 2004;113:1550–1559.
12. Regauer S. Immune dysregulation in lichen sclerosus. *Eur J Cell Biol* 2005; 84:273–277.
13. Regauer S, Liegl B, Reich O et al. Vulvar lichen sclerosus. The importance of early clinical and histological diagnosis. *Hautarzt* 2004;55: 158–164.
14. Sonni H, Carli P, Taddei GH Topical mometasone for vulvar lichen sclerosus. *J Reprod med* 2003;48:444–448.
15. Stucker M, Grape J, Bechara NY et al. The outcome after cryosurgery and intralesional steroid injection in vulvar lichen sclerosus corresponds to preoperative histopathological findings. *Dermatology* 2005; 210:218–222.
16. Tchorzewski H, Rotsztejn H, Banasik M The involvement of immunoregulatory T cell in pathogenesis of lichen sclerosus. *Med Sci Monit* 2005;11:39–43.
17. Val I, Almeida G An overview of lichen sclerosus. *Clin Obstet Gynecol* 2005;48:808–817.
18. Yesudian PD, Sugunendran H, Batesa M et al. Lichen sclerosus. *Int J STD AIDS* 2005;16:465–473.
19. Likhachev V.K. Practical gynecology. Guide for Physicians 2007. (Лихачев В.К. Практическая гинекология. Руководство для врачей 2007.)
20. Gynecology — national guidelines ed. IN AND. Kulakova, G.M. Savelyeva, I.B. Manukhina 2009 (Гинекология — национальное руководство под ред. В.И. Кулакова, Г.М. Савельевой, И.Б. Манухина 2009 г.)

21. Liu X, Zhang G, Hou C et al. Vascularized bone tissue formation induced by fiber-reinforced scaffolds cultured with osteoblasts and endothelial cells. *Biomed Res Int.* 2013; 854917.
22. Feisst V, Meidinger S, Locke MB From bench to bedside: use of human adipose-derived stem cells. *Stem Cells Cloning* 2015;2(8): P. 149–62.
23. Guo J, Nguyen ., Banyard DA, Fadavi D, Toranto JD, Wirth GA, Paydar KZ, Evans GR, Widgerow AD Stromal Vascular Fraction — a regenerative reality? *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 2015;1–29. DOI: 10.1016/j.bjps.2015.10.014.
24. Patent application No.: 2016128128 Lapochkina NP, Venediktov MV, Gashimova SN, Voronov SN, 11.07.2016. (Заявка на патент № : 2016128128 Лапочкина Н.П., Венедиктов М.В., Гашимова С.Н., Воронов С.Н., 11.07.2016.)

© Архипова Валерия Ильинична (arkhvalery@gmail.com), Астрелина Татьяна Алексеевна (t_astrelina@yandex.ru),
Кобзева Ирина Владимировна (irina-kobzeva@yandex.ru), Самойлов Александр Сергеевич (asamoilov@fmbcfmba.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ АЛЬГИНАТНЫХ ОТТИСКОВ

EXPERIMENTAL STUDY OF THE DYNAMICS OF CHANGE OF LINEAR SIZES OF ALGINATE PRINTS

**V. Galonsky
N. Nurieva
V. Chernov
Yu. Kiparisov
A. Gradoboev**

Summary. The article presents the results of an experimental study of the dynamics of changes in the linear dimensions of alginate impressions, depending on the time elapsed from the moment of taking the impression to the casting of the plaster model of the jaw and the storage conditions of the impression, using the example of the impression material "Ypeen". The characteristic features of the problem of shrinkage and the specifics of its manifestation in modern alginate impression materials are revealed, in comparison with the data of the classical educational literature on dental materials science.

Keywords: prosthetic dentistry, alginate impression material, shrinkage of alginate impression material, jaw impression, plaster model of the jaw.

Галонский Владислав Геннадьевич

Д.м.н., профессор, в.н.с., ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
gvg73@bk.ru

Нуриева Наталья Сергеевна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-уральский государственный медицинский университет»
natakira@mail.ru

Чернов Владимир Николаевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
chernovortstom@mail.ru

Кипарисов Юрий Сергеевич

К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Южно-уральский государственный медицинский университет»
7407704@mail.ru

Градобоев Анатолий Владимирович

Врач-стоматолог, Стоматологическая клиника «Гелиос»
solutiomortalis@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального исследования динамики изменения линейных размеров альгинатных оттисков, в зависимости от времени, прошедшего с момента получения оттиска до отливки гипсовой модели челюсти и условий хранения оттиска, на примере слепочного материала «Ypeen». Выявлены характерные особенности проблемы усадки и специфики её проявления у современных альгинатных оттискных материалов, в сравнении с данными классической учебной литературы по зуботехническому материаловедению.

Ключевые слова: ортопедическая стоматология, альгинатная слепочная масса, усадка альгинатного слепочного материала, оттиск челюсти, гипсовая модель челюсти.

Актуальность

Альгинатные оттискные материалы в современных условиях нашли широкое практическое применение в клинике ортопедической стоматологии и ортодонтии. Наряду с неоспоримыми преимуществами данной группы слепочных материалов, они не лишены недостатков. Одним из существенных

недостатков альгинатных слепочных масс является изменение линейных размеров оттисков, зависящих от времени с момента получения оттиска до отливки гипсовой модели, а также способа хранения оттиска.

Альгинатным оттискным материалам свойственно явление синерезиса — продолжения образования поперечных связей, в результате которого вода выпо-

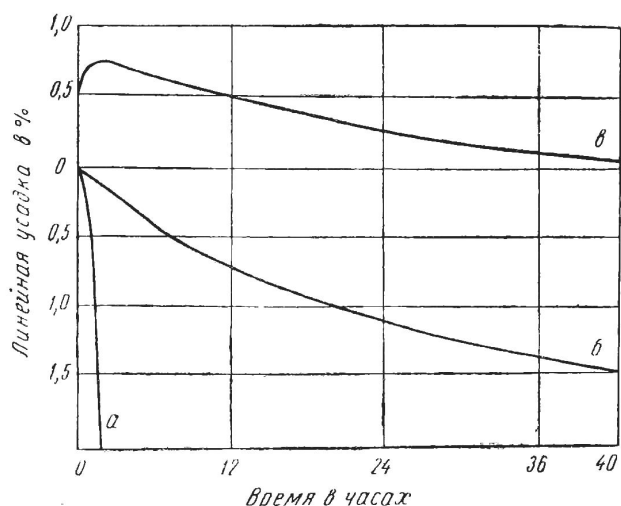


Рис. 1. Кривая усадки альгинатных материалов: а — на воздухе, б — при 100% влажности в эксикаторе, в — в воде при $t=37^{\circ}\text{C}$ [1].

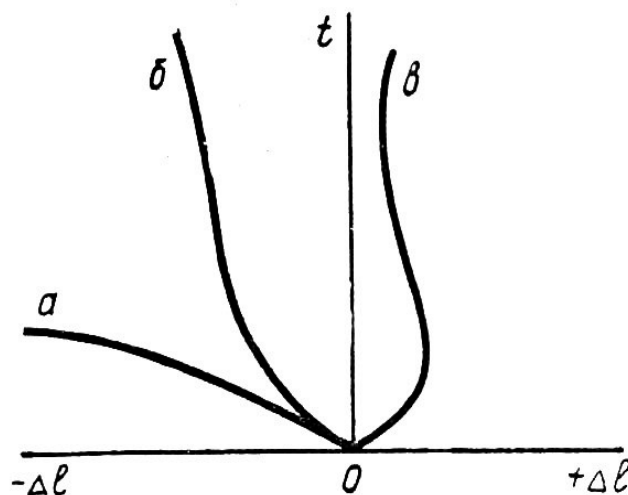


Рис. 2. Кривая усадки альгинатных материалов: а — на воздухе, б — при 100% влажности в эксикаторе, в — в воде при $t=37^{\circ}\text{C}$ [3].

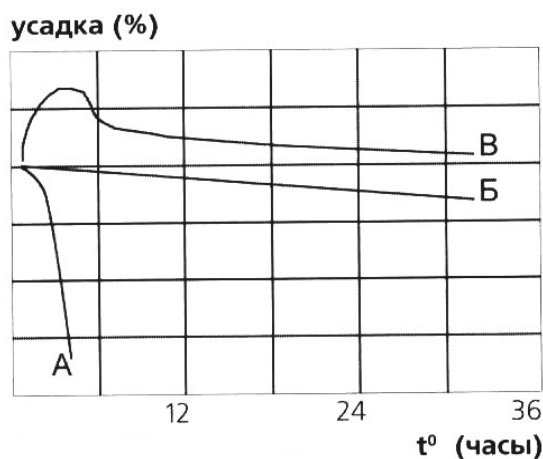


Рис. 3. Кривая усадки альгинатных материалов в зависимости от условий хранения оттиска: а — на воздухе, б — при 100% влажности в эксикаторе, в-в воде при $t=37^{\circ}\text{C}$ [5].

тевает из объёма материала на поверхность оттиска. Затем вода испаряется с поверхности и вызывает тем самым усадку оттискового материала. Другими словами синерезис — это выделение свободной жидкой фазы из альгинатного вулканита. Синерезис присущ всем оттискным материалам, изготовленным на основе агар-агара и альгината натрия. При этом процессе происходит уплотнение макро молекул и сокращение оттиска в объёме. Оттиск, сохраняя прежнюю форму, уменьшается в объёме, т.е. даёт усадку. Усадка — это уменьшение линейных размеров и объёма тела при его затвердевании, охлаждении, хранении. Усадка (K) характеризуется процентом уменьшения объёма оттиска

(L) по отношению к модели (L_0) и определяется по формуле: $K=(L -L_0)/ L_0\times 100\%$. Другой причиной изменения размеров альгинатного оттиска является имбибиция — разбухание оттиска при контакте с водой. В этой связи не рекомендуют хранить альгинатный оттиск в чаше с водой. Набухание — это явление, обратное усадке, вызванное поглощением влаги и приводящее к увеличению объёма оттиска.

В специальной учебной литературе [1, 3, 5] представлены диаграммы зависимости линейной усадки альгинатных материалов от условий хранения оттиска, на примере слепочного материала «Стомальгин»

(рис. 1–3). Интересным является факт, что при визуальном сравнительном анализе видно, что в различных руководствах приведена одна и та же диаграмма в различном дизайне исполнения, датированная различными сроками исследования. Литературный поиск позволил нам определить первоисточник опубликования данной диаграммы — монография «Материаловедение по стоматологии», авторы: М.М. Гернер, Е.Г. Аронов, А.Э. Роффе, 1964 года издания [1].

В настоящее время медицинская промышленность выпускает большую линейку представителей альгинатных оттискных материалов, различных фирм и стран производителей. Изменились и совершенствуются технологии изготовления и рецептуры выпускаемых альгинатных слепочных масс.

Исследования, посвящённые изучению проблемы динамики изменения линейных размеров современных альгинатных оттискных масс, носят единичный, разнонаправленный, эпизодический характер, использующие различные методы научного поиска [2, 4, 6, 7, 8]. Вместе с тем следует констатировать, что основной практической целью получения альгинатного оттиска является точность переноса информации из клиники в зуботехническую лабораторию, а именно соответствие анатомических параметров и пространственных геометрических размеров изготовленной рабочей гипсовой модели челюсти клинической ситуации в полости рта.

Цель работы

Экспериментально определить временную динамику изменения линейных размеров альгинатных масс, на примере слепочного материала «Уреен», на основе антропометрических измерений гипсовых моделей челюстей.

Задачи исследования

1. Определить временную динамику изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося на открытом воздухе при комнатной температуре (от 20 до 25 °С).
2. Определить временную динамику изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося в герметично закрытом полиэтиленовом пакете, при комнатной температуре (от 20 до 25 °С).
3. Определить временную динамику изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося в сосуде с холодной водопроводной водой (от 10 до 15 °С).
4. Выполнить сравнительную оценку динамики изменения линейных размеров альгинатных от-

тисков в зависимости от временных параметров с момента получения оттиска до отливки гипсовой модели и условий хранения оттиска.

Материалы и методы

Используемые материалы: 1) Альгинатный слепочный стоматологический материал «Уреен» — производитель ф. Spofa Dental (Чехия), используемый для получения оттиска; 2) Медицинский гипс «Волма» (Россия), используемый для отливки гипсовых моделей челюстей.

Измерительный прибор: Штангенциркуль «ШЦЦ Ермак» первого класса точности, с цифровым отсчётным устройством с точностью измерения 0,01 мм, используемый для антропометрического измерения сагиттальных и трансверзальных параметров гипсовых моделей челюстей.

Условия выполнения эксперимента: 1) Замешивание слепочной массы и получение альгинатного оттиска осуществляли в соответствии с инструкцией к слепочному материалу и рекомендациями производителя, с применением прилагающихся мерных емкостей для дозирования порошка слепочной массы и воды для её замешивания; 2) Экспериментальные оттиски получали у одного и того же добровольца с интактным верхним зубным рядом; 3) Отливку гипсовых моделей осуществляли в соответствии с традиционной методикой, предварительно убрав излишки воды с поверхности оттиска воздушной струёй пюстера для профилактики искажения поверхности получаемой гипсовой модели.

Серии экспериментального получения гипсовых моделей челюстей:

Эталоном для стартового вычисления динамики изменений линейных размеров альгинатных оттисков являлась гипсовая модель, отлитая непосредственно после получения альгинатного оттиска. Эксперимент предусматривал три разных серии, в зависимости от условий хранения оттиска перед отливкой гипсовой модели челюсти: 1) Хранение альгинатного оттиска на открытом воздухе при комнатной температуре (от 20 до 25 °С); 2) Хранение альгинатного оттиска в герметично закрытом полиэтиленовом пакете, при комнатной температуре (от 20 до 25 °С); 3) Хранение альгинатного оттиска в сосуде с холодной водопроводной водой (от 10 до 15 °С).

Общие временные критерии для всех трёх серий эксперимента отливки опытных гипсовых моделей челюстей предусматривали временной диапазон, включающий отливку моделей через 15 мин, 30 мин, 45 мин,

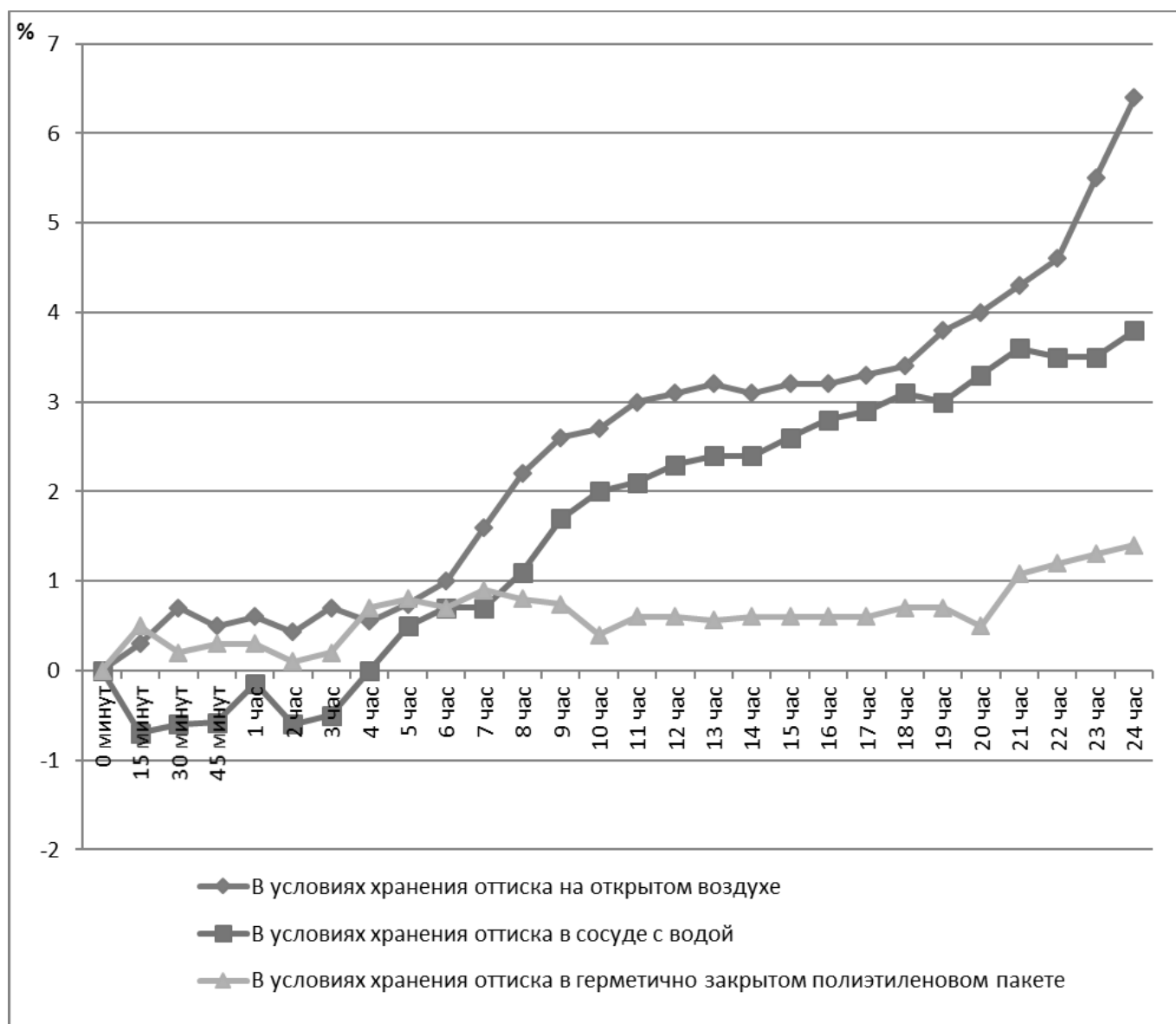


Рис. 4. Временная динамика изменения линейных размеров альгинатных оттисков, хранящихся в различных условиях (на примере слепочного материала «Уреен»).

1 час и так далее с последовательным шагом в 1 час до отметки 24 часа. В результате эксперимента в общем количестве, с учётом эталонной модели и трёх серий отливки экспериментальных моделей, у одного и того же добровольца (волонтёра) было получено 82 альгинатных отиска и отлито 82 гипсовых модели челюстей, антропометрическое измерение которых позволило судить о динамике изменения линейных размеров альгинатных оттисков.

Протокол антропометрического измерения полученных в эксперименте гипсовых моделей челюстей заключался в следующем: 1) Измерение трансверсальных размеров челюсти по Пону (1907) между первыми пре-

молярами (измерительные точки — центр межбугорковых фиссур зубов 1.4 и 2.4); 2) Измерение трансверсальных размеров челюсти по Пону (1907) между первыми молярами (измерительные точки — переднее углубление продольной фиссуры зубов 1.6 и 2.6); 3) Измерение сагиттальных размеров челюсти — от точки межзубного контакта верхних центральных резцов (зубов 1.1 и 2.1) с вестибулярной стороны до линии соединяющей дистальные поверхности зубов 1.7 и 2.7, соответственно траектории проекции срединного нёбного шва.

Динамику изменения линейных размеров альгинатных оттисков определяли на основании изменения антропометрических размеров каждой из полученных

в эксперименте гипсовых моделей челюстей методом математического вычисления по формуле:

$$M = \frac{(S+T_1+T_2) - (s+t_1+t_2)}{(s+t_1+t_2)} \times 100\%,$$

где M — величина изменения линейных размеров альгинатного оттиска, в %;

$(s+t_1+t_2)$ — сумма результатов антропометрического измерения эталонной гипсовой модели челюсти в сагиттальном направлении (s), трансверсальном направлении между премолярными точками (t_1) и молярными точками (t_2);

$(S+T_1+T_2)$ — сумма результатов антропометрического измерения экспериментальной гипсовой модели челюсти в сагиттальном направлении (S), трансверсальном направлении между премолярными точками (T_1) и молярными точками (T_2).

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментального изучения временной динамики изменения линейных размеров альгинатных оттисков (на примере слепочного материала «Уреен»), хранящихся в различных условиях, на основании измерения сагиттальных и трансверсальных антропометрических размеров отлитых по ним гипсовых моделей челюстей, относительно эталонной модели, представлены на рис. 4.

Анализируя представленные на рис. 4 данные, можно констатировать, что полученные результаты имеют ряд отличительных особенностей относительно ранее выполненных исследований, посвящённых данной проблеме. Экспериментально установлено, что явления усадки альгинатного оттискного материала начинают проявляться уже через 15 мин после получения оттиска. При этом, анализируя данные графика, можно заключить, что во всех трёх сериях эксперимента достоверно визуализируются две фазы усадки. Первая из них характеризуется незначительными изменениями геометрических размеров оттисков до 1% в сторону уменьшения или увеличения линейных размеров, длящаяся до 6 часов хранения. Вторая фаза характеризуется ярко выраженными усадочными явлениями слепочного материала до максимальной величины 6,4% по истечении 24 часов.

Временная динамика изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося на открытом воздухе при комнатной температуре (от 20 до 25 °С), показала наиболее выраженные проявления усадки слепочного материала, в сравнении с двумя другими альтернативными способами хранения оттисков. В пер-

вой фазе усадки прослеживается варьирование данного показателя с превышением на 0,2–0,4% в сравнении с оттисками, хранящимися в герметично закрытом полиэтиленовом пакете, в аналогичном промежутке времени. Во второй фазе усадки увеличение исследуемого показателя происходит постепенно, возрастая в каждом последующем сроке наблюдения, достигая максимальной величины 6,4% по истечении 24 часов эксперимента.

Временная динамика изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося в сосуде с холодной водопроводной водой (при температуре в диапазоне от 10 до 15 °С), показала, что в первой фазе происходит изменение геометрических размеров оттисков в сторону увеличения до 1%, за счёт явления имbibции — разбухания оттиска при контакте с водой. То есть выявлялось явление, обратное усадке, — набухание. Вместе с тем следует констатировать, что данное явление наблюдалось только в первой фазе усадки, при этом сагиттальные и трансверсальные размеры экспериментальной гипсовой модели челюсти, полученной по оттиску, хранившемуся 4 часа в воде, соответствовали эталонной. При дальнейшем хранении оттиска в воде явление набухания сменялось постепенно увеличивающимся со временем явлением усадки, достигающим к концу первой фазы 0,7–1%, а к окончанию второй фазы, по истечении 24 часов, максимальной величины — 3,8%. То есть оттиск, хранящийся в воде на начальном этапе, незначительно увеличивался в размерах, а в дальнейшем давал ощутимую общую усадку — на ½ меньшую по величине, в сравнении с оттисками, хранящимися на воздухе в тот же промежуток времени.

Временная динамика изменения линейных размеров альгинатного оттиска, хранящегося в герметично закрытом полиэтиленовом пакете, при комнатной температуре (от 20 до 25 °С) показала наиболее стабильные результаты. Проявления усадки при данном способе хранения наименьшие в сравнении с двумя вышеописанными. В первой фазе усадки они составляли в среднем 0,1–0,3%, во второй фазе — 0,5–0,7%.

Заключение

Сравнительная оценка динамики изменения линейных размеров альгинатных оттисков в зависимости от временных параметров с момента получения оттиска до отливки гипсовой модели и условий хранения оттиска, позволяет заключить, что при использовании любого из исследованных способов хранения альгинатный оттиск даёт изменения геометрических размеров уже через 15 мин после его получения, которые проявляются в изменении сагиттальных и трансвер-

зальных размеров отлитых гипсовых моделей челюстей. При этом усадка альгинатного оттискного материала на металлической перфорированной слепочной ложке проявляется в различном направлении: в сторону перфорированных бортов ложек, механически удерживающих слепочную массу; в сторону наиболее массивных участков оттиска и т.д. В данной связи отличия гипсовых моделей челюстей от оригинала протезного ложа могут проявляться по-разному, чаще всего в виде протрузионного разворота зубных рядов в вестибулярную сторону, с изменением сагиттальных и трансверсальных размеров зубных рядов, продольных и поперечных размеров зубов и деформации окклюзионной поверхности.

Выводы

1. Экспериментальное изучение эволюционных процессов — процессов постепенного развития, приводящих к последовательным количественным изменениям, формирующим качественные изменения современных альгинатных оттискных материалов, на примере слепочного материала «Уреен», позволяет констатировать ярко выраженную нестабильность геометрических параметров оттисков, зависящую от момента их получения до отливки рабочей гипсовой модели челюсти.

2. Известные методы хранения альгинатных оттисков (в герметично закрытом полиэтиленовом пакете, на открытом воздухе при комнатной температуре от 20 до 25 °С или в сосуде с холодной водой) являются неадекватными. Их клиническое применение формирует одну из основополагающих проблем в клинике ортопедической стоматологии и ортодонтии — несоответствие входящей информации о состоянии клинической картины в полости рта, поступающей на основании переданного из клиники оттиска в зуботехническую лабораторию, что в совокупности способствует формированию конфликтных ситуаций в процессе лечения и по его окончании.
3. Изготовление рабочих гипсовых моделей челюстей по альгинатным оттискам следует выполнять непосредственно после их получения и выведения из полости рта, что диктует необходимым овладение данной практической манипуляцией всех врачей соответствующих специальностей, несущих персональную ответственность за конечный результат ортопедического и ортодонтического лечения каждого конкретного пациента.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Гернер М.М. Материаловедение по стоматологии / М.М. Гернер, Е.Г. Аронов, А.Э. Рофе. — М.: Гос. изд-во мед. лит., 1963. — 256 с.
2. Гринёва Т.В. Альгинатные слепочные материалы. Свойства и применение / Т.В. Гринёва, Е.И. Ипполитова // Новое в стоматологии для зубных техников. — 2000. — № 2. — С. 34–36.
3. Дойников А.И. Зуботехническое материаловедение / А.И. Дойников, В.Д. Синицин. — М.: Медицина, 1981. — 208 с.
4. Ефремян Г.М. Усадка оттискных материалов / Г.М. Ефремян, Д.С. Цокарев, А.Е. Штерен // Сб. Актуальные вопросы стоматологии. Материалы межрегиональной заочной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию проф. В.Ю. Миликевича, 2017. — С. 136–140.
5. Оттискные материалы и технологии их применения / А.В. Цимбалистов, С.И. Козицина, Е.Д. Жидких, И.В. Войтяцкая. — СПб.: СПб. институт стоматологии, 2001. — 96 с.
6. Полонейчик Н.М. Характеристика изменений линейных размеров альгинатных оттискных материалов с использованием оптического метода исследования / Н.М. Полонейчик, В.И. Кирилова // Сб. Инновации в стоматологии. Материалы VI съезда стоматологов Беларуси (Минск, 25–26 октября 2012 г.). — Минск: Филиал № 1 ОАО «Красная звезда», 2012. — С. 203–204.
7. Сравнительная оценка альгинатных слепочных материалов / А.В. Годзь, В.А. Парунов, Е.И. Ипполитова, Т.В. Гринёва // Проблемы нейростоматологии и стоматологии. — 1998. — № 2. — С. 15–17.
8. Техника измерения усадки стоматологических оттисков / С.Д. Арутюнов, З.В. Сакиева, С.А. Муслон и др. // Российский стоматологический журнал. — 2015. — Т., № 1. — С. 11–13.

© Галонский Владислав Геннадьевич (gvg73@bk.ru), Нуриева Наталья Сергеевна (natakira@mail.ru),
Чернов Владимир Николаевич (chernovortstom@mail.ru), Кипарисов Юрий Сергеевич (7407704@mail.ru),
Градобоев Анатолий Владимирович (solutionmortalis@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УСТРАНЕНИЕ КОНТРАКТУРЫ ЧЕЛЮСТЕЙ ПРИ ЗАМЕЩАЮЩЕМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ ПОСТРЕЗЕКЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

ELIMINATION OF JAW CONTRACTUAL WITH SUBSTITUTIONAL PROSTHETICS OF THE UPPER JAW DEFECTS

**V. Galonsky
N. Nurieva
V. Chernov
Yu. Kiparisov
A. Gradoboev**

Summary. The article presents an analysis of the problem of the development of jaw contracture in general and with post-resection maxillary defects in particular. The reasons for the formation are indicated and the mechanisms of the development of this pathological condition are described in detail. The existing methods and methods of therapeutic measures for the elimination of contractures of the jaws of various origins are presented. The author describes the author's technique for eliminating jaw contraction in patients with maxillary post-resection defects, which is used as a special preparatory orthopedic measure before replacing prosthetics, which consists in the sequential use of a number of relaxation occlusal splints-splints with a gradual increase in the magnitude of de-occlusion of the dentition. A description of the principles and mechanisms of the therapeutic effect of the above technique is presented, its advantages are given in comparison with the known methods of therapeutic measures.

Keywords: contracture of the jaws, restriction of mouth opening, post-resection maxillary defects, replacement prosthetics of jaw defects, splint splints.

Галонский Владислав Геннадьевич

*Д.м.н., профессор, в.н.с., ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
gvg73@bk.ru*

Нуриева Наталья Сергеевна

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-уральский государственный медицинский университет»
natakira@mail.ru*

Чернов Владимир Николаевич

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
chernovortstom@mail.ru*

Кипарисов Юрий Сергеевич

*К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Южно-уральский государственный медицинский университет»
7407704@mail.ru*

Градобоев Анатолий Владимирович

*Врач-стоматолог, Стоматологическая клиника «Гелиос»
solutiomortalis@gmail.com*

Аннотация. В статье представлен анализ проблемы развития контрактуры челюстей в целом и при пострезекционных верхнечелюстных дефектах в частности. Указаны причины формирования и детально описаны механизмы развития данного патологического состояния. Приведены существующие методы и способы лечебных мероприятий по устранению контрактуры челюстей различного генеза. Описана авторская методика устранения контрактуры челюстей у больных с верхнечелюстными пострезекционными дефектами, применяемая в качестве специального подготовительного ортопедического мероприятия перед замещающим протезированием, заключающаяся в последовательном использовании ряда релаксационных окклюзионных шин-капп с постепенным увеличением величины дезокклюзии зубных рядов. Представлено описание принципов и механизмов лечебного воздействия вышеуказанной методики, приведены её преимущества, в сравнении с известными способами лечебных мероприятий.

Ключевые слова: контрактура челюстей, ограничение открывания рта, пострезекционные верхнечелюстные дефекты, замещающее протезирование дефектов челюстей, шины-каппы.

Актуальность

Одним из основополагающих факторов успеха ортопедического стоматологического лечения является получение качественного оттиска опорных тканей протезного ложа. Особенностью получения оттисков при пострезекционном замещающем верхнечелюстном протезировании является необходимость точного проснятия послеоперационного дефекта по окружности и на всю глубину изъяна верхней челюсти, для обеспечения технических условий для формирования качественной obtурирующей части ортопедической конструкции с минимализированием возможности её вертикального смещения во время функциональной жевательной нагрузки, нивелируя негативный рычагообразный эффект, за счёт точности соответствия obtуратора пространственно-объёмному рельефу изъяна верхней челюсти. Существенным препятствием для получения качественных оттисков в данных клинических ситуациях, а в ряде случаев причиной полной невозможности выполнения данной манипуляции, может стать проблема контрактуры челюстей, часто сопровождающая данную патологию в послеоперационном периоде.

Контрактура челюстей — это не самостоятельное заболевание, а симптом, под которым понимают ограничение подвижности нижней челюсти в височно-нижнечелюстных суставах вплоть до полного сведения челюстей и неподвижности за счёт наличия внесуставной патологии. При этом различают три степени ограничения открывания рта, в зависимости от расстояния между режущими поверхностями верхних и нижних центральных резцов: I — амплитуда открывания рта слабо ограничена и возможна в пределах 30–40 мм, II — амплитуда открывания рта ограничена в пределах 10–15 мм, III — амплитуда открывания рта менее 10 мм.

Причинами контрактур челюстей могут быть: рубцовые изменения кожи, клетчатки, мышц, связок, костные спайки, воспалительные, опухолевые процессы и травмы околоуставных тканей. Систематизацию внесуставных нижнечелюстных контрактур можно представить следующим образом. По характеру течения различают: 1) нестойкие контрактуры, 2) стойкие контрактуры. По этиологии выделяют: 1) воспалительная контрактура жевательных мышц (тризм), 2) рефлекторная контрактура (тризм), 3) рубцовая контрактура, 4) механическая контрактура, 5) неврогенная контрактура (центрального генеза и периферического генеза), 6) агравационная контрактура.

К воспалительным контрактурам относятся патологические состояния, при которых в воспалительный процесс вовлекаются жевательные мышцы. Например,

у лиц с окологлоточными абсцессами и флегмонами, затруднённым прорезыванием третьих моляров.

К рефлекторным контрактурам относятся патологические состояния, при которых у пациентов отсутствуют воспалительные изменения жевательных мышц, какие-либо другие препятствия, ограничивающие открывание рта, обусловленные изменениями со стороны височно-нижнечелюстных суставов. Ограничение движения нижней челюсти обусловлено болевой реакцией за счёт натяжения тканей при открывании рта. Классическим примером данного состояния может служить флегмона щёчной области. Подобные ситуации могут возникать и при других воспалительных процессах и травматических повреждениях тканей окружающих нижнюю челюсть, за исключением процессов с вовлечением жевательных мышц.

Рубцовая контрактура может быть обусловлена рубцовым замещением ткани мышц, поднимающих нижнюю челюсть, а также тканей щёчной, околушно-жевательной, зачелюстной, крыловидно-нижнечелюстной, окологлоточной, подвисочной и височной областей.

Механическая контрактура может возникать у больных с переломами скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса, опухолевыми и опухолеподобными процессами, инородными телами (пулевые, осколочные снаряды и др.), локализующимися в тканях окружающих ветвь или ветви нижней челюсти.

Неврогенная контрактура делится на две группы: центрального и периферического генеза. К первой группе относятся процессы, локализующиеся в области двигательных ядер тройничного нерва и воздействующие на них. Такие процессы, как столбняк, менингит, эпилепсия, опухоли, травмы головного мозга и другие, вызывают возбуждение в ядре, а из него уже идёт импульс на сокращение мышц. Ко второй группе относятся все остальные процессы, располагающиеся вне головного мозга и делящиеся на внутрисуставные и внесуставные, развивающиеся в тканях, окружающих нижнюю челюсть.

Агравационная контрактура — это редко частичное или чаще полное ограничение открывания рта при отсутствии органических изменений со стороны зубочелюстного аппарата (механических препятствий) и нервной системы, наступающее вследствие неосознанной симуляции.

Для устранения контрактуры челюстей предложены различные методы и способы лечения, имеющие большую или меньшую степень клинической эффективности в зависимости от вида патологии. В частности, методы

медикаментозной терапии, сочетающие обезболивающий и миорелаксирующий эффекты фармакологических препаратов, используемые более в практике неврологии [1], курсы физиотерапии и ЛФК [2], постизометрическая релаксация мускулатуры челюстно-лицевой области с использованием приёмов мануальной терапии [3], хирургические способы, в большей степени направленные на устранение механических препятствий нижнечелюстным движениям и рубцово изменённых тканей [4, 5]. Наиболее широкое применение в практике челюстно-лицевой ортопедии для решения данной проблемы нашли методы активной механотерапии с использованием специальных устройств — роторасширителей различных конструкций, основанных на принципе действия рычага, или мануального пальцевого давления, осуществляемые методическими повторными многократными сеансами. Данный принцип терапии в большей степени направлен на устранение физиологического компонента патогенеза поражения жевательной мускулатуры, на медицинском сленге именуемом «разработкой мышц» [6, 7]. Тем не менее, практически все конструкции роторасширителей обладают одним широко распространённым недостатком — это грубое силовое воздействие на опорные зубы. Подобная хроническая механическая травма может привести к переломам опорных зубов, их вывихам или повреждению пародонта. Самостоятельное пальцевое давление пациентом для достижения стойкого роторасширяющего эффекта, приближающегося к физиологической норме, обладает клинически маловероятной эффективностью.

Таким образом, анализ научной литературы показал, что существующие различные методы и способы устранения контрактуры челюстей, теоретически направленные на решение данной проблемы, мало применимы в челюстно-лицевой ортопедии у больных с пострезекционными верхнечелюстными дефектами и не получили практического клинического подтверждения своей эффективности. В данной связи, в условиях стоматологической практики, данная категория больных на значительный период времени остаётся без оказания реабилитационных ортопедических стоматологических мероприятий по техническим причинам невозможности их выполнения. Это ведёт в свою очередь к формированию ряда специфических осложнений таких, как изменение пространственно-объёмных размеров послеоперационной полости («её сморщивание») и стойкое нарушение конфигурации лица за счёт западения мягких тканей на стороне изъяна, как результат рубцовой деформации. Исправить или эффективно скорректировать данные морфологические и эстетические недостатки в последующем с использованием протезно-ортопедических конструкций и в ряде случаев хирургических методов лечения практически невозможно.

Цель работы

Повышение качественных характеристик замещающего протезирования пострезекционных дефектов верхней челюсти, путём эффективного предварительного устранения контрактур челюстей.

Многолетний содружественный опыт совместной межвузовской работы профильных кафедр стоматологических факультетов Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» и Южно-уральского государственного медицинского университета по изучаемой проблеме в ортопедической стоматологической реабилитации данной категории больных, наблюдению ближайших и отдалённых результатов лечения позволяет заключить, что формирование контрактуры челюстей у больных с верхнечелюстными пострезекционными дефектами имеет особенности, определяемые взаимодействием ряда патогенетически взаимосвязанных и взаимообусловленных факторов — операционная травма, рубцовая деформация, повреждение лучистой энергией после лучевой терапии тканей мышц челюстно-лицевой области и элементов височно-нижнечелюстного сустава, отсутствие функциональной нагрузки зубочелюстного аппарата, болевой синдром и др. Как результат проявления последствий лучевой терапии являются прогрессирующий каскад микроциркуляторных нарушений за счёт облитерирующей ангиопатии, явлений фиброзного дегенерирования в тканях жевательных мышц, последующего гиалиноза, вплоть до развития очагового кальциноза (оссифицирующего миозита), а также поражения структурных элементов височно-нижнечелюстного сустава. Функциональный паралич жевательных мышц и, как следствие, значительная и стойкая их атрофия, усугубляются наличием элементов аграммационного симулирования на фоне выраженного болевого синдрома. То есть, иными словами, можно сказать, что контрактура челюстей у данной категории больных по своей сути и содержанию включает в себя отдельные компоненты нескольких из вышеперечисленных в систематике, взаимосвязанных между собой и отягощающих друг друга, формируя патогенетический замкнутый круг развития патологии.

Согласно нашему многолетнему клиническому опыту, наиболее эффективным методом устранения контрактур челюстей в данных клинических ситуациях является наша авторская методика, заключающаяся в последовательном использовании ряда сменяемых друг друга релаксационных окклюзионных шин-капп с постепенным увеличением высоты дизокклюзии с шагом до 5 мм, изготовленных из акриловой пластмассы непрямым методом. Рекомендуемое время использования шин-капп пациенту составляет 24 часа в сутки,



Рис. 1. Уровень ограничения открывания полости рта больной С. до начала ортопедического лечения.



Рис. 2. Релаксационная окклюзионная шина-каппа в полости рта больной С. в положение закрытого рта.

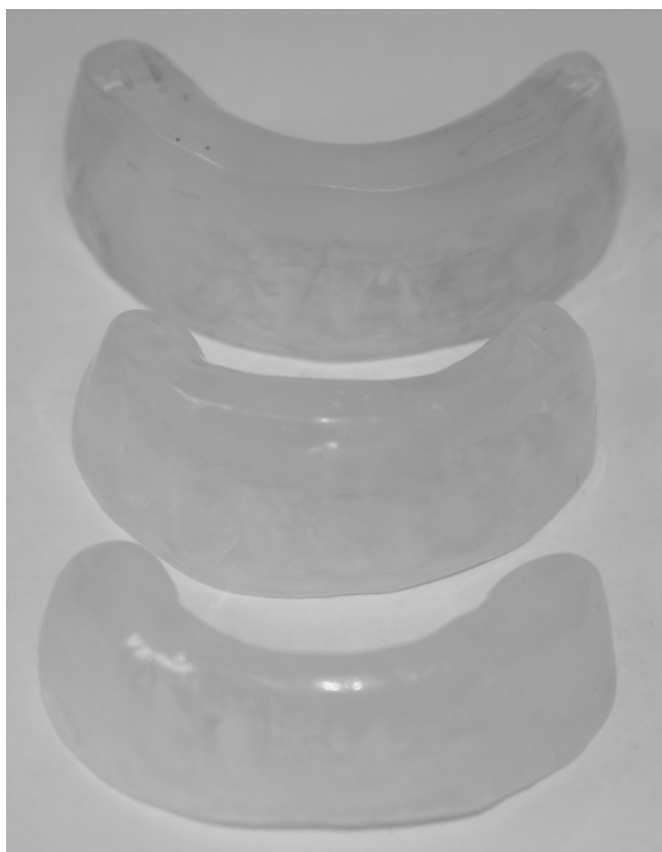


Рис. 3. Линейка динамически заменяемых релаксационных окклюзионных шин-капп больной С. для устранения контрактуры челюстей.



Рис. 4. Уровень открывания полости рта больной С. после окончания предварительной фазы подготовки перед началом ортопедического стоматологического лечения.

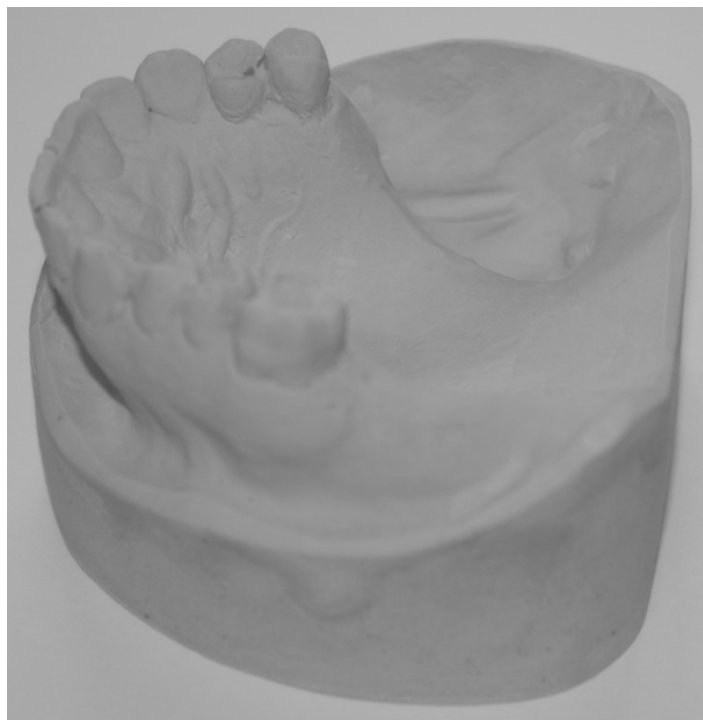


Рис. 5. Рабочая гипсовая модель пострезекционного верхнечелюстного дефекта больной С., полученная по верхнечелюстному оттиску по окончании устранения контрактуры челюстей.

за исключением периодов приёма пищи. Шаг увеличения дезокклюзии составляет от 14 до 28 суток в зависимости от индивидуального течения адаптационного периода в конкретной клинической ситуации. Средняя продолжительность курса, позволяющего планомерно и постепенно обеспечить полную релаксацию, растяжение и депрограммирование жевательных мышц до уровня физиологической нормы с устранением ограничения открывания рта и обеспечения технической возможности получения качественного оттиска, по нашим клиническим наблюдениям, в среднем составляет временной период до 3 мес.

В качестве иллюстрации метода приводим клиническое наблюдение. Больная С. 40 лет. DS: С-г верхней челюсти слева (С41.0), состояние после комбинированного лечения, пострезекционный дефект альвеолярного отростка и тела левой верхнечелюстной кости в проекции отсутствующих зубов 2.6, 2.7, 2.8 (M95.2), контрактура челюстей III степени (K07.6, M24.5), частичная вторичная верхнечелюстная адентия I класса по Кеннеди (K08.1). Устранение нижнечелюстной контрактуры выполнено с использованием трёх последовательно сменяемых друг друга релаксационных окклюзионных шин-капп с постепенным увеличением величины дезокклюзии в течение трёх месяцев (рис. 1–4). В результате лечения величину свободного открывания рта удалось увеличить с 8 мм (рис. 1) до 21 мм (рис. 4),

с обеспечением технической возможности свободного получения качественного оттиска верхнечелюстного изъёма по которому изготовлена рабочая гипсовая модель (рис. 5) и в последующем верхнечелюстной протез обтуратор.

Заключение

Наш многолетний практический опыт решения проблемы контрактуры челюстей у больных с верхнечелюстными пострезекционными дефектами путём последовательного использования сменяемых друг друга релаксационных окклюзионных шин-капп с постепенным увеличением высоты дизокклюзии показал высокую клиническую эффективность. Функционально-физиологический метод лечебного воздействия на различные звенья патогенеза развития контрактуры челюстей у данной категории больных позволяет разорвать замкнутый патогенетический круг её развития и добиться планомерной и постепенной релаксации, растяжения и депрограммирования жевательных мышц, а также адекватного функционирования элементов височно-нижнечелюстных суставов до приблизительного уровня физиологической нормы с устранением ограничения открывания рта. Вынужденная физическая нагрузка, оказывая действие на течение патологического процесса, усиливает крово- и лимфообращение в зоне повреждения, при соответствующей лечебной

программе систематического применения релаксационных окклюзионных шин-капп, вызывающих принудительную нагрузку на повреждённую мышечную ткань и усиленное лимфо и кровообращение, стимулирует рассасывание продуктов воспаления в очаге поражения, что способствует улучшению окислительно-восстановительных процессов и ускорению регенеративной способности повреждённой ткани с учётом функционального компонента. Предложенный метод устранения контрактуры челюстей у больных с верхнечелюстными пострезекционными дефектами прост в применении, не требует специального дорогостоя-

щего оборудования и расходных материалов, а также специальной подготовки врачебных и зуботехнических кадров, обладая при этом элементом экономической целесообразности на фоне высокой клинической эффективности. В данной связи разработанный метод рекомендуется для широкого клинического применения.

Конфликт интересов

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабиева, М.М. Применение препарата катадолон при лечении невралгии лицевого нерва, осложненной контрактурой мимических мышц с патологическими синкенезиями / М.М. Рабиева, С.Г. Рустамов, О.Ю. Гончарова // Научно-практический журнал ТИППМК. — 2013. — № 2. — С. 113–114.
2. Филиппова, Л.А. Роль лечебной физкультуры при выраженной воспалительной контрактуре челюстей / Л.А. Филиппова, А.А. Филиппова // Главный врач Юга России. — 2017. — № 55. — С. 21–22.
3. Опыт лечения больных с контрактурами мимических мышц приёмами мануальной терапии / А.Н. Емец, С.А. Дудариков, И.О. Плотникова [и др.] // В книге: Клиническая и патоморфологическая диагностика редко встречающихся повреждений и заболеваний. Случаи из практики. — Благовещенск, 2015. — С. 48–50.
4. Поляков, А.П. Хирургические аспекты устранения внесуставных и внутрисуставных контрактур височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с опухолью головы и шеи / А.П. Поляков // Злокачественные опухоли. — 2016. — № 4(21). — С. 315.
5. Шалумов, А.З. Лечение контрактуры височно-нижнечелюстного сустава, развившейся вследствие сочетанной черепно-лицевой травмы / А.З. Шалумов, А.Э. Талыпов // Нейрохирургия. — 2015. — № 1. — С. 87–89.
6. Климашин, Ю.И. Эффективный атравматичный способ механотерапии с эффектом роторасширения / Ю.И. Климашин, А.А. Горин // Медицинский алфавит. — 2012. — Т. 4., № 19. — С. 18–19.
7. Ковалёва, А.С. Ортопедические методы лечения при контрактурах и микростомии / А.С. Ковалёва, Э.Ф. Амоян, С.А. Хакуй // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 11(4). — С. 688–689.

© Галонский Владислав Геннадьевич (gvg73@bk.ru), Нуриева Наталья Сергеевна (natakipa@mail.ru),
Чернов Владимир Николаевич (chernovortstom@mail.ru), Кипарисов Юрий Сергеевич (7407704@mail.ru),
Градобоев Анатолий Владимирович (solutiomortalis@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БОЛЕЗНЬ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА: БОЛЕЗНЬ — «ХАМЕЛЕОН»

TEMPOROMANDIBULAR JOINT DISEASE: DISEASE — “CHAMELEON”

**K. Gusenkadiyeva
I. Rasulov**

Summary. The problem of diagnostics and treatment of anomalies of the temporomandibular joint, due to its complexity, is becoming more and more interesting. This work describes in detail the characteristic symptomatology of the pathology of the temporomandibular joint, describes possible methods of diagnostic studies, as well as options for therapy with a medical and surgical approach. Much attention is paid to the etiology of abnormalities and the importance of an individual approach, both to the moments of diagnosis and to treatment, is emphasized.

Keywords: temporomandibular joint, diagnosis, treatment.

Гусенкадиева Камила Нажмутдиновна
Аспирант, Дагестанский государственный
медицинский университет
kgusenkadiyeva@bk.ru

Расулов Ибрагим Магомедкамильевич
Доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет
solist@mail.ru

Аннотация. Проблема диагностики и лечения аномалий височно — нижнечелюстного сустава в связи с его сложностью приобретает всё большие интерес. В настоящей работе подробно описана характерная симптоматика патологии височно-нижнечелюстного сустава, охарактеризованы возможные способы диагностических исследований, а так же варианты терапии при медикаментозном и хирургическом подходе. Большое внимание уделяется этиологии аномалий и подчёркивается важность индивидуального подхода, как к моментам диагностики, так и к лечению.

Ключевые слова: височно — нижнечелюстной сустав, диагностика, лечение.

В настоящее время на аспектах верной диагностики и терапии поражений височно — нижнечелюстного сустава (ВНЧС) сосредоточены усилия многих научных центров. Подобный интерес связан в первую очередь со сложностью и уникальностью строения самого ВНЧС, а так же с выполняемыми им функциями.

Общеизвестно, что сама конструкция ВНЧС является одной из самых сложных суставных структур в человеческом теле, представляющих собой единую целостную кинематическую систему. Таким образом, одной из главных причин аномалий ВНЧС принято считать структурные аспекты самого сустава, а так же широкий спектр возможных реализуемых движений в различных плоскостях — в горизонтальной или вертикальной оси [1,7,12].

Другими причинами нередко являются сопутствующие системные заболевания, такие как остеопороз, остеохондроз или артрит. При этом, группу особого риска представляют пациенты пожилого возраста [5, 13].

Кроме того, нельзя исключать и внешнее механическое воздействие. Так, самыми частыми причинами патологического процесса ВНЧС может являться большой спектр особенностей: от слишком широкого открыва-

ния полости рта при зевании или приеме пищи, до удаления зубов и различных травм [14]. Существуют литературные данные, согласно которым аномалии ВНЧС часто (примерно в половине всех случаев) появляются у пациентов после посещения стоматолога [13]. При этом главным триггером считался либо аспект чрезмерной нагрузки на сам сустав в ходе лечебных манипуляций, либо проявление хронических повреждений, что может быть вызвано изменением положения нижней челюсти при лечении, удалении зубов, которые влекут за собой изменение положения сустава — сжатие суставного диска и изменение его локализации, что в свою очередь увеличивает вероятность вывиха [12].

Очень часто дисфункция ВНЧС часто проявляется в виде щёлканья в суставе, заклинивания рта, боли в лице и ряде других неприятных симптомов. Более того, что очень часто аномалия ВНЧС способна копировать симптоматику других заболеваний или скрываться за ней. Так, например, данного поражения так же характерны не всегда очевидные симптомы: мигрень и головная боль, скрежет зубов, боли в спине и шее, боль в ушах, невралгия тройничного нерва или напряжение челюсти [12]. Самыми первыми указывающими сигналами о дисфункции ВНЧС принято считать боли в месте сочленения сустава, что связано с подвижностью нижней челюсти, напряжённостью или стягиванием жеватель-

ных мышц, появление хруста, щелчков, треска, хлопанья, наличие зигзагообразных движений при открытии/закрытии рта, припухлость и асимметрию лица, а кроме того неверную слаженность работы при движении суставной головки и суставного диска [4]

Таким образом, смещение «мизерного» сустава и диска способно сильно снизить качество жизни человека: нарушить процессы приёма пищи, нормальной речи и социализации. Именно поэтому и специалисту, и пациенту нужно понимать, что симптомы представляют собой только верхушку айсберга, но могут подсказать верный путь при диагностике и последующей терапии.

Сегодня в качестве диагностики возможных аномалий ВНЧС применяется широкий спектр методик: сбор анамнеза и опрос самого пациента, пальпация и осмотр, методики магнитно — резонансной томографии, и ультразвукового исследования. Следует отметить, что именно комбинированное применение различных способов при диагностике позволяет в кратчайшие сроки распознать аномалию ВНЧС, подобрать советующую схему лечения и немедленно приступить к терапии, что особенно актуально, если клиническая картина аномалии ВНЧС «смазана» чем — либо ещё [2,3].

Как уже было отмечено ранее, чаще всего пациенты жалуются на ряд первоочередных, заметных симптомов — боли, хруст, заклинивание или ограничение в движении нижней челюсти.

Кроме того, в клинической практике чаще всего проводят обследование: изучение степени подвижности нижней челюсти при открытии и закрытии рта с определением амплитуды и симметричности движений нижней челюсти, исследуется характер экскурсии суставных головок, симптоматика нарушения височно — челюстных суставов и состояние жевательных мышц в состоянии покоя и работы. Кроме того, особое внимание уделяется типу прикуса [2,11].

Кроме того, для диагностики и постановления диагноза применяют широкий спектр инструментальных методик.

Одним из них являются лучевые методы диагностики. Самым распространённым и простым методом считается рентгенография, что позволяет просто и наглядно установить состояние костных структур элементов сустава. Однако, данный подход не способен отразить состояние мягких структур внутри сустава, а классические варианты обзорной рентгенографии не способны детально отобразить состояния ряда костных элементов из-за наложения других структур черепа [4,6]. Поэтому

в последние годы актуальность приобретает вариант артрографии, что представляет собой рентгенографическое исследование с введением контрастного вещества в полость сустава. Подобный вариант часто комбинируется с аспектом линейной томографии, что позволяет более детально и подробно изучить аномалии при ВНЧС [7].

Не меньшее распространение получила методика компьютерной томографии. Она позволяет исследовать не только костные аспекты, такие как локализацию суставных головок по отношению друг к другу, форму суставных поверхностей, но и элементы мягких тканей. Однако, для лучшей оценки состояний мягких тканей, целесообразно использовать контрастное вещество [1].

Несколько более прогрессивной методикой считается применение ультразвукового исследования, поскольку помимо состояния твёрдых костных элементов, можно оценить и состояние прилегающих более мягких структур. Согласно имеющимся литературным данным, для лучшей диагностики целесообразно использовать датчики более высокой частоты, а так же вариант трёхмерного ультразвукового исследования [10].

Согласно имеющимся литературным данным при лечении патологий ВНЧС большое внимание уделяется комплексному, мультитаргетному подходу, при котором терапия способна влиять на разные звенья патологического процесса. Так, установлено, что при лечении первоочередное значение имеет снятие боли и спазма мышц, исключение симптомов декомпрессии сустава, восстановление суставного диска, а так же целостности зубных рядов при необходимости и регенерация костной и хрящевой ткани [1,9].

Несмотря на то, что на сегодняшний день существует ряд общих принципов, правил и схем согласно которым и поводится сама терапия, в моментах непосредственно клинической практики должен преобладать индивидуальный подход к каждому пациенту. Так, например, для терапии внутренних нарушений целесообразно применить индивидуальную окклюзионную шину, которые в зависимости от направленности лечения имеют градацию на разобщающие, миорелаксирующие, стабилизирующие и репозиционные шины [8, 13].

В последнее время особую актуальность приобрели малоинвазивные методики хирургического вмешательства — артролаваж и артроцентез. Так, вариант артролаважа представляет собой очищение суставной полости посредством промывания её раствором Рингера или физиологическим раствором, что позволяет нивелировать развитие воспалительного процесса, устраняет фиброзные спайки и создаёт оптимальные варианты для верного положения суставного диска при патологическом изме-

нении его локализации. Процедура артроцентеза несколько похожа на вариант артролаважа и применяется, как правило, при вывихах и более тяжёлых и длительных аномалиях ВНЧС. Она отличается от предыдущего варианта тем, что введению раствора Рингера предшествует введение местного анестетика, а после него, для восстановления хрящевой ткани, целесообразно вводить хондропротекторные препараты на основе гиалуроновой кислоты, глюкозамина и хондроитина [2,13].

Заключение

В результате, становится очевидна важность комплексного подхода при лечении симптомов и меха-

низмов развития аномалий ВНЧС, а так же коррекции специфики их проявления. Становится очевидно, что важными задачами современного здравоохранения должны стать не только внедрение превентивных мер профилактики и предупреждение развитие подобных нарушений, что особенно актуально ввиду их вероятного хронического характера, но и изучение и изыскание новых, более совершенных методик диагностики патологий ВНЧС. Становится очевидно, что из-за особой сложности строения самой структуры, только благодаря индивидуальному, но в то же время комплексному способу лечения становится возможным полностью нивелировать негативную симптоматику при данном заболевании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иорданишвили А.К., Сериков А.А., Солдатова Л.Н., Жидких Е.Д., Овчинников К.А., Николайчук Е.А. Оценка лечения патологии височно — нижнечелюстного сустава на фоне дисплазии соединительной ткани с использованием синдрома психосенсорно — анатомо — функциональной дезадаптации. Курский научно — практический журнал «Человек и его здоровье». — 2018. — № 3.
2. Иванов С.Ю. Диагностика и комплексное лечение заболеваний височно — нижнечелюстного сустава. — 2019.
3. Ефанова Н.С. Комплексный подход к диагностике и лечению заболеваний ВНЧС. Международный студенческий вестник. — 2016. — № 2 — С.60.
4. Сангулия С.Г., Зизевский С.А. Комплексная оценка результатов лечения больных с дисфункцией височно — нижнечелюстного сустава. Казанский медицинский журнал. — 2004. — Т. 85. — № 3.
5. Иорданишвили А., Рыжак Г., Солдатова Л. Диагностика и лечение заболеваний височно — нижнечелюстного сустава у людей пожилого и старческого возраста. Litres, 2021.
6. Aiello G., Metcalf I. (1992). Anaesthetic implications of temporomandibular joint disease. Canadian journal of anaesthesia, 39(6), 610–616.
7. Haskin C.L., Milam S.B., Cameron I.L. (1995). Pathogenesis of degenerative joint disease in the human temporomandibular joint. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 6(3), 248–277.
8. Kamelchuk L.S., Major P.W. (1995). Degenerative disease of the temporomandibular joint. Journal of orofacial pain, 9(2).
9. Warmerdam E.P.L., Klein W.R., Van Herpen B.P.J.M. (1997). Infectious temporomandibular joint disease in the horse: computed tomographic diagnosis and treatment of two cases. Veterinary Record, 141(7), 172–174.
10. Joint T. (2012). Temporomandibular Joint. Physical Rehabilitation of the Injured Athlete: Expert Consult-Online and Print, 282.
11. Wolford L.M. (1997). Temporomandibular joint devices: treatment factors and outcomes. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 83(1), 143–149.
12. Posselt U. (1971). The temporomandibular joint syndrome and occlusion. The Journal of prosthetic dentistry, 25(4), 432–438.
13. Guarda-Nardini L., Tito R., Staffieri A., Beltrame A. (2002). Treatment of patients with arthrosis of the temporomandibular joint by infiltration of sodium hyaluronate: a preliminary study. European archives of oto-rhino-laryngology, 259(5), 279–284.
14. Güven O. (2000). A clinical study on temporomandibular joint ankylosis. Auris Nasus Larynx, 27(1), 27–33.

© Гусенкадиева Камила Нажмутдиновна (kgusenkadiyeva@bk.ru), Расулов Ибрагим Магомедкамильевич (solist@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГАЛЕКТИН-3 КАК НОВЫЙ БИОМАРКЕР ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

GALECTIN-3 AS A NEW BIOMARKER IN CHRONIC HEART FAILURE

**A. Zinkina
Yu. Trusov
K. Bogdanov
E. Moskalev**

Summary. Heart failure is considered an epidemic disease, affecting 1% to 2% of the world's adult population. At the moment, an urgent problem is the study of new biological markers of chronic heart failure, which would become effective tools for monitoring the quality of applied personalized medicine, early diagnosis, accurate prediction of clinical outcome, which together is of great importance for stratification of patient risk. This paper presents the results of the performed analysis of studies devoted to the use of galectin-3 as a biomarker of heart failure. The analyzed studies can be divided into 4 categories: studying the value of a substance for diagnosis; studying risk stratification for the most effective and adequate therapy; controlling the body's response to the prescribed and implemented therapy; predicting morbidity and mortality both in the short term and in the long term.

Keywords: heart failure, galectin-3, biomarker, NT-proBNP, predictive value, diagnostic value.

Зинкина Анна Алексеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации
anna-zinkina@mail.ru

Трусов Юрий Александрович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации

Богданов Кирилл Михайлович

Врач клинической лабораторной диагностики, ГБУЗ
«Самарская областная клиническая больница имени
В.Д. Середавина»

Москалев Еуджинуи

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации

Аннотация. Сердечная недостаточность считается эпидемическим заболеванием, которым страдает от 1% до 2% мирового взрослого населения. На данный момент актуальной проблемой является исследование новых биологических маркеров хронической сердечной недостаточности, которые стали бы эффективными инструментами мониторинга качества применяемой персонализированной медицины, ранней диагностики, точного прогноза клинического исхода, что в совокупности имеет огромное значение для стратификации риска пациента. В данной работе приводятся результаты выполненного анализа исследований, посвященных использованию галектина-3 в качестве биомаркера сердечной недостаточности. Проанализированные исследования можно разделить на 4 категории: изучающие ценность вещества для диагностики; изучающие стратификацию риска для максимально эффективной и адекватной терапии; контролирующие ответ организма на назначенную и реализуемую терапию; прогнозирующие заболеваемость и смертность как на короткий период, так и на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: сердечная недостаточность, галектин-3, биомаркер, NT-proBNP, прогностическая ценность, диагностическая ценность.

Сердечная недостаточность считается эпидемическим заболеванием, которым страдает от 1% до 2% мирового взрослого населения [1]. Сердечная недостаточность представляет собой многофакторное системное заболевание, при котором после повреждения сердца активируются структурные, нейрогуморальные, клеточные и молекулярные механизмы, которые действуют как сеть для поддержания

физиологического функционирования. Эти скоординированные, сложные процессы приводят к повышенной симпатической активности, перераспределению кровообращения, что является причиной развития различных, параллельно развивающихся клинических признаков и симптомов. Эти признаки и симптомы сводятся к неспецифической клинической картине, что диктует необходимость использования инвазивных

и неинвазивных диагностических инструментов для постановки точного диагноза и определения основной причины заболевания [2].

Наиболее важным фактором, определяющим исход сердечной недостаточности, является ее постоянное прогрессирование. Постоянная оптимизация фармакотерапевтических режимов, новые цели и тонкая регуляция этих процессов пытаются удерживать эти компенсаторные механизмы в физиологическом диапазоне. Помимо фармакологической терапии, варианты интервенционной и хирургической терапии открывают новые возможности в лечении сердечной недостаточности. Известно, что чем раньше выявлена патология, тем результативнее лечение [3]. Таким образом, на данный момент актуальной проблемой является исследование новых биологических маркеров хронической сердечной недостаточности, которые стали бы эффективными инструментами мониторинга качества применяемой персонализированной медицины, ранней диагностики, точного прогноза клинического исхода, что в совокупности имеет огромное значение для стратификации риска пациента.

Сегодня активно используется только один биомаркер хронической сердечной недостаточности (ХСН) — мозговой натрийуретический пептид (BNP) [4]. Определение уровня BNP и N-концевого фрагмента его предшественника (NT-proBNP) применяется в ходе скрининга нарушения функций желудочков сердца, для постановки диагноза и дальнейшего прогноза результативности реализуемой терапии ХСН. Уровень данных показателей напрямую зависит от индивидуальных особенностей пациента: пола, возраста, массы тела, наличия мерцательной аритмии и почечной недостаточности [5]. Это еще раз подчеркивает необходимость поиска новых современных биомаркеров ХСН.

- ◆ Галктин-3 (имеет также другие обозначения: L29, Мас-26 CBP-35) является βотвечает за активацию Т-клеток, нейтрофилов и лаброцитов;
- ◆ отвечает за запуск ангиогенеза и апоптоза;
- ◆ отвечает за регулирование клеточной адгезии;
- ◆ способен индуцировать и ингибировать клеточный рост с дальнейшей дифференциацией.

Помимо этого, вещество увеличивает силу противовоспалительных сигналов, так как характеризуется хемотаксическим действием для моноцитов и макрофагов, а также принимает участие в фагоцитозе макрофагами нейтрофилов. Галектин-3 почти не выявляется в кардиомиоцитах, в то время как миокардные фибробласты экспрессируют высокую долю рассматриваемого вещества [7].

Проведенные исследования продемонстрировали экспрессию галектина-3 мРНК у лабораторных крыс,

которые имели артериальную гипертензию. Позднее было выявлено, что вещество в высоком содержании присутствует у животных с сердечной недостаточностью на стадии прогрессирования [8, 9].

Современные исследования также продемонстрировали зависимость от дозы нарастания экспрессии галектина-3 в сосудах гладких мышц лабораторных животных в ответ на альдостерон, нарастание протекает в течение 24 часов после введения. Гиперэкспрессия рассматриваемого протеина в 1.6 раза выше депозиции коллагена I типа. [10].

Проведенный литературный обзор литературных источников показал высокий потенциал галектина-3 в качестве биомаркера. Проанализированные исследования можно разделить на 4 категории:

1. Изучающие ценность вещества для диагностики.
2. Изучающие стратификацию риска для максимально эффективной и адекватной терапии.
3. Контролирующие ответ организма на назначенную и реализуемую терапию.
4. Прогнозирующие заболеваемость и смертность как на короткий период, так и на долгосрочную перспективу.

Ценность вещества для диагностики

Исследование 2006 года показало, что между тяжестью пациент и уровнем галектина-3 нет корреляции. При этом было выявлено, что галектин-3 уступает NT-proBNP в плане диагностической специфичности [11].

На основании результатов другого исследования можно сделать вывод о том, что у пациентов с сердечной недостаточностью с сохранной и сниженной фракцией выброса, чему соответствует повышенный уровень галектина-3 в сыворотке крови, отмечается более выраженный фиброз миокарда, это ведет к прогрессированию диастолической дисфункции. Из данного исследования вытекает, что определение галектина-3 имеет высокое диагностическое значение, при этом определение галектина-3 в совокупности с NT-proBNP позволяет определить тип сердечной недостаточности, оценить результат терапии, уточнить степень тяжести, разработать прогноз и оценить риски отрицательного исхода [12].

Стратификация риска

Исследование, проведенное объединением авторов «CORONA Study Group» выявило, что у пациентов, у которых уровень галектина-3 в плазме крови был ниже или равен среднему значению, частоты первичных конечных точек в ходе терапии розувастатином

снижалась на 30.6% относительно пациентов, которые получали плацебо ($p=0.019$). Целью этого исследования было определение эффективности терапии розувастатином у пациентов с сердечной недостаточностью систолического типа ишемического происхождения с низким уровнем галектина-3. В исследовании приняли участие 1492 пациента, у 411 из них в течение 33 месяцев были зарегистрированы случаи инфаркта миокарда, нефатального инсульта, смерти в результате сердечно-сосудистых причин [13]. Также в ходе данного исследования было обнаружена следующая корреляция: у пациентов, у которых уровень галектина-3 в плазме крови выше среднего уровня, терапия с применением розувастатина является более эффективной.

Другое исследование, которое было проведено Valsartan Heart Failure Trial, было выявлено, что у пациентов, у которых уровень галектина-3 в плазме крови ниже среднего уровня, при терапии с применением валсартана, снижалась частота госпитализаций по поводу хронической сердечной недостаточности. При этом для пациентов, у которых уровень содержания галектина-3 в плазме крови выше среднего уровня, терапия с применением валсартана была неэффективна [14, 15].

Рассмотренные исследования имеют особое значение для оценки и понимания роли галектина-3 в качестве биомаркера сердечно-сосудистых заболеваний, однако до сих пор данный протеин не используется в клинической практике. Это обуславливает необходимость реализации дополнительных экспериментов и исследований для оценки влияния фармакотерапии на уровень галектина-3 в плазме крови, оценки ценности вещества относительно стратификации рисков и разработки прогнозов клинических исходов заболевай сердечно-сосудистой системы.

Контроль и наблюдение за эффективностью терапии

Нельзя недооценивать важность влияния реализуемой фармакотерапии на уровень галектина-3 в плазме крови в качестве биомаркера сердечной недостаточности и других заболеваний сердечно-сосудистой системы. На данный момент имеющиеся исследования концентрируют внимание на определении исходного уровня данного протеина.

К примеру, было выполнено исследование, в ходе которого выполнялись замеры галектина-3 в плазме крови у пациентов с терминальной стадией хронической сердечной недостаточности до и после имплантации левого желудочка, искусственного сердца или операции по трансплантации сердца (всего в исследовании участвовали 55 человек).

Полученные показатели сравнивались с людьми, не страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями (средний уровень рассматриваемого протеина в плазме крови составил 4.08 нг/мл). Было выявлено существенное повышение уровня галектина-3 в плазме крови у пациентов, страдающих ХНС (в среднем, уровень составил 11.2 нг/мл), в то время как замена левого желудочка и механическая разгрузка сердца не влияли на снижение уровня галектина-3 в плазме крови [16].

Другое исследование продемонстрировало повышение уровня галектина-3 в плазме крови у пациентов, которые умерли в результате полиорганной недостаточности, относительно пациентов, которые выжили и затем перенесли трансплантацию сердца. В исследовании приняли участие 151 человек, у которых кровообращение поддерживалось искусственным путем [17].

Другое исследование было реализовано Cardiac Resynchronization in Heart Failure с целью изучения, насколько плазменная концентрация галектина-3 зависит от сердечной ресинхронизирующей терапии. Длительность исследования составила 18 месяцев, в нем приняли участие 270 пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Было обнаружено, что уровень NT-proBNP демонстрирует положительный эффект реализуемой терапии, а плазменная концентрация галектина-3 меняется незначительно на фоне положительных изменений состояния пациентов, принимающих ресинхронизирующую терапию [18].

Имеющиеся исследования говорят о том, что на данный момент нет точных сведений и данных, которые могли бы подтвердить ценность галектина-3 в кровяной плазме или сыворотке в качестве биомаркера для контроля эффективности применяемой терапии.

Прогностическая роль

Исследование, организованное PRIDE, было посвящено изучению, насколько галектин-3 ценен для прогностической ценности в течение коротких периодов. В исследовании были задействованы 209 человек. Было выявлено, что при сердечной недостаточности большей диагностической ценностью обладает NT-proBNP, в данном плане он превышает галектин-3, а вот более результативным предиктором краткосрочной смертности является галектин-3 [13].

Другое исследование, реализованное CARE-HF, продемонстрировало, что начальная плазменная концентрация галектина-3 коррелирует с показателями госпитализации и смертности пациентов с хронической сердечной недостаточностью. В частности, при плаз-

менной концентрации галектина-3 свыше 30 нг/мл в 2 раза увеличивался риск наступления госпитализации и смертности от ХНЛ [18].

Исследование, реализованное HF-ACTION показало, что риск наступления госпитализации и смертности от ХНЛ увеличивался в последовательности: высокий галектин-3/ низкий NT-ptoBNP, низкий галектин-3/ высокий NT-ptoBNP, высокий галектин-3/высокий низкий NT-ptoBNP [19].

Прогностическая ценность рассматриваемого протеина также была изучена в исследовании DEAL-HF, в котором приняли участие 233 пациента с ХСН. Исследование длилось 6.5 лет. Было выявлено, что у 50% пациентов плазменная концентрация галектина-3 превышала норму, при этом она была в корреляции с уровнем NT-ptoBNP и возрастом пациента. Прямой выраженной зависимости между индикатором фракций выброса, генеза сердечной недостаточности и плазменной

концентрацией галектина-3 выявлено не было. Было выявлено, что галектин-3 является мощным предиктором смертности из-за СН и ХСН. Исследование позднее было проведено с увеличением длительности наблюдения до 8.8 ± 1 лет и подтвердило результаты первого исследования [20].

Важно учитывать, что уровень галектина-3 ассоциировался с почечной дисфункцией, которая часто является спутником ХСН.

Обсуждение и выводы

Выполненный анализ исследований подтвердил возможность и высокий потенциал применения галектина-3 в качестве биомаркера сердечной недостаточности. Однако для реализации возможности его эффективного использования в клинической практике и в ходе разработки современных лекарственных средств, необходимы дополнительные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tanai E, Frantz S. Pathophysiology of Heart Failure. *Compr Physiol*. 2015 Dec 15;6(1):187–214.
2. Mosterd A, Hoes AW. Clinical epidemiology of heart failure. *Heart*. 2007 Sep;93(9):1137–46.
3. Gedela M, Khan M, Jonsson O. Heart Failure. *S D Med*. 2015 Sep;68(9):403–5, 407–9.
4. Максимов М.Л. Влияние кардиоселективного бета-блокатора небиволола на глобальную и локальную сократимость миокарда у больных ишемической болезнью сердца, осложненной хронической сердечной недостаточностью. Автореф. дис. . . канд. мед. наук. М., 2004.
5. Драпкина О.М., Дуболазова Ю.В. Применение биологических маркеров в диагностике диастолической сердечной недостаточности. *Журн. Сердечная недостаточность*. 2011; 12 (6).
6. Kim H, Lee J et al. Expression and immunohistochemical localization of galectin-3 in various mouse tissues. *Cell Biol Int* 2007; 31 (7): 655–2.
7. Sharma UC et al. Galectin-3 marks activated macrophages in failure-prone hypertrophied hearts and contributes to cardiac dysfunction. *Circulation* 2004; 110 (19): 3121–8.
8. Shroen B, Heymans S et al. Thrombospondin-2 is essential for myocardial matrix integrity: increased expression identifies failure-prone cardiac hypertrophy. *Circ Res* 2004; 95 (5): 515–22.
9. Calvier L et al. Galectin-3 mediates aldosterone-induced vascular fibrosis. *Atheroscler Thromb Vasc Biol* 2013; 33 (1): 67–75.
10. Felker GM et al. Galectin-3 in ambulatory patients with heart failure: results from the HF-ACTION study. *Circ Heart Fail* 2012; 5 (1): 72–8.
11. Kjekhus J et al. CORONA group. Rosuvastatin in older patients with systolic heart failure. *N Engl J Med* 2007; 357 (22): 2248–61.
12. Дуболазова Ю.В. Оценка клинического течения хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. Автореф. дис канд. мед. наук. М., 2012.
13. Gullestad L, Ueland T, Kjekshus J, Nymo SH, Hulthe J, Muntendam P, Adourian A, Böhm M, van Veldhuisen DJ, Komajda M, Cleland JG, Wikstrand J, McMurray JJ, Aukrust P; CORONA Study Group. Galectin-3 predicts response to statin therapy in the Controlled Rosuvastatin Multinational Trial in Heart Failure (CORONA). *Eur Heart J*. 2012 Sep;33(18):2290–6.
14. Cohn JN et al. Valsartan Heart Failure Trial Investigators. A randomized trial of the angiotensin-receptor blocker valsartan in chronic heart failure. *N Eng J Med* 2001; 345 (23): 1667–75.
15. Anand IS, Rector TS, Kuskowski M, Adourian A, Muntendam P, Cohn JH. Baseline and serial measurements of galectin-3 in patients with heart failure: relationship to prognosis and effect of treatment with valsartan in the Val-HeFT. *Eur J Heart Fail*. 2013 May;15(5):511–8.
16. Milting H et al. Plasma biomarkers of myocardial fibrosis and remodeling in terminal heart failure patients supported by mechanical circulatory support devices. *J Heart Lung Transplant* 2008; 27 (6): 589–96.
17. G. Erkilet, S. Schulte-Eistrup, M. Morshuis, B. Bohms, D. Roefe, J. Gummert, H. Milting. Plasma galectin-3 is increased in terminal heart failure patients and is elevated in patients surviving mechanical circulatory support. *J Heart Lung Transplant* 2010; 29 (2): S65.
18. Lopez-Andrés N, Rossignol P, Iraqi W, Fay R, Nuée J, Ghio S, Cleland JGF, Zannad F, Lacombe P. Association of galectin-3 and fibrosis markers with long-term cardiovascular outcomes in patients with heart failure, left ventricular dysfunction and dyssynchrony: insights from CARE-HF (Cardiac Resynchronization in Heart Failure) trial. *Eur J Heart Fail* 2012 Jan;14(1):74–81.

19. Felker GM, Fiuzat M, Shaw LK, Clare R, Whellan DJ, Bettari L, Shirokhar SC, Donahue M, Kitzman DW, Zannad F, Piña IL, O'Connor CM. Galectin-3 in ambulatory patients with heart failure: results from the HF-ACTION study. *Circ Heart Fail* 2012; 5 (1): 72–8.
20. Lok D, Der Meer PD, Bruggink-André de la Porte PW, Lipsic E, Wijngaarden JV, Hillege HL, van Veldhuisen DJ I. Prognostic value of galectin-3, a novel marker of fibrosis, in patients with chronic heart failure: data from DEAL-HF study. *Clin Res Cardiol* 2010; 99 (5): 323–28.

© Зинкина Анна Алексеевна (anna-zinkina@mail.ru), Трусов Юрий Александрович,
Богданов Кирилл Михайлович, Москалев Еуджиниу.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Самарский государственный медицинский университет

ПРИМЕНЕНИЕ БОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ АУТОПЛАЗМЫ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С АСЕПТИЧЕСКИМ НЕКРОЗОМ ТАРАННОЙ КОСТИ 1–2 СТ

PLATELET-RICH PLASMA IN THE MANAGEMENT OF OSTEOCHONDRAL LESIONS OF THE TALUS OF 1–2 STAGE

**B. Kalinskiy
A. Kashcheev
G. Kashcheev**

Summary. The treatment of most orthopedic diseases and the consequences of traumatic injury is a serious problem for modern traumatology. The use of treatment methods using cellular technologies can improve the results of therapy. However, the problem osteochondral lesions block talus is very important in modern traumatology and orthopedics. The article presents the results of treatment of 8 patients with osteochondral lesions of the talus 1–2 art. of different Genesis, which for the period from 2016 to 2019 was performed an arthroscopic debridement of the ankle joint with subchondral introduction of PRP. 7 patients underwent similar surgery without the introduction of PRP. The average age of patients was 26 years, the average duration of the disease — 4 years. As a result of the performed surgeries, the average score on the ACFAS scale in the main group increased from 62 to 92 after surgery, in the control group from 62 to 85 after surgery (the follow-up period was 2 years on average).

Keywords: platelet-rich plasma, PRP, osteochondral lesion, talus, arthroscopy.

Калинский Борис Маркович

*Заведующий травматологическим отделением, ГKB
имени С.П. Боткина г. Москвы
bkalinsky@yandex.ru*

Кащеев Антон Андреевич

*Травматолог-ортопед, ГKB имени С.П. Боткина
г. Москвы
doktorkash@mail.ru*

Кащеев Григорий Андреевич

*Травматолог-ортопед, ГKB имени С.П. Боткина
г. Москвы
doktorkasheev@mail.ru*

Аннотация. Лечение большинства ортопедических заболеваний и последствий травматического повреждения представляет серьезную проблему для современной травматологии. Использование методик лечения с применением клеточных технологий способно улучшить результаты терапии. Однако проблема остеохондральных поражений блока таранной кости (ОПБК) является актуальной в современной травматологии и ортопедии. В статье представлены результаты лечения 8 пациентов с остеохондральными повреждениями таранной кости 1–2 ст. (ОПТК) различного генеза, которым за период с 2016 по 2019 г. была выполнена артроскопическая санация голеностопного сустава с субхондральным введением PRP. 7 пациентам выполнены аналогичные операции без введения PRP. Средний возраст пациентов составил 26 лет, средняя продолжительность заболевания — 4 года. В результате выполненных оперативных вмешательств средний балл по шкале ACFAS у основной группы увеличился до 92 после оперативного вмешательства (по сравнению с 62), у контрольной группы до 85 по сравнению с 62 до операции.

Ключевые слова: плазма обогащенная тромбоцитами, остеохондральные поражения, таранная кость, артроскопия.

Введение

Повреждения голеностопного сустава представляют наиболее часто встречаемую патологию среди населения трудоспособного возраста. Согласно литературным данным, в структуре спортивной травмы преобладают посттравматические изменения таранной кости (5% случаев). Среди них лидирующее место отводится асептическому некрозу различной стадии [1–5].

Таранная кость предрасположена к остеонекрозу из-за её уникального анатомического строения (боль-

шая площадь таранной кости покрыта суставным хрящом), кровоснабжающей артериальной сети и малого количества перфорирующих питательных артерий [1, 2]. Образование участка некроза в данном случае является результатом механического повреждения или окклюзионного поражения артерий. Формирование зоны некроза сопровождается активацией ряда процессов, среди которых реоссификация, реваскуляризация и резорбция некротической ткани имеют первостепенное значение. В связи с тем, что плотность здоровой и некротической ткани в начале заболевания не различается, выполнение рентгенологического исследования является нецелесообразным. Золотым стандартом

диагностики на начальном этапе развития является проведение МРТ [3,6].

Метод обладает чувствительностью и специфичностью до 99% [7]. Типичной находкой на МРТ является пятнистый отек костного мозга (усиление сигнала в режиме T2 изображений с насыщением жира, снижение сигнала в режиме T1-взвешенных изображений). Позже, по мере развития склероза в зоне остеонекроза, проявляется сниженный сигнал в обоих режимах (T1 и T2). По периферии зоны остеонекроза между некротизированной костью и жизнеспособной грануляционной тканью проявляется симптом двойной линии, гиперинтенсивная внутренняя линия в T2 взвешенном режиме [4, 8]. Существует множество классификаций остеонекроза. При написании этой статьи была выбрана классификация Ассоциации по изучению кровоснабжения костной ткани (Association Research Circulation Osseous ARCO) [9]. Остеохондральные поражения таранной кости представляет собой дилемму: существует несколько вариантов лечения, но все они недостаточно эффективны [10]. Кроме того, несмотря на то что доступно множество вариантов лечения, включая ограничение нагрузки на конечность, костную пластику, артроскопическую декомпрессию, талэктомию и артродез, таким образом нет единого мнения об идеальной стратегии лечения остеонекроза таранной кости [10]. Остеонекроз таранной кости — это важная проблема, которой в современной профессиональной литературе должно уделяться большее внимание в связи с тем, что одним из грозных ее осложнений является быстро развивающийся деформирующий остеоартроз голеностопного сустава тяжелой степени у пациентов молодого возраста. Это негативно отражается на качестве их жизни, нарушает трудоспособность и приводит к инвалидизации [7,12,13].

В связи с этим, достаточно раннее выявление некротических процессов до появления рентгенологических признаков и клинических синдромов («патологические переломы») является главным. Применение МРТ может обеспечить своевременную диагностику и способствовать выбору оптимальной тактики ведения таких пациентов [3,5,7,8].

Цель исследования

Проанализировать результаты нового метода лечения асептического некроза таранной кости 1–2 ст. и оценить его эффективность.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 15 человек обоего пола, в возрасте от 18 до 40 лет, с асептическими некрозами таранной кости 1–2 ст. У 6 человек (37,5%)

данная патология развилась после спортивной травмы; у 4 человек (25%) — после бытовой травмы. Остальные 6 человек (37,5%) отрицали наличие травмы в анамнезе.

В процессе работы были выполнены этапные клинические осмотры и инструментальные исследования. Каждому пациенту оценивали состояние субхондральной зоны и выраженности остеонекроза по результатам МРТ. Для верификации патологии применялась международная классификация WORMS (Whole Organ Magnetic Resonance Imaging Score). Она основана на изменении интенсивности сигнала T2 в последовательности изображений. Использование программы RadiAnt DICOM Viewer позволило определять размеры очага отека на срезах МРТ.

Оценку результатов проводили через 4–24 месяцев с момента операции. Для этого применяли контрольные результаты МРТ исследований (классификация по WORMS). Так же использовалась шкала клинической оценки Американской Коллегии Хирургии Стопы и Голеностопного сустава — ACFAS. Ее применение позволяет ценить динамику восстановительного лечения, оценить болевой фактор, изменение функциональной активности голеностопного и коленного суставов.

8 пациентам основной группы проводилось следующее лечение: В начале по методике 30 мл аутологичной венозной крови помещали в специальный двойной шприц и центрифугировали 5 минут. Далее забирали 3 мл PRP из образца после центрифугирования. Использовалась система Arthrex ACP System. Затем выполняли санационно-диагностическую артроскопию голеностопного сустава, применяли дебридмент для туннелизации области остеохондрального повреждения. Затем в данную область субхондрально и интраоссально вводилась аутоплазма пациента (PRP), которая обогащена тромбоцитами. Процедура проводилась под контролем ЭОП (электронно-оптического преобразователя), PRP в область остеонекроза вводилась по 3 мм аспирационной игле. 7 пациентам контрольной группы проводилась санационно-диагностическая артроскопия голеностопного сустава, дебридмент.

Результаты

Спустя полгода после оперативного вмешательства проводилась оценка по шкале ACFAS: хороший результат достигнут у 6 пациентов (75%) основной группы и 4 пациентов (57%) контрольной группы. Удовлетворительный результат был зафиксирован в 25% случаев среди пациентов основной группы (2 человека) и в 28% случаев среди пациентов контрольной группы (28%).

Неудовлетворительный результат получен у одного пациента контрольной группы (14,5%). В результате вы-

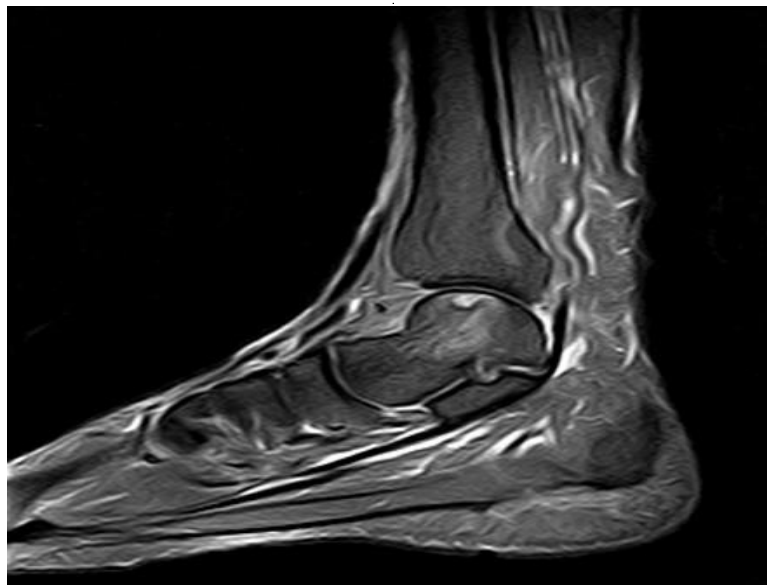


Рис. 1. Схематическое изображение некроза медиальной фасетки блока таранной кости 2 ст. слева, образовавшегося после травмы.



Рис. 2. Введение аутоплазмы проводится под ЭОП контролем для точного позиционирования костного троакара.

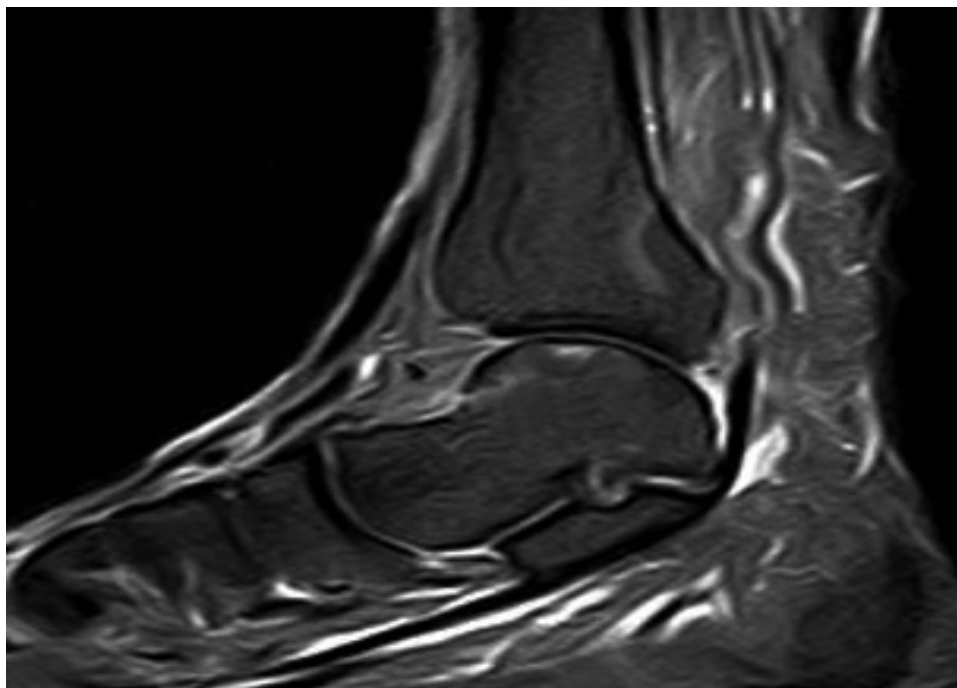


Рис. 3. Контрольное МРТ исследование через 6 мес., отмечается уменьшение зоны деструкции и отека блока таранной кости.

полненных оперативных вмешательств средний балл по шкале ACFAS у основной группы вырос с 62 до операции до 92 после операции, у контрольной группы с 62 до операции до 82 после операции (период наблюдения в среднем 2 года).

Далее мы рассмотрим следующие клинические случаи:

Пациентка, 27 лет, поступила в травматологическое отделение ГKB им. С.П. Боткина (№ ИБ 101243_19). Диагноз: Посттравматический асептический некроз медиальной фасетки блока таранной кости 2 ст. левого голеностопного сустава (рис. 1). Из анамнеза: травма, полученная при занятиях футболом.

Госпитализация пациента осуществлялась в плановом порядке, обследование выполнялось амбулаторно. Больному проведено оперативное вмешательство, включающее в себя выполнение санационно-диагностической артроскопии левого голеностопного сустава, дебридмент, ревизию участка асептического некроза таранной кости. Дополнительно в область остеохондрального дефекта (субхондрально и интраоссально) была введена аутоплазма пациента (PRP), которая была обогащена тромбоцитами (рис. 2).

Течение раннего послеоперационного периода не сопровождалось развитием осложнений. Заживле-

ние ран было путем первичного натяжения. Удаление швов осуществляли своевременно.

Режим активации без осевой нагрузки на оперированную ногу в сроке до 6 недель соблюдался больным в полном объеме. На контрольных рентгенограммах не было выявлено отклонений от нормы. Через 4 месяца в ходе клинического наблюдения пациент полностью вернулся к повседневной деятельности, его не беспокоили боли в голеностопном суставе. По прошествии 6 месяцев с момента операции выполнена контрольное МРТ исследование, на котором отмечалось практически полное разрешение остеонекротических изменений таранной кости (рис. 3).

Больной отмечал выраженное снижение болевого синдрома, тугоподвижности в суставе. По шкале ACFAS количество баллов составило 55- до операции и 95 после операции.

Выполнение лечебных мероприятий у данного пациента дало отличный результат. Была достигнута хорошая функциональная реабилитация пациента.

Выводы: разработанная методика лечения способствует достижению хороших результатов лечения, обеспечивает должную функциональную реабилитацию пациента и значительное улучшение качества его жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alves R, Grimalt R. A review of platelet-rich plasma: history, biology, mechanism of action, and classification. *Skin Appendage Disord.* 2018;4(1):18–24.
2. Andia I, Rubio-Azpeitia E, Martin JI, Abate M. Current concepts and translational uses of platelet rich plasma biotechnology. *Biotechnology.* 2015. DOI: 10.5772/59954
3. Hall MP, Band PA, Meislin RJ, Jazrawi LM, Cardone DA. Platelet-rich plasma: current concepts and application in sports medicine. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17(10):602–608.
4. Mishra A, Tummala P, King A, Lee B, Kraus M, et al. Buffered platelet-rich plasma enhances mesenchymal stem cell proliferation and chondrogenic differentiation. *Tissue Engineering Part C, Methods.* 2009;15(3):431–435.
5. Murray IR, LaPrade RF. Platelet-rich plasma: renewed scientific understanding must guide appropriate use. *Bone Joint Res.* 2016;5(3):92–94.
6. Dolkart O, Chechik O, Zarfati Y, Brosh T, Alhajjra F. A single dose of platelet-rich plasma improves the organization and strength of a surgically repaired rotator cuff tendon in rats. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(9):1271–1277.
7. Iqbal J, Pepkowitz SH, Klapper E. Platelet-rich plasma for the replenishment of bone. *Curr Osteoporos Rep.* 2011;9(4):258–263.
8. Fitzpatrick J, Bulsara MK, McCrory PR, Richardson MD, Zheng MH. Analysis of platelet-rich plasma extraction: variations in platelet and blood components between 4 common commercial kits. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(1).
9. Oh JH, Kim W, Park KU, Roh YH. Comparison of the cellular composition and cytokine-release kinetics of various platelet-rich plasma preparations. *Am J Sports Med.* 2015;43(12):3062–3070.
10. Weibrich G, Kleis WK, Streckbein P, Moergel M, Hitzler WE. Comparison of point-of-care methods for preparation of platelet concentrate (platelet-rich plasma). *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(4):762–769.
11. Becher C, Driessen A, Hess T, Longo UG, Maffulli N. Microfracture for chondral defects of the talus: maintenance of early results at midterm follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy.* 2010;18(5):656–663.
12. Guney A, Akar M, Karaman I, Oner M, Guney B. Clinical outcomes of platelet rich plasma (PRP) as an adjunct to microfracture surgery in osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2384–2389.
13. Choi WJ, Park KK, Kim BS, Lee JW. Osteochondral lesion of the talus: is there a critical defect size for poor outcome? *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1974–1980.
14. Gormeli G, Karakaplan M, Gormeli CA, Sarikaya B, Elmali N, et al. Clinical effects of platelet-rich plasma and hyaluronic acid as an additional therapy for talarosteochondral lesions treated with microfracture surgery: a prospective randomized clinical trial. *Foot Ankle Int.* 2015;36(8):891–900.
15. Mei-Dan O, Carmont MR, Laver L, Mann G, Maffulli N, et al. Platelet-rich plasma or hyaluronate in the management of osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med.* 2012;40(3):534–541.

© Калининский Борис Маркович (bkalinsky@yandex.ru),

Кашеев Антон Андреевич (doktorkash@mail.ru), Кашеев Григорий Андреевич (doktorkasheev@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕВЕРСИВНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА ПРИ ДЕФИЦИТЕ КОСТНОЙ МАССЫ ЛОПАТКИ

ALGORITHM FOR PERFORMING REVERSE SHOULDER ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH A DEFICIT OF SCAPULA BONE MASS

**G. Kesyan
G. Karapetyan
A. Shuyskiy
R. Urazgil'deev
I. Arsen'ev
O. Kesyan**

Summary. Purpose. To develop an algorithm of actions for shoulder arthroplasty with reverse implants in conditions of bone mass deficiency of the articular cavity of the scapula.

Material and methods. In the conditions of the 8th department of the N.N. Priorov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, reverse shoulder arthroplasty was performed in patients with bone mass deficiency of the articular cavity of the scapula, who were replaced with both marginal and extensive bone defects of the glenoid.

Results. On the basis of the conducted research, a consistent surgical tactic was developed to compensate for the lack of bone tissue of the scapula and to implant the components of a reversible shoulder endoprosthesis.

Conclusion. The developed tactics of actions for defects of the articular cavity of the scapula allows for reverse shoulder arthroplasty in these complex clinical cases, taking into account the disturbed anatomy of the shoulder joint.

Keywords: arthroplasty, reverse arthroplasty, autograft, osteoarthritis, omarthrosis.

Кесян Гурген Абавенович

*Д.м.н., профессор, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России*

Карапетян Григорий Сергеевич

*К.м.н., врач травматолог-ортопед, ФГБУ «НМИЦ ТО
им. Н.Н. Приорова» Минздрава России*

Шуйский Артём Анатольевич

*Аспирант, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России
shuj-artyom@mail.ru*

Уразгильдеев Рашид Загидуллович

*Д.м.н., в.н.с., ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России*

Арсеньев Игорь Геннадьевич

*К.м.н., с.н.с., ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России*

Кесян Овсеп Гургенович

*К.м.н., с.н.с., ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России*

Аннотация. Цель. Разработать алгоритм действий при эндопротезировании плечевого сустава имплантами реверсивного типа в условиях дефицита костной массы суставной впадины лопатки.

Материал и методы. В условиях 8 отделения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России производилась реверсивная артропластика плечевого сустава пациентам с дефицитом костной массы суставной впадины лопатки, которым производилось замещение как краевых, так и обширных костных дефектов гленоида.

Результаты. На основании проведённого исследования разработана последовательная хирургическая тактика восполнения дефицита костной ткани лопатки и имплантации компонентов реверсивного эндопротеза плечевого сустава.

Заключение. Разработанная тактика действий при дефектах суставной впадины лопатки позволяет производить реверсивное эндопротезирование в данных сложных клинических случаях с учётом нарушенной анатомии плечевого сустава.

Ключевые слова: артропластика, реверсивное эндопротезирование, ауто-трансплантат, остеоартроз, омартроз.

Введение

Методом оперативного лечения травм и заболеваний плечевого сустава, сопровождающихся выраженными изменениями анатомии суставных структур, является реверсивное эндопротезирование [1]. Учитывая такие положительные стороны реверсивной артропластики как смещение центра ротации сустава, улучшение натяжения и тонуса дельтовидной мышцы, показания данной операции расширяются с течением времени [2].

На основании литературных данных известно, что в 38% случаев травматологи сталкиваются с дефицитом костной массы суставной впадины лопатки при выполнении реверсивного эндопротезирования плечевого сустава [3, 4]. Подобные дефекты суставной впадины лопатки составляют большую сложность для корректной установки метаглена и гленосферы из-за трудностей интраоперационной дифференцировки истинной и ложной плоскости суставной поверхности.

Согласно литературным источникам, для таких случаев созданы специальные направляющие устройства, которые позволяют устанавливать метаглен в правильном положении по отношению к шейке лопатки [5]. В данных случаях недопустима медиализация гленосферы, а также нежелательно проведение ножки метаглена и фиксирующих винтов через зону дефекта вне костной ткани. Эта ошибка может привести к раннему вывиху эндопротеза. Возможно также нарушение компрессии метаглена к лопатке, нестабильность винтов и миграция лопаточного компонента. Известны методики восполнения дефицита костной ткани гленоида при помощи костной аутопластики из резецированной головки плеча или аллопластики, использования аугментов и модификации лопаточных компонентов эндопротеза [6]. Многие авторы указывают на то, что наиболее оптимальным костнопластическим материалом являются губчатые аутотрансплантаты, так как губчатая кость обладает высоким потенциалом для сращения и, соответственно, более выраженными остеогенными, остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами [7, 8]. Учитывая отсутствие общепризнанного чёткого алгоритма действий при данных сложных случаях, проблема реверсивного эндопротезирования плечевого сустава при дефектах суставной поверхности лопатки, является актуальной.

Цель

Разработка и оценка эффективности тактики действий при реверсивной артропластике плечевого сустава в условиях дефектов и дефицита костной массы суставной поверхности лопатки.

Материал и методы

В условиях 8 отделения ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России производилась реверсивная артропластика плечевого сустава пациентам с дефицитом костной массы суставной впадины лопатки, которым производилось замещение как краевых, так и обширных костных дефектов гленоида.

В рамках предоперационного обследования пациента оценивался болевой синдром, объём движений в суставе, функциональное состояние дельтовидной мышцы. Принципиально важным методом исследования являлось проведение компьютерной томографии плечевого сустава с трёхмерным моделированием, так как на её основании производилась оценка объёма и методов предполагаемой реконструкции суставной впадины лопатки.

При наличии массивного дефицита костной массы суставной впадины лопатки и медиализации костной площадки для имплантации метаглена, необходимо проведение аутопластики трансплантатом значительного размера. После произведённого хирургического доступа к плечевому суставу суставную поверхность лопатки обрабатывали фрезой. Рассчитывали толщину трансплантата для необходимой латерализации суставной поверхности лопатки. Выполняли забор костного аутотрансплантата из гребня крыла подвздошной кости. Выполняли моделирование трансплантата, выполняли аутопластику концентрическим с ножкой метаглена значительного размера трансплантатом. Причем, установку трансплантата производили по направляющей спице, по которой через трансплантат рассверливали канал ножки метаглена. Метаглен устанавливали через центр аутотрансплантата в лопатку с учётом угла наклона суставной впадины и биомеханических данных пациента. Добивались достижения компрессии и плотного прилегания поверхностей всех элементов системы лопатка — трансплантат — метаглен по отношению друг к другу на удлинённой ножке метаглена без формирования «зазоров» и пустых пространств. Далее осуществляли проведение фиксирующих метаглен винтов, причем принципиальным являлось использование винтов необходимой длины через костный трансплантат в лопатку для обеспечения его компрессии, стабильности, ремоделирования и последующей консолидации с костной тканью.

При наличии краевых дефектов гленоида без медиализации всей суставной поверхности лопатки производилась их костная аутопластика, фиксация трансплантата с последующей установкой компонентов эндопротеза. Пластика краевых дефектов суставной поверхности лопатки выполняли следующим образом. Выполняли доступ к суставной поверхности лопатки,

удаляли рубцовые ткани, суставной хрящ. Проводили визуальную, мануальную и инструментальную оценку параметров дефекта и определяли величину потери костной массы суставной впадины. Далее выполняли хирургический доступ к гребню подвздошной кости, остеотомом производили забор костного ауто трансплантата необходимой величины. Производили моделирование ауто трансплантата в зависимости от формы и размеров дефекта, осуществляли его имплантацию в зону дефекта. Выполняли остеосинтез трансплантата канюлированными металлическими или биорезорбируемыми винтами. Метаглен устанавливали с учётом угла наклона сформированной суставной впадины лопатки и биомеханических данных пациента. После достижения компрессии и плотного прилегания поверхностей всех элементов системы лопатка — трансплантат — метаглен фиксировали метаглен винтами. Принципиальным являлось проведение винтов необходимой длины в тело лопатки для обеспечения компрессии ауто трансплантата, его стабильности, перестройки и последующей консолидации с костной тканью лопатки. Даже после выполнения замещения небольших дефектов, целесообразно выбирать ревизионные метаглены с удлинённой ножкой для их более стабильной фиксации. Основопологающим является попадание длинной ножки метаглена в тело лопатки.

Результаты

На основании проведённого исследования разработана последовательная хирургическая тактика восполнения дефицита костной ткани лопатки и имплантации компонентов реверсивного эндопротеза плечевого сустава.

Проведено наблюдение за пациентами, которым была выполнена костная аутопластика суставной поверхности лопатки и последующее реверсивное эндопротезирование. У всех пациентов выявлено отсутствие вывихов эндопротеза на протяжении всего срока наблюдения. По данным компьютерной томографии выявлена перестройка и остеоинтеграция трансплантатов, без признаков нестабильности метаглена с винтами и фиксирующих трансплантат имплантов.

Обсуждение

Имплантация лопаточного компонента реверсивного эндопротеза на медиализированную суставную

поверхность лопатки, приводит к осложнениям, связанным с нарушением центрации ножки протеза по отношению к гленосфере и отсутствием необходимого натяжения и тонуса дельтовидной мышцы [3]. Данные нарушения биомеханики при реверсивном эндопротезировании приводят к вывихам плечевого компонента [3].

Гребень крыла подвздошной кости в качестве донорской зоны забора трансплантата выбран нами с учётом того, что губчато-кортикальный трансплантат обладает необходимыми механическими свойствами, является оптимальным в плане репаративной регенерации и восстановления костной массы [3, 8]. В похожих условиях губчатый трансплантат из резецированной головки плечевой кости обладает более податливой структурой и не обеспечивает необходимую механическую прочность для латерализации суставной впадины лопатки [6]. Более того, зачастую на фоне гиповаскулярных и дегенеративно-дистрофических изменений головка плечевой кости вовсе отсутствует. При некоторых заболеваниях и посттравматических изменениях проксимального отдела плечевой кости не удаётся произвести забор костной ткани и из этой зоны.

Решение проблемы дефицита костной массы суставной впадины лопатки при реконструктивных вмешательствах и эндопротезировании плечевого сустава, разработка тактики действий в зависимости от формы и объёма дефекта имеет большую практическую значимость [6].

Заключение

Согласно нашему практическому опыту, в большинстве случаев причиной нестабильности метаглена и дислокации компонентов эндопротеза является некорректная имплантация лопаточного компонента с нарушением угла установки и офсета гленосферы. Разработанная тактика действий при дефектах суставной впадины лопатки позволяет производить реверсивное эндопротезирование в данных сложных клинических случаях с учётом нарушенной анатомии плечевого сустава.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Frankle M, Marberry S, Pupello D. Reverse shoulder arthroplasty. Cham-Switzerland, 2016; 486 p.
2. Кесян Г.А., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С. и др. Реверсивное эндопротезирование плечевого сустава в сложных клинических случаях. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии 2019; (4): 111–120

3. Formaini N, Everding N, Levy J. The effect of glenoid bone loss on reverse shoulder arthroplasty baseplate fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 2015; 6: 1–7.
4. Kyriacou S, Falworth M. The management of glenoid bone loss in shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 6: 21–30.
5. Грегори Т.М. Устройство эндопротезирования плечевого сустава. Патент РФ № 2569531. Опубликовано 27.11.2015. Бюллетень № 33
6. Seidl AJ, Williams GR, Boileau P. Challenges in reverse shoulder arthroplasty: addressing glenoid bone loss. *Orthopaedics* 2016; 39 (1): 14–23.
7. Анастасиева Е.А., Садовой М.А., Воропаева А.А., Кирилова И.А. Использование ауто- и аллотрансплантатов для замещения костных дефектов при резекциях опухолей костей (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России* 2017; (3): 148–155.
8. Берченко Г.Н., Кесян Г.А., Уразгильдеев Р.З. и др. Сравнительное экспериментально-морфологическое исследование влияния некоторых используемых в травматолого-ортопедической практике кальцийфосфатных материалов на активизацию репаративного остеогенеза. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН* 2006; (4): 327–332.

© Кесян Гурген Абавенович, Карапетян Григорий Сергеевич,
Шуйский Артём Анатольевич (shuj-artuom@mail.ru), Уразгильдеев Рашид Загидуллович,
Арсеньев Игорь Геннадьевич, Кесян Овсеп Гургенович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ФГБУ ЦИТО им. Н.Н. Приорова

ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВАЯ ТРАВМА У ДЕТЕЙ, ПОСТРАДАВШИХ ВНУТРИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

SPINAL CORD INJURY IN CHILDREN INJURED INSIDE A CAR IN ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

**A. Maksumov
O. Iskhakov
S. Meshcheryakov**

Summary. Road traffic accidents occupy one of the leading positions in injury and death rates among children and remain one of the main causes of spinal and spinal cord injuries in children. Injuries of the spinal column, accompanied by spinal cord injury, can lead to irreversible consequences, gross neurological deficit, which significantly affects the quality of life of a child and his family. The severity and nature of the damage is determined by many factors, such as age, location in the vehicle, type of child's restraint and seat belts, as well as their correct use. Driving safety and observance of traffic rules, car type and speed at the moment of accident are of great importance. Favorable prognosis in terms of recovery and the child's quality of life depend on some aspects, such as correctly performed prehospital measures, speed of transportation to the appropriate medical institution for specialized care, injury nature, child's age, type and sequence of surgical intervention performed, timely started rehabilitation measures, and many other factors.

Keywords: road traffic injuries, spine, spinal cord, seat belt, child restraint, combined damage, child injury.

Максумов Александр Алишерович

*Н.с., нейрохирург, ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ
dr.maksumov@gmail.com*

Исхаков Олимджан Садыкович

Д.м.н., нейрохирург, ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ

Мещеряков Семен Владимирович

Н.с., нейрохирург, ГБУЗ НИИ «Неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ

Аннотация. Дорожно-транспортные происшествия занимают одну из лидирующих позиций по травматизму и смертности среди детей, а также остаются одной из основных причин травм позвоночника и спинного мозга у детей.

Повреждения позвоночного столба, сопровождаемые травмой спинного мозга, могут приводить к необратимым последствиям, грубому неврологическому дефициту, что значительно влияет на качество жизни ребенка и его семьи. Тяжесть и характер повреждения определяется многими факторами, такими как возраст, местоположение в автомобиле, тип детского удерживающего устройства и ремней безопасности, правильностью их использования. Большое значение имеют безопасность вождения и соблюдение правил дорожного движения, тип автомобиля, скорость, на которой произошла авария.

Для благоприятного прогноза в плане выздоровления и жизни ребенка в целом имеют такие аспекты, как правильно выполненные догоспитальные мероприятия, скорость доставки в соответствующее лечебное учреждение для оказания специализированной помощи, характер травмы, возраст ребенка, вид и последовательность выполняемого оперативного вмешательства, своевременность проведения реабилитационных мероприятий и многие другие показатели.

Ключевые слова: дорожно-транспортный травматизм, позвоночник, спинной мозг, ремни безопасности, детские удерживающие устройства, сочетанные повреждения, детская травма.

Введение

Одной из глобальных мировых проблем является дорожный травматизм [1,2]. Рост автотранспорта и одновременное увеличение количества личных автомобилей приводит к сохранению высоких показателей травматизма при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), в том числе среди детей [2,3].

ДТП является одной из основных повреждений позвоночника и спинного мозга в детском возрасте [3,4]. Большое число повреждений с вовлечением позвоночника и невральных структур у детей при нахождении внутри автомобиля носят характер сочетанной травмы. Существенное влияние на характер повреждения спинного мозга, клинические проявления, выбор тактики ведения пациентов оказывают возрастные анатомо-физиологические особенности позвоночника и спинного мозга у детей, а также структура и тяжесть сочетанных повреждений.

Актуальность изучения позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ) в структуре сочетанных повреждений у детей, находившихся в салоне автомобиля обусловлена прежде всего тем, что тяжелые повреждения внутренних органов, деформация позвоночника, тяжелые неврологические нарушения приводят к инвалидизации в детском возрасте.

Цель работы. Анализ литературных данных, посвященный вопросам позвоночно-спинномозговой травмы у детей, находившихся внутри автомобиля при ДТП и использовавших ремни безопасности (РБ) и детские удерживающие устройства (ДУУ), который может помочь в построение правильного лечебно-диагностического алгоритма.

Эпидемиология травмы позвоночника у детей

Согласно исследованиям, проведенным в Австралии, Объединенных Арабских Эмиратах и Ирландии, ДТП были основной причиной ПСМТ у взрослого населения и составили 45%, 48% и 34–42%, соответственно [27; 28; 29; 30]. Анализ аварийности в Российской Федерации показывает снижение числа аварий с 173700 до 133203 в период от 2016 по 2018 годы. Но при анализе показателей смертности за 2018 г. отмечается рост летальных исходов на 16000 в сравнении с показателями за 2015–2016 гг. Самой частой причиной ДТП остается несоблюдение скоростных режимов (31,4%) [31]. Детский травматизм, обусловленный ДТП, относится к достаточно актуальной проблеме в РФ, причем самый частый вид травмы, который сопровождается высокими показателями смертности — это травма, получен-

ная внутри автомобиля. [8]. По данным ГИБДД только за первый месяц 2018 г. произошло 1196 ДТП с участием детей, 57,5% из которых получили травму в салоне автомобиля [32]. Согласно исследованию в США проведенному R. Zonfrillo, M. Losey и соавторов, в исследование которых вошли 59 детей пострадавших в ДТП и имевших в структуре травмы спинальные повреждения. Пострадавшие использовали различные средства фиксации: обычный трехточечный ремень 88%, кресло с пятиточечным ремнем, установленным по ходу движения 12% [10].

Эпидемиология травмы позвоночника у детей

Согласно ВОЗ, выделяют следующие возрастные групп детей: I группа от 0 до 3 лет, II группа от 3 до 6 лет, III группа от 6 до 10 лет, IV группа от 10 до 15 лет и V группа от 15 до 18 лет. В каждой из возрастных групп используются различные ДУУ, которые представлены в таблице 1, рекомендованные для перевозки детей. Лица старше 12 лет используют стандартные трехточечные ремни безопасности.

Большое значение в характере повреждений позвоночника и спинного мозга у детей отводится факторам, обусловленным возрастными анатомо-морфологическими особенностями организма ребенка, специальными ДУУ с различными вариантами фиксации ребенка, месту и положению ребенка в салоне [5,6] Автотранспортной экспертизой США установлен тип ДТП, при котором возможно повреждение ремнем безопасности — лобовое столкновение, боковой удар и опрокидывание. Такие повреждения возможны уже при средней скорости — $51,3 \pm 17$ км/ч [38].

В структуре повреждений у детей можно выделить черепно-мозговую травму, показатели которой варьируются в зависимости от возраста детей и составляют от 54% у детей в возрасте 10–15 лет, до 88% у детей до 3-х лет. Особенности повреждений туловища определяются возрастными показателями и типами используемой фиксации внутри автомобиля. Для детей 3–15 лет характерны переломы грудной клетки, травмы легких различной степени тяжести, переломы позвоночника в грудном отделе, которые редко возникают в возрасте до 3-х лет. У детей в возрастной группе 10–15 лет наиболее часто возникают переломы костей таза, тяжелые повреждения органов брюшной полости в сочетании с переломами позвоночника на поясничном уровне. Скелетной травме верхних конечностей чаще подвергаются дети 3–6 лет. Травма нижних конечностей чаще встречаются у детей в I и II возрастных группах, однако повреждения костей голени чаще встречается у детей в старшем возрасте. Подобное

Таблица 1. Детские удерживающие устройства.

Группа	Особенности фиксации	Возраст	Вес и рост
0+	Автолюлька	0–6 мес.	до 13 кг; 40–85 см
1	Пятиточечный ремень, спинка, боковая защита	9мес — 4 года	9–18 кг; 80–105 см
2	Крепление штатными трёхточечными ремнями	3,5–7 лет	15–26 кг; 100–145см
3	Бустер	6–12 лет	до 36 кг; до 154 см

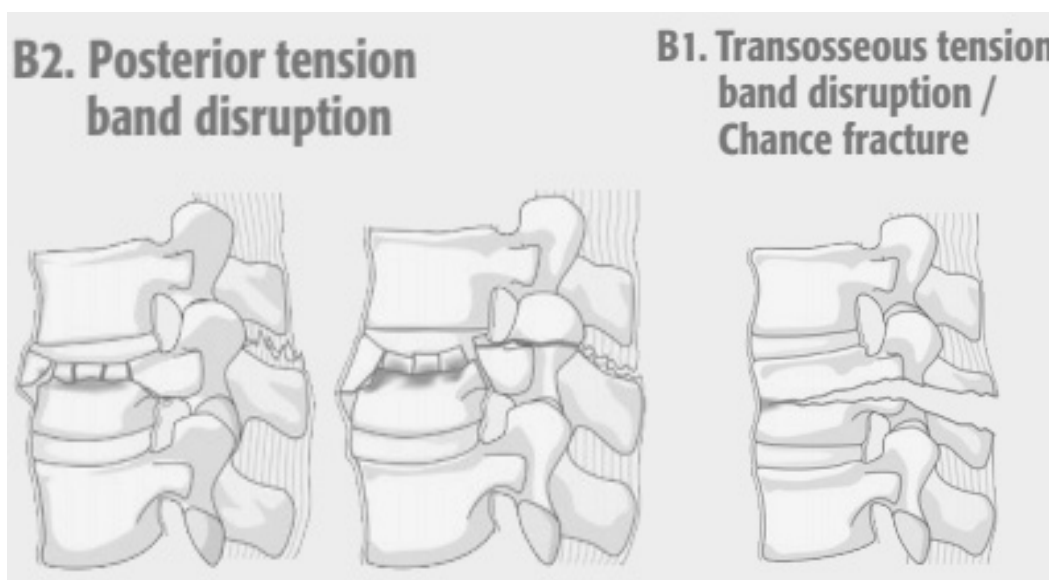


Рис. 1. AO Spine: тип В

распределение травм нижних конечностей связано с особенностями роста и положения ног в автомобиле в совокупности с ДУУ и РБ. R. Zonfrillo отмечает, что позвоночный столб — самая уязвимая область, на 42 ребенка — 94 повреждения, следовательно у большинства детей были многоуровневые и множественные повреждения позвоночного столба. В структуре травмы также встречались повреждения нижней конечности или таза — 56 повреждений, органов брюшной полости — 39, органов грудной клетки — 36 [10]. Поскольку соотношение головы и туловища у детей больше, по сравнению со взрослыми, то точка приложения

травмы смещается к голове и, следовательно, увеличивается риск затылочно-атлантоаксиального повреждения. Отсутствие полной оссификации и слабых связок увеличивает риск повреждения связок [7,8,9,10].

Основные механизмы, принимающие участие в повреждении позвонков и спинного мозга у детей при ДТП с использованием средств фиксации

Впервые, Tourin B. и Garrett J. описывают и вводят понятие «Seat-belt» травмы (травма от ремня безо-

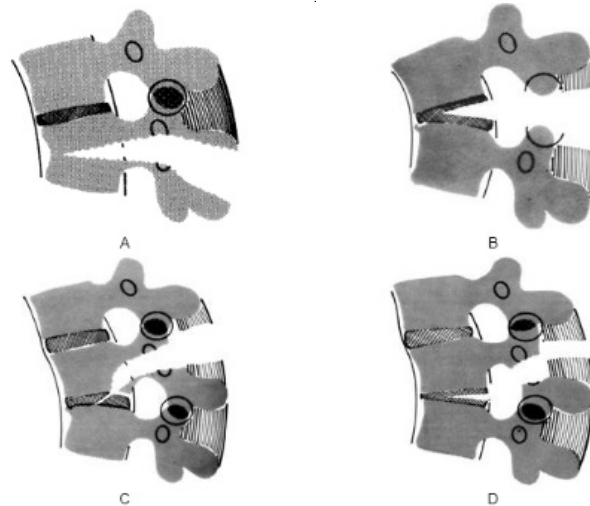


Рис. 2. Dennis

пасности) в 1960. Обратившие внимание на специфические кожные метки — широкополосные ссадины и кровоподтеки на туловище, соответствующие лямкам ремня [25]. Такие повреждения получили название «Seat-belt». Это повреждения от ремня безопасности, возникающее в момент столкновения автомобиля, и характеризующееся повреждением мягких тканей и внутренних органов в результате сжатия их петель ремня и повреждением позвоночного столба в результате флексии и деструкции относительно точки фиксации. Согласно классификации AO Spine это повреждения тип B1 и B2 (Рис. 1) [36]. Согласно классификации Dennis — флексионно-дистракционное повреждение (Рис. 2) [37].

Как правило, механизмы, приводящие к такого рода травмам, являются комбинированными. Наиболее частыми являются: компрессионная флексия; дистракционная флексия (комбинация сгибания и растяжения), торсионная (вращающая, ротационная) флексии, дистракционная экстензия (комбинация разгибания и растяжения) [13,15].

К основному патофизиологическому механизму можно отнести две фазы: первая — повреждение спинного мозга относят немедленное механическое повреждение, которое способствует развитию ушибов в области спинного мозга вследствие постоянного или временного сдавливания. Развитие второй фазы обусловлено появлением дисфункциональных расстройств и гибелью клеток нервной ткани через несколько часов или недель после первичного повреждения в результате деструктивного и биохимического воздействия. В развитии нарушений проводимости со стороны спинного мозга важная роль отводят

процессам, формирующимся в остром периоде травмы спинного мозга. Такие повреждения приводят к необратимым изменениям в тканях и к появлению грубого неврологического дефицита [11,12,13]. Существует большое количество работ, посвящённых синдрому ремня безопасности (seat-belt syndrome (SBS)), но большинство из них не затрагивает проблему травм позвоночника и сфокусированы в основном на повреждениях грудной клетки, органов брюшной полости, скелетной травме [39,40].

Алгоритм диагностики ПСМТ

В клинической практике у детей наиболее часто используется следующая последовательность диагностических мероприятий [16]: 1) Rg-графия позвоночного столба. 2) Спондилография. 3) КТ позвоночного столба на уровне повреждения. 4) Люмбальная пункция с ликвородинамическими пробами. 5) КТ-миелография. 6) МРТ. 7) Выполнение вертебральной ангиографии.

Результаты проведенного МРТ исследования позволяют оценить повреждения связочного, мышечного и дискового аппарата позвоночника, выявить наличие стеноза позвоночного канала, сдавление дурального мешка, гемодинамические нарушения, повреждения спинного мозга и нервных корешков [41].

Многообразие сочетанных повреждений и их отсроченные клинические проявления, неполная инструментальная диагностика приводят к тому, что от 25% до 37% повреждений пропускается. Акцент делается на ведущем повреждении, тогда как другие сочетанные повреждения, на первый взгляд малозначимые, игно-

Таблица 2. Сравнение MIS и открытой ТПФ.

	MIS	Открыто	p
Пол			
м	11	18	
ж	0	9	
Возраст	40,1+/-20.3	24,7+/-15.3	0,4
ASIA			
до операции	5	4,41+/-1.28	0,31
в раннем периоде	5	4,56+/-1.19	0,42
Койко-дни	7,6+/-3.8	11,2+/-7	0,12

рируются [10]. Согласно исследованию Lindsay M и соавторов из анализа лечения 26 детей, с нестабильными повреждениями торако-люмбального отдела, где количество детей с переломами типа Chance (seat-belt) было 26%. В 8% эти повреждения были выявлены лишь спустя два месяца, когда имело место нарастание деформации в сегменте повреждения [33]. Например, в случае повреждения органов брюшной полости с внутрибрюшным кровотечением и необходимости срочного хирургического вмешательства нет возможности выполнить в полном объеме диагностический этап, тяжесть состояния или медикаментозная седация не позволяют оценить неврологический статус и выполнить томографическое исследование. По данным зарубежных авторов, в 29% случаев во время диагностики были пропущены переломы поясничного отдела позвоночника, так как общепринятая рутинная рентгенография, в отношении детей часто малоинформативна. С другой стороны, сила, с которой ремень безопасности прижимает полный орган (кишечник), практически всегда приводит к травматизации и возможной ишемии стенки кишки, что может привести к отсроченной перфорации кишки и перитониту [13]. В некоторых описанных случаях, явления некроза стенки кишки и перфорации полого органа возникали через 12–24 часа после травмы, что усугубляет состояние пациента. Совокупность данных факторов приводит к поздней диагностике ПСМТ у детей [12].

Определение тактики консервативного и хирургического лечения ПСМТ у детей

Большинство повреждений у детей полученных в ДТП с использованием средств фиксации сопровождается обильной кровопотерей и шоком, что обусловлено тяжестью полученной сочетанной травмы. Особенно это характерно при тяжелой ЧМТ и повреждением паренхиматозных органов в сочетании с ПСМТ [29].

Целью консервативного лечения позвоночно-спинномозговой травмы переломов является ранняя и полная разгрузка поврежденного отдела позвоночника. Это выполняется при неосложнённой травме и зависит от уровня повреждения. Для шейного или верхнегрудного отдела это может быть вытяжение петель Глиссона [17]. Консервативное лечение шейного отдела позвоночника может включать внешнюю стабилизацию с помощью мягкого шейного воротника, полужесткого воротника или фиксирующих устройств. Для грудного и поясничного отдела могут быть использованы различные варианты корсетов. Так же широко используются лечебная физкультура, массаж и физиотерапия. [26].

Хирургическое лечение в основном показано при нестабильных повреждениях, невправимых переломах или вывихах, прогрессирующем неврологическом дефиците в результате компрессии и прогрессирующей деформации. В настоящее время в практике хирургического лечения детей с ПСМТ применяют хирургические методы лечения такие же как у взрослых [18].

Основное количество публикаций посвящены оперативному лечению нестабильных и осложненных переломов позвоночника у детей. В их число входят операции с комбинированными доступами. [18,19]. При выраженных деформациях позвоночного столба необходимо решить все ортопедические задачи в остром периоде. [19]. Как сообщают A. Alexandre и соавторы в анализе оперативного лечения 35 детей, с переломами типа B1 и B2 в результате ДТП с использованием фиксации у детей, в динамике имеет место нарастание кифотической деформации в 25%, что потребовало задней фиксации в отсроченном периоде [37]. У детей пострадавших при использовании РБ и ДУУ в тяжелом состоянии, с сочетанными повреждениями органов брюшной полости и других систем невозможно выполнить хирургическое пособие в необходимом объеме и в рекомендуемые сроки [19,20]. Большое внимание ис-

следователей уделяется срокам, прошедшим с момента получения травмы. Если от момента травматического воздействия прошло до 10 дней, то пациентам, имеющим нестабильные переломы позвоночника, чаще производят выполнение репозиционно-стабилизирующей операции из заднего доступа. В случае, если от момента травмы прошел большой срок, необходимо выполнение реконструкции переднего и среднего опорного комплекса при помощи корпородеза, а затем выполнение стабилизации металлоконструкцией [20].

В случае травматизации в грудном отделе позвоночника у детей используют стабилизацию и редукцию при помощи крючковой системой. При переломе тела одного позвонка в поясничном отделе проводят бисегментарную транспедикулярную репозицию и фиксацию. Одним из динамически развивающихся направлений спинальной хирургии является лечение переломов краниовертебрального уровня [20,21,22]. В том случае, если у пациента диагностировано наличие ПСМТ, сопровождаемого грубыми неврологическими расстройствами, необходимо проведение декомпрессионно-стабилизирующей операции в первые 6–9 часов от момента травмы, что остается проблематично у пациентов с тяжелой сочетанной травмой [22]. В исследовании Mariam S. и соавторов показано что при анализе лечения и отдаленных результатов 8 детей пострадавших в ДТП и использованием ДУУ и РБ, и имевшим тяжелые сочетанные повреждения включая ПСМТ, в 50% случаев дети имели грубые неврологические нарушения, которые не регрессировали, что привело к инвалидизации пациентов в детском возрасте [34].

Таким образом к основным этапам оперативного лечения ПСМТ у детей можно отнести следующие:

- ◆ Выполнение редукционно-стабилизирующей операции из заднего доступ при помощи ламинарных и педикулярных крючков, транспедикулярных винтов.
- ◆ Задний локальный спондилёз.
- ◆ В случае смещения отломков тел позвонков в позвоночный канал необходимо их удаление из переднебокового доступа;

Реконструкция передних отделов из переднебокового доступа с использование сетчатых имплантов, алокости или аутокости. [22,23].

Согласно данным литературы, можно выделить три наиболее перспективных направления развития спинальной хирургии в лечении травматических переломов ниже-шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника:

1. чрезкожные методики фиксации и/или стабилизации сломанных позвонков;

2. минимально инвазивные доступы;
3. эндоскопические технологии.

A. Grossbach и соавторы провели исследование результатов лечения 38 пациентов детского возраста с повреждением Chance. В 27 случаях выполнялась открытое оперативное вмешательство с задней фиксацией. В 11 случаях выполнена малоинвазивная, перкутанная фиксация. Проведен сравнительный анализ ближайших результатов (таб. 2). По результатам исследования количество проведенных койко-дней при использовании малоинвазивной транспедикулярной фиксации сокращается практически в два раза в сравнении с открытой операцией [35].

Несмотря на изучение различных аспектов проблемы ПСМТ и других тяжелых повреждений у детей связанных с РБ и ДУУ и небольшое количество работ в данной области, единых подходов к хирургическому лечению травмы позвоночника у детей в настоящее время не разработано и подходы к лечению определяются индивидуально с учетом клинической картины, тяжести травмы, степени неврологических нарушений, техническими возможностями лечебного учреждения [25]. Кроме того, важное значение для благоприятного прогноза в плане выздоровления и жизни в целом имеют такие аспекты, как правильно выполненные догоспитальные мероприятия, скорость доставки в соответствующее лечебное учреждение для оказания специализированной помощи, характер травмы, возраст ребенка, вид выполняемого оперативного вмешательства, наличие или отсутствие послеоперационных осложнений, своевременность проведения реабилитационных мероприятий и многие другие показатели. [20,21,22,23]

Вывод

Актуальность проблемы ПСМТ у детей пострадавших внутри автомобиля на сегодняшний день не вызывает сомнений. Поражение спинного мозга и его элементов вследствие травматического сдавления отломками тела позвонка приводит к утяжелению клинической ситуации. Многообразие сочетанных повреждений других органов и систем. Приводит к поздней диагностике и невозможности выполнения оперативного лечения ПСМТ в раннем периоде.

У детей с осложненной и нестабильной ПСМТ может развиваться стойкий, необратимый неврологический дефицит, который сохраняется на протяжении всей жизни и приводят к стойкой инвалидизации пациента. Это в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на жизнь и развитие ребенка и качество жизни его семьи. Разработка последовательности лечебно-диагностического алгоритма улучшит результаты лечения детей с подобными повреждениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goniewicz K, Goniewicz M, Pawłowski W, Fiedor P. Children Road traffic injuries in Poland. *Polish Journal of Public Health*. 2017;127: 44–48. doi:10.1515/pjph-2017-0010.
2. Yin Z, Wu J, Luo J. Burden and trend analysis of injury mortality in China among children aged 0–14 years from 2004 to 2011. *BMJ Open*. 2015;5: e007307.
3. Development and validation of a self-administered questionnaire to estimate the distance and mode of children's travel to school in urban India. *BMC Med Res Methodol*. 2015; 15:92. doi:10.1186/s12874-015-0086-y
4. Икоева Г.А., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Кокушин Д.Н., Овечкина А.В., Солохина И.Ю., и др. Сравнительный анализ динамики неврологических нарушений у детей с позвоночно-спинномозговой травмой поясничного отдела в зависимости от сроков хирургического вмешательства. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018;5–1:97–103;
5. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А., Семижонина В.Н., Купрюшин А.С. К вопросу о возрастных особенностях детского автомобильного травматизма. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2014; 3:127–134.
6. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А., Алексеев Ю.Д., Купрюшин А.С. Влияние местоположения и использования удерживающих устройств на особенности детской автомобильной травмы в салоне. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2017;43(3):57–65. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2017-3-7>
7. World Health Organization. *Global Status Report on Road Safety 2013*. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2015. [Accessed on 12 Dec 2020].
8. Fridman L, Fraser-Thomas JL, Pike I, Macpherson AK. Canadian child safety report card: a comparison of injury prevention practices across provinces. *Injury Prevention*. 2019; 25:252–257. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2018-042745>.
9. Brubacher J, Desapriya E, Erdelyi S, Chan H. The impact of child safety restraint legislation on child injuries in police-reported motor vehicle collisions in British Columbia: an interrupted time series analysis. *Paediatr Child Health*. 2016;21(4): e27–31.
10. Arkader, A., Warner, W. C., Tolo, V. T., Sponseller, P. D., & Skaggs, D. L. (2011). Pediatric Chance Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 31(7), 741–744.
11. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). *GBD Compare Data Visualization*. Seattle: IHME, University of Washington, 2016. Available from <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>. [Accessed 06 December 2018].
12. Mukherjee, S., Beck, C., Yoganandan, N., & Rao, R. D. (2016). Incidence and mechanism of neurological deficit after thoracolumbar fractures sustained in motor vehicle collisions. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 24(2), 323–331.
13. Müller, C. W., Otte, D., Decker, S., Stübiger, T., Panzica, M., Krettek, C., & Brand, S. (2014). Vertebral fractures in motor vehicle accidents—a medical and technical analysis of 33,015 injured front-seat occupants. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 15–19.
14. Beckmann N.M, Chinapuvvula N.R, Zhang X, West O.C. Epidemiology and Imaging Classification of Pediatric Cervical Spine Injuries: 12-Year Experience at a Level 1 Trauma Center. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;214(6): 1359–1368.
15. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А. Детский дорожно-транспортный травматизм как судебно-медицинская проблема. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2017;60(6): 13–17. <https://doi.org/10.17116/sudmed201760613-17>
16. Бережнова ТА, Кулинцова ЯВ. Современная диагностика неотложных состояний у детей, пострадавших в ДТП. *Здоровье и образование*. 2016;2: 426–428
17. Баиндурашвили АГ, Виссарионов СВ, Павлов ИВ, Кокушин ДН., Леин ГА. Консервативное лечение детей с компрессионными переломами позвонков грудной и поясничной локализации в Российской Федерации (обзор литературы). *Ортопедия, Травматология и Восстановительная Хирургия Детского Возраста*. 2016;4(1): 48–56. doi:10.17816/PTORS4148-
18. Pigolkin Yul, Sedych EP, Mosoyan AS. Forensic medical assessment of vertebral fractures as a result of a car accident. III Japanese-Russian International Conference on Socially Significant Human Diseases: Medical, Environmental and Technical Problems, and these Silition. Obihiro, Japan; 2016. p.124.
19. Седых ЕП. Судебно-медицинская оценка повреждений позвоночника мозга при травме в салоне движущегося легкового автомобиля, оборудованного современными средствами индивидуальной безопасности. *Медицинская экспертиза и право*. 2015;
20. Liu G, Chen S, Zeng Z, Cui H, Fang Y, Gu D. Risk factors for extremely serious road accidents: Results from national Road Accident Statistical Annual Report of China. *PLoS ONE*. 2018;13(8): e0201587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201587>
21. National Highway Traffic Safety Administration. *Traffic safety facts, 2017 data: occupant protection*. Washington, DC: US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration; 2019. Available at <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812719> external icon [Accessed 03 Dec 2020]
22. Poorman GW, Segreto FA, Beaubrun BM, Jalai CM, Horn SR, Bortz CA, Diebo BG, Vira S, Bono OJ, DE LA Garza-Ramos R, Moon JY, Wang C, Hirsch BP, Tishelman JC, Zhou PL, Gerling M, Passias PG. Traumatic Fracture of the Pediatric Cervical Spine: Etiology, Epidemiology, Concurrent Injuries, and an Analysis of Perioperative Outcomes Using the Kids Inpatient Database. *Int J Spine Surg*. 2019;13(1): 68–78.
23. Beckmann NM, Chinapuvvula NR, Zhang X, West OC. Epidemiology and Imaging Classification of Pediatric Cervical Spine Injuries: 12-Year Experience at a Level 1 Trauma Center. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;214(6): 1359–1368.
24. Motor vehicle crash-related injury causation scenarios for spinal injuries in restrained children and adolescents. *Zonfrillo MR, Locey CM, Scarfone SR, Arbogast KB*. 2015
25. Miriam Santschi, MD; Vincent Echavé, MD; Sophie Laflamme, MD; Nathalie McFadden, MD; Claude Cyr, MD. Seat-belt injuries in children involved in motor vehicle crashes. *Canadian Journal of Surgery*, Vol. 48, No. 5, October 2005 373–376.
26. Рассоха В.И., Исхаков М.М. Повышение эффективности детских автомобильных кресел (удерживающих устройств). *Вестник НЦ БЖД*. 2011; 4:27–31.

27. Grivna, M., Eid, H. O., & Abu-Zidan, F. M. (2015). Epidemiology of spinal injuries in the United Arab Emirates. *World Journal of Emergency Surgery: WJES*, 10, 20. <https://doi.org/10.1186/s13017-015-0015-8>
28. Lenehan, B, Boran, S., Street, J., Higgins, T., McCormack, D., & Poynton, A. R. (2009). Demographics of acute admissions to a National Spinal Injuries Unit. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 18(7), 938–942. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-0923-y>
29. Roche, S. J., Sloane, P. A., & McCabe, J. P. (2008). Epidemiology of spine trauma in an Irish regional trauma unit: a 4-year study. *Injury*, 39(4), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2007.12.012>
30. Tee, J. W., Chan, C. H. P., Fitzgerald, M. C. B., Liew, S. M., & Rosenfeld, J. V. (2013). Epidemiological trends of spine trauma: an Australian level 1 trauma centre study. *Global Spine Journal*, 3(2), 75–84. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1337124>
31. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения (архив) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gibdd.ru/stat/archive/> (дата обращения: 22.03.2018)
32. Официальный сайт Госавтоинспекции МВД России. Ссылка активна на 21.02.18. Доступно по: <http://stat.gibdd.ru/> Available at: <http://stat.gibdd.ru/>
33. Lindsay M. Andras, MD, Kira F. Skaggs, BA, Haleh Badkoobehi, MD, Paul D. Choi, MD, and David L. Skaggs, MD, MMM (2019) Chance Fractures in the Pediatric Population are Often Misdiagnosed. *Journal of Pediatric Orthopaedics*: May/June 2019 — Volume 39 — Issue 5 — p 222–225.
34. Miriam Santschi, MD; Vincent Echavé, MD; Sophie Laflamme, MD; Nathalie McFadden, MD; Claude Cyr, MD (2005). Seat-belt injuries in children involved in motor vehicle crashes. Ссылка: [Seat-belt injuries in children involved in motor vehicle crashes — PubMed \(nih.gov\)](#). Ссылка активна на 16.06.2021.
35. Andrew J. Grossbach, M.D., Nader S. Dahdaleh, M.D., Taylor J. Abel, M.D., Gregory D. Woods, B.S., Brian J. Dlouhy, M.D., 1 and Patrick W. Hitchon, M.D. (2013). Flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine: open fusion versus percutaneous pedicle screw fixation. *Neurosurg Focus* — Volume 35 — August 2013 — p 1–6.
36. Poorman GW, Segreto FA, Beaubrun BM, Jalai CM, Horn SR, Bortz CA, Diebo BG, Vira S, Bono OJ, DE LA Garza-Ramos R, Moon JY, Wang C, Hirsch BP, Tishelman JC, Zhou PL, Gerling M, Passias PG. Traumatic Fracture of the Pediatric Cervical Spine: Etiology, Epidemiology, Concurrent Injuries, and an Analysis of Perioperative Outcomes Using the Kids' Inpatient Database. *Int J Spine Surg*. 2019 Jan;13(1):68–78.
37. DeVivo M.J. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications // *Spinal Cord*. — 2012. — Vol. 50. — P. 365–372.
38. Zonfrillo MR, Durbin DR, Winston FK, Zhao H, Stineman MG. Physical disability after injury-related inpatient rehabilitation in children. *Pediatrics*. 2013; 131: e206–213. [PubMed: 23248228].
39. Adel Elkbuli, MD, MPH, Brianna Dowd, Paul J. Spano II, MS, Mark Mc Kenney, MD, MBA. Pediatric Seat Belt Use in Motor Vehicle Collisions: The Need for Driver Education Programs. *JOURNAL OF TRAUMA NURSING* 2020; Volume 27, Number 5.
40. А.Г. Лебедев, Т.П. Македонская, А.В. Сачков, Н.В. Шаврина, О.Х. Калоева, В.Д. Левитский, П.А. Ярцев. Гнойно-воспалительные осложнения поврежденной брюшной стенки от автомобильного ремня безопасности. Опыт лечения четырех пациентов. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019; 8(2): 194–202. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-2-194-202
41. Ахадов Т.А., Мельников И.А., Исаков О.С., Божко О.В., Костикова Т.Д., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Мещеряков С.В., Максумов А.А. Мульти-спиральная компьютерная и магнитно-резонансная томография тораколюмбальной травмы позвоночника у детей. *Детская хирургия*. 2020; 24(5): 323–330. (In Russian). DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-5-323-330>

© Максумов Александр Алишерович (dr.maksumov@gmail.com),
Исаков Олимджан Садыкович, Мещеряков Семен Владимирович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПРОПИСИ БРЕКЕТОВ И РАЗМЕРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДУГ ПРИ ОРТОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ

FEATURES OF THE CHOICE OF THE PRESCRIPTION OF BRACES AND THE SIZE OF METAL ARCHES IN THE ORTHODONTIC TREATMENT OF DENTAL ANOMALIES

I. Orlova
M. Rozhkova
S. Fishchev
A. Lepilin
A. Sevastyanov
M. Puzdyreva
T. Shishko
L. Kuzmina

Summary. Relevance. The features of the choice of metal arches and their change in the dynamics of orthodontic treatment are analyzed in detail by both domestic and foreign specialists. It is noted that the choice of metal arches is the most important part of the mechanics at all stages of treatment and determines the planned shape and size of dental arches. Each metal arc has a power characteristic determined by the type of material, the cross-section of the wire, its shape and size. Choosing the shape and size of metal arches, specialists plan treatment depending on the shape of the dental arch, which will be after treatment.

The purpose of the study. Improving the effectiveness of treatment of patients with anomalies of the shape and size of the dentofacial arches by justifying the choice of the prescription of braces and the size of metal arches in orthodontic treatment with the edgeways technique, taking into account the individual parameters of the maxillofacial region.

Materials and methods. In accordance with the developed methodology for determining the individual dimensions of the dentoalveolar arches, 3 main groups are distinguished. The first group included patients who were treated with braces with a standard torc; in patients of the second group, braces with a "low" torc were used, and in the third group — with a "high torc". The patients of each group were divided into three subgroups. The patients of the first subgroup underwent orthodontic treatment using the edgeways technique using small arcs, in the second subgroup a medium — sized arc was used, and in the third subgroup a large arc was used.

Орлова Ирина Викторовна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
orisha@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
uper.kant@yandex.ru

Лепилин Александр Викторович

Д.м.н., профессор, Саратовский государственный
медицинский университет имени В.И. Разумовского
Министерства здравоохранения РФ
lepilins@mail.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Шिशко Татьяна Владимировна

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ

Кузьмина Лариса Владимировна

Ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ

Аннотация. Актуальность. Особенности выбора металлических дуг и их смена в динамике ортодонтического лечения подробно проанализированы как отечественными, так и зарубежными специалистами. Отмечено, что выбор металлических дуг является наиболее важной частью механики на всех этапах лечения и определяет планируемую форму и размеры зубных дуг.

Results and discussion. For all forms of dentoalveolar arches, the size of the upper teeth prevailed over similar parameters of the lower ones, but the full Bolton ratio was within the normal range. The data obtained indicated that the size of the upper teeth corresponded to the antagonists. It should be noted that the size of the teeth had slight differences in different variants of the shape of the dental arches and met the criteria of macro-, micro- and normodontism. Conclusions. In people with mesognathic normodont, dolichognathic microdont, and brachignathic macrodont forms of the dentoalveolar arches, the values of the angles of the vestibular-lingual incline corresponded to the "standard" torc values.

Keywords: braces, torc, metal arches, plaster models, dentition, orthodontic treatment.

Большинство прописей брекетов являются стандартом для врачей ортодонтот. В конструкцию брекетов заложена величина мезиально-дистальной ангуляции и вестибулярно-язычной инклинации (торка). Однако прописи брекетов настолько различны, что в обиходе врачей ортодонтот и производителей появились такие термины, как брекеты с «высоким», «низким» и «стандартным» торком. Даны рекомендации специалистов по использованию тех или иных прописей и показана эффективность лечения (1, 2, 3, 4, 5, 6).

Выбирая форму и размеры металлических дуг, специалисты планируют лечение в зависимости от формы зубной дуги, которая будет после лечения (7, 8, 9, 10).

В связи с этим необходимо оптимизировать методы выбора прописи брекетов и размеров металлических дуг для лечения пациентов с аномалиями формы и размеров зубочелюстных дуг с учетом морфометрических параметров краниофациального комплекса.

Цель исследования

Повышение эффективности лечения пациентов с аномалиями формы и размеров зубочелюстных дуг

Цель исследования. Повышение эффективности лечения пациентов с аномалиями формы и размеров зубочелюстных дуг путем обоснования к выбору прописи брекетов и размеров металлических дуг при ортодонтическом лечении техникой эджуайс.

Материалы и методы. Проведено обследование и лечение 499 человек в возрасте 21–35 лет, жителей г. Санкт-Петербурга, обратившихся в клинику по поводу аномалий формы и размеров зубных дуг. В соответствии с задачами исследования была выделена группа сравнения и три основные группы пациентов. В группу сравнения входили 296 пациентов с физиологической окклюзией постоянных зубов.

Результаты и обсуждение. При всех формах зубочелюстных дуг размеры верхних зубов превалировали над аналогичными параметрами нижних, но при этом полное соотношение по Болтону было в пределах нормы. Полученные данные свидетельствовали о том, что размеры верхних зубов соответствовали антагонистам. Следует отметить тот факт, что размеры зубов имели незначительные различия при различных вариантах формы зубных дуг и соответствовали критериям макро-, микро- и нормодонтизма.

Выводы. У людей с мезогнатическими нормодонтными, долихогнатическими микродонтными и брахиогнатическими макродонтными формами зубочелюстных дуг показатели углов вестибулярно-язычной инклинации соответствовали «стандартным» значениям торка.

Ключевые слова: брекеты, торк, металлические дуги, гипсовые модели, зубные ряды, ортодонтическое лечение.

путем обоснования к выбору прописи брекетов и размеров металлических дуг при ортодонтическом лечении техникой эджуайс.

Материалы и методы исследования

Проведено обследование и лечение 499 человек в возрасте 21–35 лет, жителей г. Санкт-Петербурга, обратившихся в клинику по поводу аномалий формы и размеров зубных дуг. В соответствии с задачами исследования была выделена группа сравнения и три основные группы пациентов. В группу сравнения входили 296 пациентов с физиологической окклюзией постоянных зубов.

В соответствии с разработанной методикой определения индивидуальных размеров зубочелюстных дуг выделено 3 основные группы. В первую группу входили пациенты, при лечении которых использовались брекеты со стандартным торком; у пациентов второй группы были применены брекеты с «низким» торком, а в третьей группе — с «высоким торком».

Пациенты каждой группы были распределены на три подгруппы. Пациентам первой подгруппы проводилось ортодонтическое лечение техникой эджуайс

Таблица 1. Количество пациентов в исследуемых группах

Группы исследования	Количество пациентов в подгруппах:		
	1 подгруппа	2 подгруппа	3 подгруппа
1 группа	26	23	24
2 группа	22	21	23
3 группа	21	22	21
Всего	69	66	68

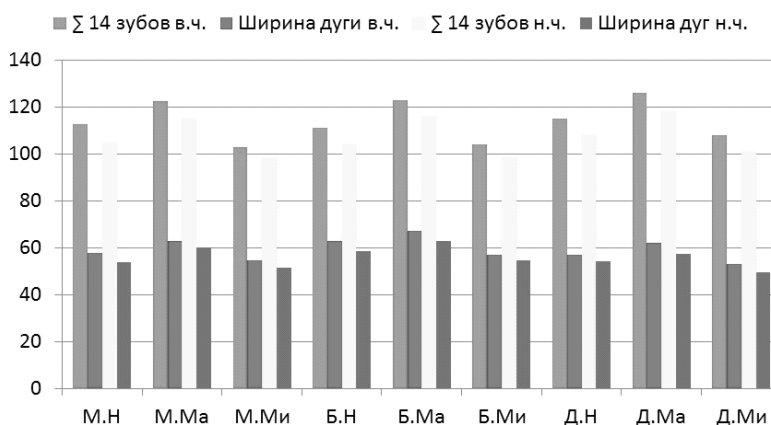


Рис. 1. Диаграмма одонтометрических показателей и линейных параметров зубных дуг пациентов группы сравнения.

с применением дуг малого размера, во второй подгруппе использовалась дуга средних размеров, а в третьей подгруппе — большая дуга.

Распределение пациентов основных групп показано в таблице 1.

Основные методы клинического исследования проводились по общепринятым методикам в соответствии с протоколом. Оценивали морфометрические данные, функциональные и эстетические нарушения.

Проводили объективное обследование органов челюстно-лицевой области с учетом рекомендаций специалистов.

Измерения головы и лица проводились большим штангенциркулем, а одонтометрию и размеры зубочелюстных дуг определяли электронным штангенциркулем с заостренными ножками.

Форму зубных дуг оценивали по классификации Дмитриенко С.В. (2015), которая включала 9 форм: мезогнатическую нормодонтную, мезогнатическую макродонтную, мезогнатическую микродонтную, брахигнатическую нормодонтную, брахигнатическую

макродонтную, брахигнатическую микродонтную, долихогнатическую нормодонтную, долихогнатическую макродонтную и долихогнатическую микродонтную.

К нормодонтным типам относили зубные дуги, длина которых составляла от 110 до 119 мм. Макродонтными считали дуги, у которых сумма ширины коронок 14 зубов составляла более 120 мм, а микродонтными — менее 110 мм. Для определения формы зубных дуг предложен денальный индекс зубной дуги (ДИЗД), который рассчитывался как отношение половины суммы мезиально-дистальных размеров коронок 14 зубов (длины зубной дуги) к ширине зубной дуги между вторыми молярами (W_{7-7}):

$ДИЗД = \sum_{14 \text{ зубов}} / 2 / W_{7-7}$, при этом ширина зубной дуги измерялась между точками, расположенными на вершинах вестибулярных дистальных бугорков вторых постоянных моляров.

Результаты исследования

Результаты исследования пациентов с физиологической окклюзией постоянных зубов показали различия основных показателей параметров зубочелюстных дуг, которые определялись типом зубной системы (рис. 1).

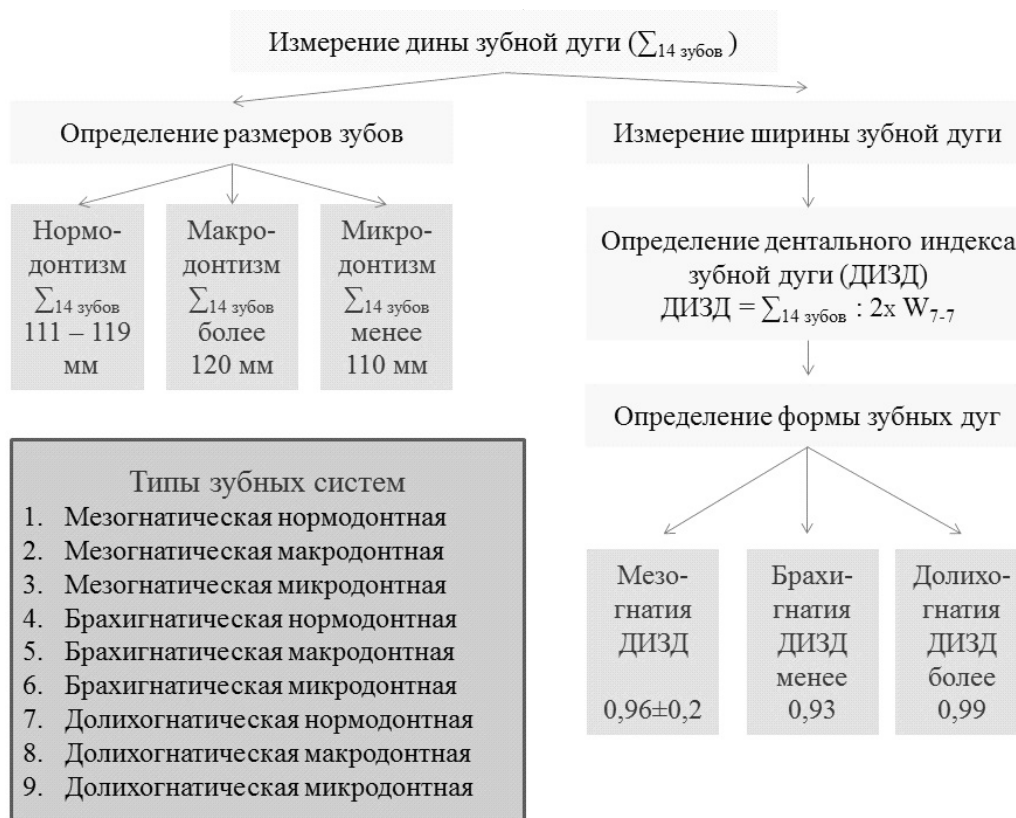


Рис. 2. Схема алгоритма определения типа зубочелюстной системы.

Полученные данные свидетельствовали о том, что размеры верхних зубов соответствовали антагонистам. Следует отметить тот факт, что размеры зубов имели незначительные различия при различных вариантах формы зубных дуг и соответствовали критериям макро-, микро- и нормодонтизма.

Тем не менее, следует отметить, что трансверсальные размеры (ширина) верхних зубных дуг при брахи-гнатической микродонтной (Б. Ми) зубной системе ($57,31 \pm 2,14$ мм) близка по величине к ширине зубной дуги лиц с мезогнатическими нормодонтными формами ($57,54 \pm 1,34$ мм), и соответствовала параметрам «средних» дуг.

У лиц с мезогнатическими макродонтными (М. Ма) зубными системами формы зубных дуг были близки к критериям «больших дуг», так как ширина верхних зубных дуг составляла $63,22 \pm 1,72$ мм, а нижних зубных дуг — $60,12 \pm 2,28$ мм. Длина зубных дуг была достоверно больше, чем у пациентов с нормодонтными зубными системами и составляла для верхней и нижней челюсти $122,3 \pm 3,66$ мм и $115,12 \pm 2,31$ мм, соответственно.

Для людей с мезогнатическими микродонтными (М. Ми) зубными системами формы зубных дуг были близки к критериям «малых дуг», ширина верх-

них зубных дуг между вторыми молярами составляла $54,56 \pm 1,56$ мм, а на нижней челюсти исследуемый параметр был $51,64 \pm 1,17$ мм. Длина зубных дуг была достоверно меньше, чем у пациентов с нормодонтными и тем более с макродонтными зубными системами, и составляла для верхней и нижней челюсти $103,3 \pm 2,03$ мм и $98,24 \pm 1,72$ мм, соответственно.

При долихогнатических формах зубных дуг трансверсальные размеры были меньше, чем у людей с другим вариантами зубных систем. У людей с долихогнатическими нормодонтными (Д.Н) зубными системами сагиттальные размеры (длина) зубной дуги верхней челюсти составляла $115,36 \pm 2,41$ мм. На нижней челюсти аналогичный параметр был $107,7 \pm 2,04$ мм. Трансверсальные размеры (ширина) зубных дуг верхней и нижней челюсти составляли $56,79 \pm 1,87$ мм и $53,72 \pm 1,66$ мм, соответственно. Приведенные параметры были близки к форме «малых» дуг.

У людей с долихогнатическими макродонтными (Д. Ма) зубными системами зубные дуги были средних размеров, и их длина на верхней и нижней челюсти составляла $126,64 \pm 4,09$ мм и $118,17 \pm 2,55$ мм, соответственно. При этом ширина верхних зубных дуг была $61,76 \pm 2,08$ мм, а нижних — $57,48 \pm 2,17$ мм.

На основании проведенного исследования пациентов с физиологической окклюзией (группы сравнения) предложен алгоритм определения типа зубочелюстной системы, на основании которого предложен выбор прописи брекетов и размеров металлических дуг при лечении пациентов с использованием несъемной дуговой аппаратуры.

В основу алгоритма положено определение длины зубной дуги, как суммы мезиально-дистальных диаметров коронок 14 зубов (вторых и первых моляров, вторых и первых премоляров, клыков, медиальных и латеральных резцов). Определяли тип зубной системы по размерам зубов (макро-, микро- и нормодонтизм).

Другой важной составляющей предложенного алгоритма являлась ширина зубных дуг между вторыми постоянными молярами, которые в зубной дуге занимали, как правило, более стабильное положение, чем первые моляры. Полученные данные позволяли рассчитать денальный индекс зубной дуги, который лежал в основе определения формы зубных дуг (рис. 2).

При лечении пациентов с мезогнатическими нормодонтными формами зубочелюстных дуг рекомендовано использование брекетов со «стандартным» торком и «средние» размеры металлических дуг.

Для пациентов с мезогнатическими микродонтными формами зубочелюстных дуг можно рекомендовать брекеты с «низким» торком и «малые» размеры металлических дуг.

В тоже время при мезогнатической макродонтной зубочелюстной системе наиболее подходят брекеты с «высоким» торком, и требуются металлические дуги «большого» размера.

К долихогнатическим формам относят зубочелюстные дуги, вытянутые в передне-заднем (сагиттальном) направлении, что требует особого выбора прописи брекетов и размеров металлических дуг. При долихогнатических микродонтных формах зубных дуг можно использовать брекеты «стандартной» прописи и также дуга малого размера. Средние размеры металлических дуг и брекеты с «высоким» торком более рационально использовать при лечении пациентов с долихогнатическими макродонтными зубными системами.

При лечении пациентов с брахигнатическими нормодонтными формами рекомендуются брекеты с «низким» торком и дуги большого размера. При брахигнатических микродонтных формах также требуются брекеты с «низким» торком, но дуги будут среднего размера. При лечении пациентов 1 группы использо-

вались брекеты со стандартным троком, пациентов 2 группы — с «низким» торком, а 3 группы — с «высоким» торком.

Пациентов исследуемых групп распределяли на три подгруппы. При лечении пациентов первой подгруппы применялась дуга средних размеров, во второй подгруппе малая дуга, а в третьей подгруппе — большая дуга.

После лечения основные параметры зубных дуг пациентов 1 группы 1 подгруппы соответствовали размерам, полученных у людей группы сравнения с мезогнатическими микродонтными системами. У людей 2 подгруппы форма зубных дуг после лечения приближалась к параметрам долихогнатических микродонтных систем, а у пациентов 1 группы 3 подгруппы — к параметрам брахигнатических макродонтных форм зубочелюстных.

После лечения пациентов 2 группы 1 подгруппы основные параметры зубных дуг соответствовали размерам, полученных у людей группы сравнения с брахигнатическими микродонтными системами. У людей 2 подгруппы форма зубных дуг после лечения приближалась к параметрам мезогнатических микродонтных систем, а у пациентов 2 группы 3 подгруппы — к параметрам брахигнатических нормодонтных форм зубочелюстных дуг и достоверных отличий исследуемых параметров нами не отмечено, что свидетельствовало о сохранении основных параметров зубочелюстных дуг и их соответствия параметрам кранио-фациального комплекса.

Показатели величины углов инклинации соответствовали показателям, полученных у людей группы сравнения с «низким» торком зубов, не зависимо от типа зубной системы.

После лечения пациентов 3 группы 1 подгруппы были получены долихогнатические макродонтные формы зубных дуг. У людей 3 группы 2 подгруппы форма зубных дуг после лечения приближалась к параметрам долихогнатических нормодонтных систем, а для пациентов 3 группы 3 подгруппы — к параметрам мезогнатических макродонтных, что свидетельствовало о сохранении основных параметров зубочелюстных дуг и их соответствии параметрам кранио-фациального комплекса.

Результаты проведенного лечения, которое проводилось, с учетом предложенного нами метода показали, что значительно улучшились окклюзионные взаимоотношения зубных дуг, которые соответствовали возрастной норме и признакам физиологической окклюзии.

Выводы

1. В основу алгоритма определения типа зубочелюстной системы положено определение длины зубной дуги и ширины зубных дуг между вторыми постоянными молярами. Форма зубных дуг определялась по дентальному индексу зубной дуги, который рассчитывался как отношение половины суммы мезиально-дистальных размеров коронок 14 зубов (длина зубной дуги) к ширине зубной дуги между вторыми молярами. При величине дентального индекса зубных дуг $0,96 \pm 0,02$ зубные дуги относились к мезогнатическим. Брахигнатические формы зубных дуг были при индексе менее 0,93, а долихогнатические — более 0,9.
2. У людей с мезогнатическими нормодонтными, долихогнатическими микродонтными и брахигнатическими макродонтными формами зубочелюстных дуг показатели углов вестибулярно-язычной инклинации соответствовали «стандартным» значениям торка.
3. Для пациентов с мезогнатическими микродонтными, брахигнатическими нормодонтными и брахигнатическими микродонтными формами зубочелюстных дуг величина вестибулярно-язычной инклинации соответствовали «низким» значениям торка.
4. У людей с физиологической окклюзией и мезогнатической макродонтной, долихогнатической нормодонтной и долихогнатической макродонтной зубочелюстной системе, как правило, величина углов инклинации соответствовала «высоким» значениям торка.
5. После проведенного ортодонтического лечения с учетом полученных данных сохранялось межмолярное расстояние, отмечалась стабильность окклюзионных взаимоотношений. Основные параметры зубных дуг соответствовали параметрам челюстно-лицевой области, а величины углов инклинации и ангуляции соответствовали типам зубочелюстных дуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиев Н.А., Фомин И.В., Мнацаканян А.В., Бородин В.А. Особенности межсуставного угла нижней челюсти у людей с различными типами зубных дуг // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. Пятигорск: РИА-КМВ, 2018. — Вып. 73. — С. 246–249.
2. Давыдов Б.Н., Доменюк Д.А., Дмитриенко С.В., Коробкеев А.А., Арутюнова А.Г. Морфологические особенности строения лицевого скелета и клинико-диагностические подходы к лечению зубочелюстных аномалий у детей в периоде раннего сменного прикуса // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2019. — Т. 19. — № 1 (69). — С. 26–38.
3. Данилова М.А., Газизуллина О.Р. Сочетанный метод лечения пациентов с зубочелюстно-лицевыми аномалиями несъемной техникой и эластопозиционерами // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 9 (часть 4). — С. 632–636.
4. Данилова М.А., Залазаева Е.А. Междисциплинарный подход к диагностике, профилактике и коррекции зубочелюстных и речевых нарушений у детей с церебральным параличом // Российская стоматология. — 2018. — Т. 11, № 3. — С. 45–48.
5. Bulyalert A., Pimkhaokham A. A novel classification of anterior alveolar arch forms and alveolar bone thickness: A cone-beam computed tomography study // Imaging. Sci. Dent. — 2018. — Vol. 48. — № 3. — P. 191–199.
6. Caldas W., Conti A.C., Janson G. Occlusal changes secondary to temporomandibular joint conditions: a critical review and implications for clinical practice // J. Appl. Oral Sci. — 2016. — Vol. 24. — № 4. — P. 411–419.
7. Camardella L.T., Sá B., Guimarães L.C. Agreement in the determination of preformed wire shape templates on plaster models and customized digital arch form diagrams on digital models // Am.J. Orthod. Dentofacial. Orthop. — 2018. — Vol. 153. — № 3. — P. 377–386.
8. Tiwari A., Gard A., Virang B. Arch form in orthodontics: a review // J. App. Dent. Med. Sci. — 2018. Vol. 4. — № 1. — P. 118–127.
9. Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kochkonyan A.S., Karslieva A.G., Dmitrienko D.S. Modern classification of dental arches // Archiv EuroMedica. — 2014. — Т. 4. — № 2. — С. 14–16.
10. Dmitrienko S.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Enhancement of research method for spatial location of temporomandibular elements and maxillary and mandibular medial incisors // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 38–44.

© Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru), Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru),
 Фищев Сергей Борисович (uper.kant@yandex.ru), Лепилин Александр Викторович (lepilins@mail.ru),
 Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru), Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru),
 Шишко Татьяна Владимировна, Кузьмина Лариса Владимировна.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЫШЦ ТАЗОВОГО ДНА У ЖЕНЩИН

DEVELOPMENT RISK FACTORS INSURANCE OF THE PELVIC FLOOR MUSCLES IN WOMEN

F. Salpagarova

Summary. The article discusses the main risk factors for pelvic floor muscle failure. In recent years, studies have shown that pelvic floor muscle failure is a multifactorial disease. In the literature, there are conflicting data on the influence of various risk factors on the development of pelvic floor muscle failure, which requires further study. Clarification of their role in the formation of insolvency of the pelvic floor muscles will make it possible to develop optimal preventive and therapeutic measures in relation to this pathology in accordance with the modern patient-oriented approach.

Keywords: failure of the pelvic floor muscles, pelvic organ prolapse, risk factors, birth injury, connective tissue dysplasia.

Салпагарова Фарида Хаджи-Магаметовна
Аспирант, Ставропольский Государственный
Медицинский Университет
fsalpagarova@list.ru

Аннотация. В статье обсуждаются основные факторы риска развития несостоятельности мышц тазового дна. Согласно результатам проведенных в последние годы исследований, несостоятельность мышц тазового дна является мультифакториальным заболеванием. В литературных источниках приводятся противоречивые данные о влиянии различных факторов риска на развитие несостоятельности мышц тазового дна, что требует дальнейшего изучения. Уточнение их роли в формировании несостоятельности мышц тазового дна позволит разработать оптимальные профилактические и лечебные мероприятия в отношении данной патологии в соответствии с современным пациент-ориентированным подходом.

Ключевые слова: несостоятельность мышц тазового дна, пролапс тазовых органов, факторы риска, родовая травма, дисплазия соединительной ткани.

Несостоятельность мышц тазового дна (НМТД) и связанный с ней пролапс гениталий остаются актуальной междисциплинарной проблемой. Несмотря на пристальное внимание исследователей к данной патологии и достаточно большое количество работ, посвященных различным ее аспектам, многие вопросы на сегодняшний день остаются нерешенными. В частности, отсутствует единое мнение в отношении факторов риска (ФР), этиологии и патогенеза НМТД. Согласно современным представлениям, НМТД является многофакторным заболеванием [10]. Однако в литературе зачастую описываются противоречивые данные о роли того или иного ФР в развитии НМТД.

Хорошо изученным ФР НМТД является возраст. Известно, что риск развития НМТД существенно возрастает в пре- и постменопаузе [9]. По данным Siddiqui N.Y., Edenfield A.L. (2014), распространенность пролапса тазовых органов у женщин 20–29 лет составляет 6,6%, а у женщин 50–59 лет возрастает до 55,6% [31]. Старение организма сопровождается прогрессирующим снижением функциональных резервов органов и систем, уменьшением мышечной массы, ухудшением свойств соединительной ткани за счет снижения выработки коллагена, что обуславливает разрушение мышечно-соединительно-тканых структур организма, в том числе тазовых органов [29]. В то же время, в последние

годы отмечается тенденция к увеличению доли женщин репродуктивного возраста с НМТД.

В США проведено крупномасштабное исследование, согласно которому частота развития опущения тазовых органов прямо пропорционально зависит от возраста, паритета и массы тела. При этом различий в распространенности этого заболевания у женщин разных этнических групп обнаружено не было [27]. Однако в исследовании Sewell C.A. et al. (2007) выявлены различия по частоте генитального пролапса у женщин разных расовых групп [30]. В работе Jakus-Waldman S. et al. (2020) показано, что принадлежность к латиноамериканской этнической группе является одним из ФР неудовлетворительных результатов хирургического лечения пролапса тазовых органов в отдаленном периоде [28].

Важную роль в развитии НМТД играет наследственная предрасположенность [25]. Зафиксированы случаи врожденного пролапса тазовых органов [24]. Имеются данные о высокой частоте НМТД в отдельных семьях и у однойцовых близнецов, однако вклад конкретных генов в патогенез НМТД остается малоизученным [32].

Многие авторы сходятся во мнении, что акушерская травма промежности является пусковым механизмом

в развитии НМТД, приводящим при прогрессировании к пролапсу тазовых органов [1, 7, 23]. Причем, это могут быть как одни нормальные вагинальные роды, так и повторные роды, роды крупным плодом, роды, сопровождающиеся разрывом промежности или перинеотомией, быстрые и стремительные роды [4, 33]. Имеются сведения о взаимосвязи количества родов и частоты НМТД [20]. По некоторым данным, любая беременность сроком более 20 недель, независимо от способа родоразрешения, повышает риск НМТД [3]. Высказывается мнение, что любые вмешательства в малом тазу, сопровождающиеся дезинтеграцией структурных единиц мышечно-связочного аппарата половых органов, способствуют формированию генитального пролапса [3].

В то же время, по мнению Смольновой Т.Ю. (2015), вклад родового травматизма в генез пролапса тазовых органов не превышает 20% [14]. Подтверждением может служить тот факт, что у трети женщин с генитальным пролапсом и вагинальными родами в анамнезе не зафиксированы травмы промежности [22]. Кроме того, НМТД встречается у нерожавших женщин и этиология заболевания в этой категории пациенток остается не до конца ясной. По данным Зиганшина А.М. и соавт. (2018), ФР пролапса тазовых органов у нерожавших женщин являются тяжелые проявления дисплазии соединительной ткани (ДСТ), избыточная масса тела, тяжелый физический труд, возраст старше 60 лет, а также наличие экстрагенитальной патологии [19].

В последние годы ДСТ активно изучается в качестве причины НМТД. Высказывается мнение, что патологические изменения соединительной ткани способствуют развитию НМТД даже в большей степени, чем роды и акушерские травмы, и без ДСТ не возникает клинически значимых нарушений функционирования тазового дна после родов [13]. Развитие пролапса тазовых органов у женщин репродуктивного возраста после единственных физиологических родов при отсутствии других значимых ФР часто рассматривают как проявление генерализованной ДСТ. В работе Оразова М.З. и соавт. (2018) выявлено, что дезорганизация соединительной ткани при НМТД обусловлена изменением внутриклеточного метаболизма фибробластов на молекулярном уровне вследствие оксидативного стресса [12]. По данным литературы, наиболее частым проявлением ДСТ у женщин с НМТД является гипермобильность суставов — 82,6% случаев [15]. Сроки формирования пролапса тазовых органов зависят от степени выраженности ДСТ. Форма генитального пролапса определяется типом гемодинамики и микроциркуляции, которые, в свою очередь, определяются формой ДСТ [14]. Вместе с тем, вклад ДСТ в развитие НМТД требует дальнейшего изучения, поскольку данный синдром подтверждается не более чем у 1% людей в популяции, тогда как рас-

пространенность НМТД среди женщин значительно выше [18].

Традиционным ФР НМТД считается длительное и чрезмерное повышение внутрибрюшного давления, связанное с запорами, длительным упорным кашлем, тяжелым физическим трудом, занятиями спортом, длительной статической позой, наличием новообразований брюшной полости [8, 21].

Обсуждается роль нарушения биоценоза влагалища в развитии НМТД [16].

Изучается влияние недостатка магния в патогенезе дезорганизации соединительной ткани и формирования НМТД [17].

Определенный вклад в развитие НМТД вносит гипоестрогения. Дефицит эстрогенов сопровождается снижением репаративных возможностей тканей, уменьшением эластичности и количества коллагеновых волокон в соединительной ткани, клеточной атрофией, дегенерацией нервных окончаний, снижением тонуса гладкой мускулатуры, истончением влагалищного и уретрального эпителия, ухудшением кровоснабжения мышц малого таза [11]. Все это в комплексе может способствовать развитию НМТД. Однако у всех женщин после 50 лет в большей или меньшей степени присутствует гипоестрогения, но не во всех случаях диагностируется НМТД.

Физиологическая кривизна позвоночника защищает тазовые органы от прямой передачи внутрибрюшного давления на тазовое дно. По данным Худяева А.Т. и соавт. (2007), пусковым фактором развития НМТД может быть поясничный остеохондроз и врожденные аномалии позвоночника, которые сопровождаются нарушением кривизны позвоночника [2].

На сегодняшний день имеются данные о негативном вкладе повышенной массы тела в развитие НМТД и пролапса тазовых органов, а также рецидивов заболевания [26].

Инфекции мочевыводящих путей нередко сопровождаются транзиторным недержанием мочи, что в сочетании с атрофическими изменениями, характерными для менопаузы, многократно повышают риск развития НМТД [6].

Зиганшин А.М. и Кулавский В.А. (2016) выявили существенное влияние на организм женщин с опущением или пролапсом тазовых органов модифицированных ФР (масса тела, уровень физической активности, разрывы промежности, масса детей при рождении)

в 93% случаях, тогда как вклад немодифицированных ФР (возраст, наследственность, наличие соматических заболеваний) составляет не более 30% [5].

Таким образом, результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что НМТД является мульти-

факториальным заболеванием. Однако роль конкретных ФР требует дальнейшего анализа. Изучение вклада различных ФР в развитие НМТД позволит разработать оптимальные профилактические и лечебные мероприятия в отношении данной патологии в соответствии с современным пациент-ориентированным подходом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вазенмиллер Д.В., Абатов Н.Т., Бащжанова Ж.О. Вагинальные роды как фактор развития пролапса гениталий // Медицина и экология. 2015. № 4. С. 77–79.
2. Влияние аномалий развития поясничного отдела позвоночника и поясничного остеохондроза на состояние тазового дна и пролапс гениталий у женщин / А.Т. Худяев [и др.] // Гений Ортопедии. 2007. № 3. С. 89–94.
3. Гутикова Л.В. Пролапс гениталий: современное состояние проблемы // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2012. № 1. С. 86–89.
4. Доброхотова Ю.Э., Нагиева Т.С. Дисфункция тазового дна у женщин репродуктивного периода, синдром релаксированного влагалища — необходимость реабилитации в послеродовом периоде // РМЖ. Мать и дитя. 2017. № 15. С. 1121–1124.
5. Зиганшин А.М., Кулавский В.А. Метод прогнозирования факторов риска развития пролапса тазовых органов // Таврический медико-биологический вестник. 2016. Т. 19. № 2. С. 65–68.
6. Имельбаева А.Г. Нарушения мочевого выделительной системы при пролапсе гениталий и их коррекция. Автореф. дисс. канд. мед. наук. Уфа, 2019. 25 с.
7. Кажина М.В. Акушерские проблемы тазового дна // Охрана материнства и детства. 2017. № 1(29). С. 47–51.
8. Камоева С.В. Ранняя диагностика развивающегося пролапса тазовых органов у женщин репродуктивного возраста при отсутствии клинических признаков // Лечение и профилактика. 2013. Т. 2. № 6. С. 88–91.
9. Короткевич О.С., Мозес В.Г. Эффективность предложенного способа объективной оценки степени пролапса тазового дна у женщин // Мать и дитя в Кузбассе. 2017. № 3 (70). С. 40.
10. Кулавский В.А., Зиганшин А.М., Кулавский Е.В. Несостоятельность мышц тазового дна // Мать и дитя в Кузбассе. 2012. № 3(50). С. 8–14.
11. Медицина климактерия / под ред. В.П. Сметник. Ярославль, 2006. 848 с.
12. Молекулярная морфология стенки влагалища при несостоятельности тазового дна / М.З. Оразов [и др.]. // Молекулярная медицина. 2018. Т. 16. № 6. С. 56–59.
13. Роль дисплазии соединительной ткани в акушерско-гинекологической практике / А.С. Гаспаров [и др.] // Казанский медицинский журнал. 2014. Т. 95. № 6. С. 897–904.
14. Смольнова Т.Ю. Пролапс гениталий и дисплазия соединительной ткани // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского. 2015. № 2. С. 53–64.
15. Смольнова Т.Ю., Адамьян Л.В. Динамика фенотипических признаков синдрома дисплазии соединительной ткани в различные возрастные периоды. Актуальность проблемы в акушерстве и гинекологии // Акушерство и гинекология. 2013. № 4. С. 74–79.
16. Современные представления о проблеме несостоятельности мышц тазового дна / М.З. Оразов [и др.]. // Трудный пациент. 2018. Т. 16. № 8–9. С. 25–29.
17. Торшин И.Ю., Громова О.А. Дисплазия соединительной ткани, клеточная биология и молекулярные механизмы воздействия магния // РМЖ. 2008. № 4. С. 230.
18. Фенотипический симптомокомплекс дисплазии соединительной ткани у женщин / Т.Ю. Смольнова [и др.] // Клиническая медицина. 2003. № 8. С. 42–48.
19. Характеристика факторов риска и клинических проявлений пролапса гениталий у нерожавших женщин / А.М. Зиганшин [и др.] // Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение. 2018. № 2. С. 58–63.
20. How do delivery mode and parity affect pelvic organ prolapse? / A.Ö. Yeniel [et al.] // Acta Obstet Gynecol Scand. 2013. Vol.92. No 7. P. 847–851.
21. Iglesia C.B., Smithling K.R. Pelvic Organ Prolapse // Am Fam Physician. 2017. Vol. 96. No 3. P. 179–185.
22. Kerkhof M.H., Hendriks L., Brolmann H.A. Changes in connective tissue in patients with pelvic organ prolapse — a review of the current literature // Int. Urogynecol. J. Pelvic Floor Dysfunct. 2009. Vol. 20. No 4. P. 461–474.
23. Mirskaya M., Lindgren E.C., Carlsson I.M. Online reported women's experiences of symptomatic pelvic organ prolapse after vaginal birth // BMC Womens Health. 2019. Vol.19. No 1. P. 129.
24. Neonatal genital prolapse / A.M. Taksande, K.Y. Vilhekar, P. Batra, M.J. Jain // Indian Med. Assoc. 2011. Vol. 109. No 7. P. 502–503.
25. Niu K., Chen X., Lu Y. COL3A1 rs1800255 polymorphism is associated with pelvic organ prolapse susceptibility in Caucasian individuals: Evidence from a meta-analysis // PLoS One. 2021. Vol.16. No 4. e0250943.
26. Obesity and pelvic organ prolapse / U.J. Lee, M.H. Kerkhof, S.A. van Leijssen, J.P. Heesakkers // Curr Opin Urol. 2017. Vol.27. No 5. P. 428–434.
27. Prevalence of symptomatic pelvic floor disorders in US women / I. Nygaard [et al.] // JAMA. 2008. Vol. 300. No 11. P. 1311–1316.

28. Risk Factors for Surgical Failure and Worsening Pelvic Floor Symptoms Within 5 Years After Vaginal Prolapse Repair / S. Jakus-Waldman [et al.] // *Obstet Gynecol.* 2020. Vol. 136. No 5. P. 933–941.
29. Sarbacher C.A., Halper J.T. Connective Tissue and Age-Related Diseases // *Subcell Biochem.* 2019. Vol. 91. P. 281–310.
30. Sewell C.A., Chang E., Sultana C.J. Prevalence of genital prolapse in 3 ethnic groups // *J Reprod Med.* 2007. Vol.52. No 9. P. 769–773.
31. Siddiqui N.Y., Edenfield A.L. Clinical challenges of the vaginal prolapse // *Int J Womens Health.* 2014. Vol. 16. No 6. P. 83–94.
32. Systematic review and meta-analysis of genetic association studies of pelvic organ prolapse / K. Allen-Brady [et al.] // *Int Urogynecol J.* 2021.
33. The effect of episiotomy on pelvic organ prolapse assessed by pelvic organ prolapse quantification system / H. Aytan, E.C. Tok, D. Ertunc, O. Yasa // *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2014. Vol. 173. P. 34–37.

© Салпагарова Фарида Хаджи-Магаметовна (fsalpagarova@list.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ставропольский Государственный медицинский университет

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МИТРАЛЬНАЯ РЕГУРГИТАЦИЯ ПРИ АНЕВРИЗМЕ ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА АОРТЫ У БОЛЬНЫХ ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ОПЕРАЦИИ НА АОРТАЛЬНОМ КЛАПАНЕ

FUNCTIONAL MITRAL REGULATION IN ASCENDING AORTIC ANEURYSM IN PATIENTS UNDERGOING AORTIC VALVE SURGERY

**Tamer Al Alami
Yu. Belov
A. Kosenkov**

Summary. The Bentall-deBono operation is a complex surgical intervention on the aortic root. This operation is much more complicated than “standard” cardiac surgery procedures, and, accordingly, requires a longer duration of artificial blood circulation (IC) and better special equipment of the surgical and anesthesiological team. It is not surprising that according to the Russian Association of Cardiovascular Surgeons in Russia, no more than 1,000 such operations are performed annually in the entire country. Until now, there are discussions in the world about the tactics of surgical treatment for aortic and mitral valve lesions. Functional mitral regurgitation (MR) occurs in about a third of patients with aortic insufficiency (AN), and the choice of treatment tactics in such situations remains the prerogative of the operating surgeon. Most doctors correct MR only with severe mitral valve damage, and with moderate values of regurgitation, the combined operation is refused. This tactic is explained by the presence of a volume overload in the left parts of the heart, due to which a functional defect develops.

Keywords: mitral regurgitation, Aortic regurgitation, aortic aneurysm, Bentall-deBono operation.

Тамер Аль Алами

Аспирант, Первый Московский Государственный Медицинский Университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)
r.alami@doctor.com

Белов Юрий Владимирович

Д.м.н., профессор, Академик РАН, Первый Московский Государственный Медицинский Университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)
belov@sechenov.ru

Косенков Александр Николаевич

Д.м.н., профессор, н.с., Первый Московский Государственный Медицинский Университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)
kosenkov@sechenov.ru

Аннотация. Операция Bentall-deBono является сложным хирургическим вмешательством на корне аорты. Данная операция значительно сложнее «стандартных» кардиохирургических процедур, а соответственно, требует большей длительности искусственного кровообращения (ИК) и лучшего специального оснащения хирургической и анестезиологической бригады. Не удивительно, что по данным Российской ассоциации сердечно-сосудистых хирургов в России ежегодно выполняется не более 1000 таких операций во всей стране. До сих пор в мире ведутся дискуссии о тактике хирургического лечения при поражении аортального и митрального клапанов. Функциональная митральная регургитация (МР) встречается примерно у трети больных с аортальной недостаточности (АН) и выбор тактики лечения в таких ситуациях остается прерогативой оперирующего хирурга. Большинство врачей корректируют МР только при тяжелом поражении митрального клапана, а при умеренных значениях регургитации от сочетанной операции отказываются. Такую тактику объясняют наличием объемной перегрузки в левых отделах сердца за счет чего развивается функциональный порок.

Ключевые слова: митральная регургитация, Аортальная недостаточность, аневризма аорты, Операция Bentall-deBono.

Считается, что после коррекции аортальной недостаточности (АН) перегрузка самостоятельно регрессирует за счет обратного ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) и вместе с ней нормализуется кровотоки через митральный клапан [3, с. 741]. Кроме того, коррекция двух клапанных пороков является более травматичной процедурой, летальность при которой достигает 12% [4, с. 547]. В современной литературе вопрос о влиянии функциональной МР на послеоперационное течение больных и отдаленные результаты освещен в небольшом количестве исследований [5, с. 62]. Причем в данных работах нет четкого разделения на группы по причине порока.

При анализе литературы нам удалось найти всего 2 исследования, которые изучали отдаленные результаты при «чистой» функциональной МР (без возможных влияний на структуру митрального клапана различных заболеваний) [6, с. 32]. В обоих исследованиях авторы не отметили увеличение госпитальной летальности при двухклапанной коррекции. С другой стороны, в исследовании других авторов отмечено, что наличие МР является предиктором неудовлетворительных результатов после изолированной коррекции АК [7, с. 1443]. В мета-анализе, проведенном Harling L et al. [8, с. 1087], продемонстрировано, что отдаленная выживаемость в сроках 3 и 5 лет при наличии МР значительно хуже, чем при отсутствии данной порока у больных. Необходимо отметить, что данное исследование проводили при изучении больных со стенозом АК, и, вероятно, не может быть в абсолютной степени перенесено на модель больных с АН. Varreiro CJ et al. [9, с. 1443], описывая свои данные по неудовлетворительным результатам преимущественно у больных с ишемической МР, а Ruel et al. [10, с. 1541], в смешанном исследовании АН и аортального стеноза получили данные об отсутствии влияния МР на прогноз. Ряд исследований так же склоняются к мысли, что МР не является предрасполагающим фактором при стабильном течении хронической сердечной недостаточности (ХСН), но объем левого предсердия более 5 см, легочная гипертензия, наличие постоянной формы фибрилляции предсердий (ФП) может являться предиктором неудовлетворительных отдаленных результатов [11, с. 32]. Необходимо отметить, что у большинства больных после изолированной коррекции порока АК в раннем послеоперационном периоде уменьшается размер левого предсердия [12, с. 1378]. Именно на этот факт и делают акцент большинство хирургов, демонстрируя раннее обратное ремоделирование сердца после изолированной операции.

Чтобы понять концепцию большинства хирургов необходимо уточнить особенности функциональной МР. На сегодняшний день считается, что функциональная

МР является вторичным изменением после развития дисфункции ЛЖ. Она возникает в результате нарушения взаимосвязи между сокращением ЛЖ и закрытием створок митрального клапана [13, с. 745]. Данные изменения встречаются в ряде ситуаций: перегрузка левых отделов сердца на фоне существующего порока аортального клапана, пролапс митрального клапана, симметричная или ассиметричная дилатация фиброзного кольца аортального клапана и при нарушении целостности папиллярных мышц [14, с. 1826]. Снижение систолической функции ЛЖ и нетипичная анатомия левого желудочка так же могут являться причиной формирования МР [15, с. 1594].

Исходя из этого был сделан вывод о первичности поражения ЛЖ при развитии данного порока. В связи с исследованиями на большой группе больных, где был доказан неблагоприятный прогноз у больных с функциональной МР при наличии других тяжелых заболеваний сердца был сделан вывод о необходимости разработки алгоритма по определению тяжести порока и вкладе его в общее нарушение гемодинамики.

При установлении вклада порока в качество жизни больных после изолированных хирургических вмешательств необходим адекватный подход к выбору тактики лечения. В одном из исследований была попытка оспорить общепринятую теорию. Veaudoin et al. провели ретроспективный анализ у 816 больных с умеренной АН и МР. Несмотря на гипотезу авторов им не удалось полноценно оспорить постулат: «митральная регургитация в первую очередь является заболеванием левого желудочка, а затем клапана сердца». По данным эхокардиографического исследования диастолический объем ЛЖ был в полтора раза больше, в контрольной группе.

Ряд полученных результатов, например об увеличении площади створок клапана на фоне имеющейся АН согласуются с другими исследованиями.

Именно эту особенность авторы возводят как «основное доказательство» отдельной болезни клапана. Однако, увеличение створок может являться компенсаторным механизмом для предотвращения перегрузки сердца. Так же следует помнить об анатомии митрального клапана, в котором зона кооптации не соответствует краю створки. На фоне дилатации ЛЖ происходит удлинение створок митрального клапана и зона кооптации некоторое время может смещаться к краю створки. Как только анатомической длины створки не хватает — возникает регургитация. Если рассматривать типичные митральные пороки, например болезнь Барлоу, то при гистологических исследованиях отмечено увеличение коллагена с утолщением створки — за счет этого развиваются адаптационные механизмы,

данная особенность отмечена так же у больных без соединительнотканной дисплазии.

АН, как правило, приводит к постепенной дилатации ЛЖ на протяжении жизни человека с данным пороком. За счет затяжного течения данного заболевания у митрального клапана остается достаточно времени для развития адаптационных механизмов. При уже сформированной МР у больных наступает этап «быстрого» прогрессирования левожелудочковой дисфункции за счет перегрузки левых отделов сердца. Так же возможно, что обратный поток крови из АК способствует растяжению створок и фиброзного кольца митрального клапана (МК), однако данная концепция требует уточнения для выбора адекватной тактики лечения таких больных.

Как мы уже говорили ранее, наиболее целесообразно изучать вопросы функционального поражения митрального клапана в модели левожелудочковой дисфункции. В работе Rossi A. et al было продемонстрировано как в результате прогрессирования аортального порока происходила дилатация ЛЖ и смещение папиллярных мышц. В ответ на это смещается точка кооптации и развивается порок, данный механизм схож по своему развитию с ишемической кардиомиопатией. В другом исследовании было продемонстрировано, что на прогрессирование МР так же оказывает роль сократимость левого предсердия и наличие фибрилляции предсердий.

В эхокардиографических работах, проведенных на модели изолированного протезирования аортального клапана (ПАК) было получено множество значимых для понимания процесса ремоделирования данных. При 3D анализе была продемонстрирована изменчивость непосредственно структур митрального клапана после ПАК.

Диаметр фиброзного кольца и длина створок МК уменьшились после ПАК в среднем на 16,3%. Изменение геометрии фиброзного кольца МК происходило преимущественно за счет сокращения передней полуокружности. На фоне изменения геометрии уменьшалась степень регургитации, оцениваемая по площади vena contracta, что так же подтверждено в ряде других исследований. Кроме патофизиологических особенностей данного состояния необходимо рассматривать и клиническую значимость функциональной МР. В ряде публикаций авторы пришли к выводу, что наличие МР до коррекции порока клапана сердца несет в себе повышенный риск развития осложнений как в ближайшем, так и в отдаленном периоде после операции. Еще в 1898 году Simpson IA et al в своей работе утверждали, что полуколичественные методы оценки МР не могут

быть эффективными для каких-либо заключений относительно значимости или вклада митрального порока в сердечную дисфункцию. Только в 2010 году Европейское общество эхокардиографии утвердило данный постулат, рекомендовав использовать количественную оценку МР через измерение эффективной площади регургитации. До сих пор большинство исследователей не проводят оценку по количественным методам, поэтому результаты большинства исследований не могут быть доказаны с учетом методом современного статистического анализа. Несмотря на «слабую» оценку непосредственно митрального клапана сердца, ряд закономерностей так называемой «митрализации» аортального порока было найдено.

Важной закономерностью при отсутствии коррекции МР у больных оперированных на АК является повышенные риски развития фибрилляции предсердий, прогрессирования сердечной недостаточности и отека легких. Несмотря на то, что МР в настоящее время достаточно хорошо поддается медикаментозному лечению до сих пор не установлены показания и ее устранению при необходимости операции на АК.

При исходном стенозе АК снижение степени функциональной МР наблюдали у 60–80% больных, но для АН однозначных цифр до сих пор не получено.

ЭХО-кардиографические данные ряда исследований демонстрируют повышение фракции выброса (ФВ), снижение конечнодиастолического объема (КДО) ЛЖ, снижение степени митральной и трикуспидальной регургитации, а так же давления в легочной артерии в течение первых недель после операции. Однако часть представленных индексов могут изменяться за счет влияния анестезиологических препаратов и травмирующих факторов операции, поэтому адекватная оценка должна проводиться не менее чем через 6 месяцев.

Ruel M. et al. провели наблюдательное исследование за динамикой степени МР у больных после коррекции АН. Через 18 месяцев после успешной операции были оценены гемодинамические характеристики больных. Оказалось, что вне зависимости от наличия до операции МР у 10,6% развивается регургитация 2 степени, а при уже имеющейся до операции патологии результаты зависят от исходного КДР ЛЖ. Если у больного КДР более 45 мм, то значимая МР остается у 42,1% больных, а если это значение меньше — всего у 20,0%.

В другом исследовании было продемонстрировано, что изолированное ПАК у больных с МР 3+ степенью ведет к снижению 5-летней выживаемости с 70% до 43% в сравнении с группой больных, у которых МР была меньшей степени. В этом же исследовании пока-

зано, что при одномоментной коррекции МР отдаленная выживаемость составляет 70% при пластической реконструкции и 60% при протезировании клапана.

Больных с синдромом Марфана следует рассматривать как отдельную категорию. Учитывая выраженное генетически-обусловленное поражение соединительной ткани у этих больных МР встречается в 28–91% случаев. Данная особенность связана с миксоматозной дегенерацией створок МК и дестабилизации межклеточного матрикса в соединительной ткани всех органов. В исследовании, посвященном изучению МР у больных после реконструкции корня аорты было сделано заключение о малой частоте потребности в одномоментной коррекции МК. Критерием необходимости реконструкции авторы считают МР 2-й степени, она встречалась у 9% больных, что соответствовало частоте больных без генерализованного поражения соединительной ткани. В тоже время, авторы докладывают, что у 7% больных без реконструктивной операции на МК степень регургитации увеличивается в послеоперационном периоде.

Одномоментная коррекция МР приводит к улучшению сопоставления створок МК. При выполнении реконструктивной операции на митральном клапане происходит сокращение эффективной площади отверстия на 40–50%. Такое уменьшение диаметра фиброзного кольца МК приводит к увеличению площади зоны коаптации, тем самым увеличивая “физиологический резерв” МК и подклапанных структур, предотвращая дальнейшие риски дилатации фиброзного кольца. За счет изолированной анулопластики в сочетании с коррекцией порока АК можно добиться достаточного эффекта для “физиологической” и длительно существующей коррекции МР.

Исходя из описанных выше механизмов возможно предположить, что при коррекции АН при наличии выраженной функциональной МР достаточно выполнить изолированную анулопластику. Эта процедура значительно не увеличит травматичность операции, но создаст физиологически обоснованную коаптацию створок митрального клапана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакерия Л.А., Ступаков И.Н., Гудкова Р.Г., и др. Хирургическое лечение болезней системы кровообращения в Российской Федерации (2010–2014). Вестник Росздравнадзора № 1 2016.
2. Sabbah HN, Rosman H, Kono T, Alam M, Khaja F, Goldstein S. On the mechanism of secondary mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1993;72: 1074–6., Moazami N, diodato MD, Moon MR, Lawton JS, Pasque MK, Herren RL et al. Does secondary mitral regurgitation improve with isolated aortic valve replacement? *J Card Surg* 2004.
3. Harris MH, Malenka DJ, Haney MF, Jayne JE, Hettleman B, Plehn JF et al. Improvement in mitral regurgitation after aortic valve replacement. *Am J Cardiol* 1997.
4. Rankin JS, Hammill BG, Ferguson JTB, Glower DD, O'Brien SM, DeLong ER et al. Determinants of operative mortality in valvular heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006.
5. Wan KKN, Suri RM, Li Z, Orsulak TA, Daly RC, Schaff HV et al. Management of moderate secondary mitral regurgitation at the time of aortic valve replacement: is concomitant mitral valve repair necessary? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:635–40, Ruel M, Kapila V, Price J, Kulik A, Burwash IG, Mesana TG. Natural history and predictors of outcome in patients with concomitant secondary mitral regurgitation at the time of aortic valve replacement. *Circulation* 2006;114(Suppl I): I541–6, Caballero-Borrego J, Gómez-Doblas JJ, Cabrera-Bueno F, García-Pinilla JM, Melero JM, Porras C et al. Incidence, associated factors and evolution of non-severe secondary mitral regurgitation in patients with severe aortic stenosis undergoing aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008.
6. Gillinov MA, Blackstone EH, Cosgrove DM, White J, Kerr P, Marullo A et al. Mitral valve repair with aortic valve replacement is superior to double valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:1372–87, Coutinho GF, Correia PM, Pancas R, Antunes MJ. Management of moderate secondary mitral regurgitation at the time of aortic valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013.
7. Barreiro CJ, Patel ND, Fitton TP, Williams JA, Bonde PN, Chan V et al. Aortic valve replacement and concomitant mitral valve regurgitation in the elderly: impact on survival and secondary outcome. *Circulation* 2005.
8. Harling L, Saso S, Jarral Oa, Kourliouros A, Kidher E, Athanasiou T. Aortic valve replacement for aortic stenosis in patients with concomitant mitral regurgitation: should the mitral valve be dealt with? *Eur J Cardiothorac Surg* 2011.
9. Barreiro CJ, Patel ND, Fitton TP, Williams JA, Bonde PN, Chan V et al. Aortic valve replacement and concomitant mitral valve regurgitation in the elderly: impact on survival and secondary outcome. *Circulation* 2005.
10. Ruel M, Kapila V, Price J, Kulik A, Burwash IG, Mesana TG. Natural history and predictors of outcome in patients with concomitant secondary mitral regurgitation at the time of aortic valve replacement. *Circulation* 2006.
11. Coutinho GF, Correia PM, Pancas R, Antunes MJ. Management of moderate secondary mitral regurgitation at the time of aortic valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013.
12. Unger P, Plein D, Camp GV, Cosyns B, Pasquet A, Henrad V et al. Effects of valve replacement for aortic stenosis on mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 2008.
13. Levine RA, Schwammenthal E. Ischemic mitral regurgitation on the threshold of a solution: from paradoxes to unifying concepts. *Circulation* 2005.
14. Kwan J, Shiota T, Agler DA, et al. Geometric differences of the mitral apparatus between ischemic and dilated cardiomyopathy with significant mitral regurgitation. Real-time three-dimensional echocardiography study. *Circulation* 2003;107:1135–40, He S, Fontaine AA, Schwammenthal E, Yoganathan AP,

- Levine RA. Integrated mechanism for functional mitral regurgitation: leaflet re- striction versus coapting force: in vitro studies. *Circulation* 1997;96: 1826–34, Otsuji Y, Handschumacher MD, Schwammenthal E, et al. Insights from three-dimensional echocardiography into the mechanism of functional mitral regurgitation: direct in vivo demonstration of altered leaflet tethering geometry. *Circulation* 1997.
15. Kaul S, Pearlman JD, Touchstone DA, Esquivel L. Prevalence and mechanisms of mitral regurgitation in the absence of intrinsic abnor- malities of the mitral leaflets. *Am Heart J* 1989;118:763–72, Kono T, Sabbah HN, Rosman H, Alam M, Jafri S, Goldstein S. Left ventricular shape is the primary determinant of functional mitral regurgitation in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1992.

© Тамер Аль Алами (r.alami@doctor.com),

Белов Юрий Владимирович (belov@sechenov.ru), Косенков Александр Николаевич (kosenkov@sechenov.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

РАССЛОЕНИЕ АОРТЫ: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ

AORTIC DISTRIBUTION: CAUSES AND RESULTS OF EMERGENCY OPERATIONS

Tamer Al Alami
Yu. Belov
A. Kosenkov

Summary. Thoracic aortic aneurysms are currently a socially significant problem. This is due to the high mortality rate after the development of complications of this disease — aortic dissection (RA), and the impossibility of conservative treatment. According to modern literature, the incidence of this pathology is about 10.4 per 100,000 population in economically developed countries. In countries with low levels of health care, the frequency may be higher due to the lack of a sufficient level of diagnosis of the population. The causes of this pathology are different. With aneurysms of the ascending aorta (ABA), idiopathic connective tissue dysplasia is most common, and with lesions of the thoracoabdominal department — atherosclerosis. In the studies of a number of authors, a fairly low frequency of coronary vascular damage by the atherosclerotic process in ABA was also noted. At the same time, the frequency of combined aortic valve disease (AC) reaches 5.9 per 100,000 population, i.e. more than half of the cases.

Keywords: mitral regurgitation, Aortic regurgitation, aortic aneurysm, Bentall-deBono operation.

Тамер Аль Алами

Аспирант, Первый Московский Государственный
Медицинский Университет им. И.М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)
r.alami@doctor.com

Белов Юрий Владимирович

Д.м.н., профессор, Академик РАН, Первый Московский
Государственный Медицинский Университет
им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)
belov@sechenov.ru

Косенков Александр Николаевич

Д.м.н., профессор, н.с., Первый Московский
Государственный Медицинский Университет
им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский
Университет)
kosenkov@sechenov.ru

Аннотация. Аневризмы грудной аорты в настоящее время являются социально-значимой проблемой. Это связано с высокой летальностью после развития осложнений этого заболевания — расслоения аорты (РА), и невозможностью консервативного лечения. По данным современной литературы частота встречаемости данной патологии составляет около 10,4 на 100 000 населения в экономически развитых странах. В странах с низким уровнем медицинской помощи частота может быть выше ввиду отсутствия достаточного уровня диагностики населения. Причины развития данной патологии различны. При аневризмах восходящего отдела аорты (АВА) чаще всего встречается идиопатическая дисплазия соединительной ткани, а при поражении торакоабдоминального отдела — атеросклероз. В исследованиях ряда авторов так же отмечена достаточно низкая частота поражения коронарных сосудов атеросклеротическим процессом при АВА. В тоже время частота сочетанного поражения аортального клапана (АК) достигает 5,9 на 100 000 населения т.е. более половины случаев.

Ключевые слова: митральная регургитация, Аортальная недостаточность, аневризма аорты, Операция Bentall-deBono.

В литературе до сих пор встречается множество дискуссий по поводу первичности поражения. В 1928 году Abbott M.E. и Hamilton W.F. описали зависимость между наличием двухстворчатого аортального клапана и аневризмозом восходящей аорты [5, с. 381]. С этого момента проведено множество исследований, посвященных данной проблеме. Выявлено, что у больных с двухстворчатым аортальным клапаном чаще развиваются аневризмы и расслоения аорты, пороки развития клапана (как недостаточность, так и стеноз) и чаще такой клапан поражается инфекционным эндокардитом [6, с. 1408].

Последние гистологические исследования указывают на то, что при наличии двухстворчатого аортального клапана в восходящем отделе аорты имеются дегенеративные изменения, характеризующиеся фрагментацией эластина и нарушением структуры коллагена и гладкомышечных клеток в стенке аорты [7, с. 588]. В этом же исследовании было проведено сравнение гистологической картины у больных с двухстворчатым и трехстворчатым аортальными клапанами. Гистологические изменения были обнаружены у 45% больных с двухстворчатым клапаном и только у 9% больных с трехстворчатым. При изучении толщины меди у больных

после операций на сердце обнаружено, что при двустворчатом клапане толщина эластической мембраны меньше, чем при трехстворчатом клапане [8, с. 329].

При операциях на восходящем отделе аорты было установлено, что при двустворчатом аортальном клапане в 8–10 раз чаще развиваются АВА и расширение преимущественно локализуется по передней стенке аорты [9, с. 81]. Даже при нормально функционирующем двустворчатом АК АВА и РА встречается в 60% случаев [10, с. 781]. Другими авторами было установлено, что примерно в 80% случаев патология корня аорты связана с врожденными изменениями в АК [11, с. 49].

До сих пор в литературе нет единого мнения почему при наличии двустворчатого АК развиваются патологические процессы в корне аорты [12, с. 1496]. Одной из причин этому может быть повышенное внимание к этой проблеме врачей терапевтических специальностей, которые рассматривают АК и восходящую аорту как два функционально различных элемента. С точки зрения кардиохирурга это не верно. Корень аорты представляет собой единое анатомо-физиологическое образования, которое начинается от уровня фиброзного кольца аортального клапана и заканчивается сино-тубулярным соединением. Именно в этом заключается наиболее важная особенность понимания данной проблемы.

В единую структуру соединены фиброзные части корня аорты — атрио-вентрикулярный гребень, комиссуральные стержни и фиброзное кольцо сердца. Именно фиброзные элементы корня аорты несут на себе максимальную нагрузку во время сердечного цикла. Во время сокращения сердца происходит повышенное напряжение на фиброзный скелет, а в момент диастолы происходит возвращение нагрузки к исходному состоянию [13, с. 325]. Во время сокращения сердца происходит поступление крови в ВА, где имеющийся жидкостной объем распределяется и происходит дальнейшее проталкивание его по сосудистому руслу. При нормально функционирующем АК давление крови на ВА распределяется равномерно без образования турбулентного потока. При развитии двустворчатого АК максимальному давлению подвергается переднебоковая стенка аорты. Исходя из постулата, что при двустворчатому АК чаще встречаются признаки дисплазии соединительной ткани — повышенное давление на изолированный участок аорты чаще приводит к образованию аневризматического расширения. В фазу диастолы за счет имеющегося турбулентного кровотока корень аорты и АК, в частности, испытывают так же перегрузку давлением, это является предпосылками к расширению диаметра фиброзного кольца и развитию аортальной регургитации [14, с. 53]. Кроме наличия врожденного изменения

АК необходимо учитывать особенности физиологии кровотока в восходящей аорте (ВА). В норме стенка ВА имеет выраженный эластический компонент, за счет которого происходят процессы «проталкивания» крови по сосудистому руслу [15]. В норме коллаген и эластин являются преобладающими элементами стенки ВА. Однако, при изменении условий окружающей среды, а так же наличии патологических процессов в сосудистом русле возможно развитие структурных нарушений, которые приводят к снижению упругих свойств ВА. К примеру изменения, возникающие с увеличением возраста человека за счет атеросклеротического процесса приводят к снижению дистальной перфузии и увеличению артериального давления на выходе крови из полости левого желудочка.

Одновременно с этим увеличивается нагрузка на сердце и за счет компенсаторного компонента это приводит к увеличению сократимости левого желудочка. Таким образом развивается патологический круг, который невозможно прервать без хирургического вмешательства. Давление в ВА прогрессивно увеличивается, что повреждает даже исходно нормальную стенку аорты, способствует образованию аневризмы.

После обнаружения особенностей, связанных с зависимостью между образованием АВА и возрастом исследователи начали изучать изменения, которые происходят в стенке аорты. Наиболее вероятным маркером «слабости» сосудистой стенки посчитали количество эластина в стенке ВА, поэтому большинство работ построено на оценки этого параметра. В экспериментальных исследованиях было продемонстрировано отсутствие изменения содержания эластина в стенке ВА, но в тоже время увеличение других компонентов, например коллагена, которые частично замещали общий объем эластической мембраны сосуда, уменьшая ее упругие свойства

В других исследованиях обнаружили, что аминокислотный состав эластина изменяется с возрастом человека. На протяжении всей жизни человека происходит уменьшение связывающих эластин и коллаген аминокислот, что, по мнению авторов, способствует снижению упругости сосудистой стенки. На фоне этого процесса возможно развитие фрагментации целостной структуры белка у людей с повышенной нагрузкой на стенку грудной аорты или присутствием атеросклеротического процесса. При наличии процессов, способствующих деградации белка эластина в стенке аорты обнаруживаются ферменты семейства металлопротеиназ в высокой концентрации. Вероятно, такие изменения является одним из возможных ступеней апоптоза в организме. Содержание эластина в сухом остатке стенки аорты уменьшается в возрасте старше 20 лет и достигает 33%

у здорового человека, а при заболеваниях соединительной ткани процессы развиваются ещё быстрее. Присутствие у больного генетического заболевания соединительной ткани, например синдрома Марфана, стабильность межбелковых структур в эластической мембране снижена на 50% относительно здорового человека. В других исследованиях продемонстрировано снижение концентрации эластина в стенке аорты при этом заболевании и значительное меньшее количество межструктурных элементов внутри самого белка эластина. Как мы уже указывали ранее, с увеличением возраста больного происходит увеличение коллагена в стенке ВА. При гистологическом анализе было продемонстрировано, что такое увеличение может достигать 30%. Стоит отметить, что это увеличение происходит не линейно с возрастом человека. Примерно до 45 лет концентрация коллагена остаётся одинаковой, однако далее медленно увеличивается со временем.

При наличии атеросклероза аорты происходит разрушение структуры коллагена IV типа в эластической мембране аорты, однако, этот процесс наблюдается только в области атеросклеротической бляшки. При изучении расслоения аорты на фоне атеросклероза было обнаружено, что в области начала расслоения полностью отсутствует коллагеновая структура, что, вероятно, и приводит к данному осложнению. Если имеет место у больного аневризмой аорты синдрома Марфана, коллагеновая структура в области расширения оставалась не изменённой. Однако, межбелковые структуры коллагена в этом случае были обеднены, целостность их нарушена.

Таким образом, по данным литературы можно сделать вывод, что причины развития АВА многогранны, имеют множество предрасполагающих факторов. Однако, основным критерием, который присутствует практически у каждого больного с данным заболеванием является генетическая «слабость» соединительной ткани. В зависимости от степени выраженности генетической мутации аневризмы развиваются или в молодом возрасте, или в пожилом, при наложении на имеющиеся особенности предрасполагающих факторов, например гипертонической болезни. Конечным результатом течения заболевания является расслоение или разрыв аорты.

Общеизвестно, что летальность после острого расслоения аорты типа А (РАА) рассчитывается по схеме 1–2% в час после начала заболевания в течение первых 48 часов. В связи с этим всех пациентов с РАА необходимо оперировать в срочном порядке. К сожалению, в большинстве случаев РАА диагностируется уже или постморти, или в сроки, превышающие данные показатели. Поэтому для хирургов наиболее актуальным

вопросом становится выбор операции исходя из имеющейся клинической картины.

Острые РАА с клиническими симптомами мальперфузии внутренних органов оперируют в срочном порядке, стабильных больных, чаще всего, в подостром или хроническом периоде. По данным ряда авторов хирургическое лечение в первые часы после эпизода РАА имело место летальность до 27%, в то время как при медикаментозном лечении эти цифры достигали 56%. Отдаленная выживаемость после хирургического лечения составила 96% в течение года и 91% в течение 3-х лет, без операции — 89% и 69% соответственно. Исходя из этих данных можно сделать вывод о необходимости хирургического лечения любого РАА.

До сих пор не определена тактика лечения в ряде групп больных. Так для больных старше 80 лет, а так же с выраженной мальперфузией и инфарктом головного мозга выживаемость после хирургического и медикаментозного лечения долгое время считали сопоставимыми. В одном исследовании оценили выбор тактики у больных с неврологическим дефицитом: острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) и кома. При хирургическом лечении летальность при ОНМК достигала 27%, при коме — 44%, а при медикаментозном лечении — 76% и 100% соответственно. Регрессионный анализ показал, что хирургическое лечение в ранние сроки после начала заболевания увеличивает выживаемость. В другом исследовании сравнивали результаты лечения у молодых больных и лиц старше 70 лет. Авторы продемонстрировали, что возраст не является предиктором большей летальности. В более позднем сообщении показано, что больные старшего возраста, которые перенесли ОНМК и которым не провели хирургического лечения в «холодном» периоде, имели меньшую отдаленную выживаемость без операции, чем с ней. При этом послеоперационная летальность была в 2 раза меньше, чем при операции в остром периоде ОНМК. Важно отметить, что в такой анализ входят больные, которые пережили первые двое суток после острого РАА.

В случае выполнения операции важным является состоятельность аортального клапана и наличие расслоения корня аорты. При патологической регургитации на АК следует выполнять хирургическую коррекцию данной патологии. «Золотым стандартом» в хирургическом лечении такого состояния на сегодняшний день является операция Bentall-deBono.

В последние годы многие хирурги начали применять клапано-сохраняющие технологии при лечении острого РАА, однако следует отметить, что задачей хирурга при лечении данного состояния является со-

хранение жизни больного, а не улучшение качества жизни, так же выполнение коронарографии не должно быть рутинным исследованием перед данной операцией, так как на ее проведение требуется время, которое может увеличить дооперационную летальность. Так же объем операции не всегда следует увеличивать до протезирования дуги аорты, в связи с увеличением риска данной процедуры. Только при расслоении аорты 2 типа по DeBakey возможна радикальная коррекция за одну операцию, но зачастую расслоение переходит на торакоабдоминальный отдел аорты, а значит даже расширенная операция не «излечивает» больного.

Реконструкция дуги аорты рекомендована только при ее расширении более 5,5 см, так как это увеличивает риск спонтанного разрыва в этой области.

В ближайшем послеоперационном периоде при коррекции РАА летальность может достигать 30%, причем одним из факторов риска увеличения летальности является наличие АН, которая требует хирургической коррекции. К другим предикторам развития неудовлетворительных результатов относятся состояния, связанные с мальперфузией органов после случившегося эпизода расслоения. При стабилизации состояния больного, компенсации недостаточности кровообращения по органам и системам в подострый и/или хронический период расслоения возможно добиться снижения летальности более, чем в два раза. В тоже время, для больных с РАА многие авторы предпочитают выполнять «изолированную коррекцию» наиболее измененного участка, это позволяет спасти жизнь больному и минимизирует риски осложнений.

Анализируя отдаленные результаты и причины необходимости повторных вмешательств, большинство авторов обращали особое внимание на состояние АК. Наиболее важно для этих больных было нормализо-

вать гемодинамику на уровне корня аорты. Наиболее часто для этого использовали клапаносодержащий кондуит. Такая операция не увеличивала частоту осложнений и позволяла добиться стабильных результатов на протяжении 10 летнего периода наблюдения. По результатам авторов до 70% больных, которым выполнена проксимальная коррекция РАА и которым требовалась повторная операция обращались к хирургу в связи с нарастанием клинической картины сердечной недостаточности на фоне прогрессирования аортальной недостаточности, а не из-за расширения дистальных отделов аорты. В связи с этим, некоторые авторы выполняли коррекцию порока аортального клапана во всех случаях расслоения аорты, но такой подход замедлял тромбоз ложного канала в дистальных отделах аорты в связи с необходимостью постоянной антикоагулянтной терапией.

По данным ряда авторов частота отсутствия тромбоза в ложном просвете расслоения после выполнения операции Bentall-deBono достигала 75–100% случаев. Расширение дистальных отделов аорты при проксимальной коррекции РАА возникало не более чем у 15% больных, таким образом увеличение объема операции и риска для больного не оправдано для большинства пациентов.

Исходя их представленных литературных данных считаем, что выбор метода хирургического лечения больных с расслоением аорты следует подбирать индивидуально для каждого больного. При возможности безопасной медикаментозной компенсации органных дисфункций до операции — следует отдавать предпочтение операциям в подостром и хроническом периоде. При жизнеугрожающих состояниях операцию необходимо проводить в экстренном порядке с минимально-радикальным объемом для сохранения жизни больного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ramanath V S, Oh J K, Sundt T M III, Eagle K A. Acute aortic syndromes and thoracic aortic aneurysm. Mayo Clin Proc. 2009;84(5):465–481, Kuzmik G A, Sang A X, Elefteriades J A. Natural history of thoracic aortic aneurysms. J Vasc Surg. 2012.
2. Белов Ю.В., Комаров Р.Н. Руководство по хирургии торакоабдоминальных аневризм аорты. М.: МИА; 2009.
3. Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Красников М.П. Хирургическая тактика у больных с аневризмой восходящего отдела аорты и ишемической болезнью сердца Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2012. Т. 5. № 2. С. 45–48., Agmon Y, Khandheria B K, Meissner I. et al. Is aortic dilatation an atherosclerosis-related process? Clinical, laboratory, and transesophageal echocardiographic correlates of thoracic aortic dimensions in the population with implications for thoracic aortic aneurysm formation. J Am Coll Cardiol. 2003;42(6):1076–1083, slamoğlu F, Atay Y, Can L. et al. Diagnosis and treatment of concomitant aortic and coronary disease: a retrospective study and brief review. Tex Heart Inst J. 1999.
4. Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У., Алекси-Месхишвили В.В. Болезни аортального клапана, Москва «Гэотар Медицина» 2004, 328
5. Abbott M.E., Hamilton W.F. Coarctation of the aorta of the adult type. Am. Heart. J. 1928.
6. Ando M., Okita Y., Matsukawa R., et al. Surgery for aortic dissection associated with congenital bicuspid aortic valve. Jpn. J. Thoracic. Cardiovasc. Surg. 1998; 46: 1069–1073, Campbell M. Calcific aortic stenosis and congenital bicuspid aortic valves. Br. Heart. J. 1968; 30: 606–16, Lindsay J. Coarctation of the aorta, bicuspid aortic valve and abnormal ascending aortic wall. Am.J. Cardiol. 1988; 61: 182–4, Paul W., M. Fedak Bicuspid aortic valve syndrome: heterogeneous but

- predictable? *European Heart Journal* 2008; 29: 432–433, Roberts W.C. The congenitally bicuspid aortic valve: a study of 85 autopsy cases. *Am.J. Cardiol* 1970; 26: 72–83, Roberts W.C., Morrow A.G., McIntosh C.L. et al. Congenitally bicuspid aortic valve causing severe, pure aortic regurgitation without superimposed infective endocarditis: analysis of 13 patients requiring aortic valve replacement. *Am J Cardiol*. 1981; 47: 206–209, Roberts W.C. Living with a congenitally bicuspid aortic valve [editorial]. *Am J Cardiol*. 1989.
7. Белов Ю.В., Комаров Р.Н., Винокуров И.А. Архитектоника, нормальная и патологическая физиология сосудистой стенки Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2014. Т. 7. № 6. С. 59–63., Белов Ю.В., Федоров Д.Н., Тааев Б.К., Даабуль А.С. Особенности гистологического строения стенки восходящей аорты при аневризме Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2013. Т. 6. № 2. С. 34–36. Mauro de Sa, Y. Moshkovitz, J. Butany and Tirone E. David. Histologic abnormalities of the ascending aorta and pulmonary trunk in patients with bicuspid aortic valve disease: clinical relevans to the Ross procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1999.
 8. Beroukhim R.S., Kruzick T.L., Taylor A.L. et al. Progression of aortic dilation in children with a functionally normal bicuspid aortic valve. *Am.J. Cardiol*. 2006; 98: 828–830, Nataatmadja M., West M., West J. et al. Abnormal extracellular matrix protein transport associated with increased apoptosis of vascular smooth muscle cells in Marfan syndrome and bicuspid aortic valve thoracic aortic aneurysm. *Circulation*. 2003.
 9. Fedak P.W., Verma S., David T.E. et al. Clinical and pathophysiological implications of a bicuspid aortic valve. *Circulation*. 2002; 106: 900–4, Ward C. Clinical significance of the bicuspid aortic valve. *Heart* 2000.
 10. Nistri S., Basso C., Marzari C. et al. Frequency of bicuspid aortic valve in young male conscripts by echocardiogram. *Am.J. Cardiol*. 2005; 96: 718–721, Pachulski R.T., Weinberg A.L., Chan K-L. Aortic aneurysm in patients with functionally normal or minimally stenotic bicuspid aortic valve. *Am.J. Cardiol*. 1991.
 11. Белоусов Ю.В. Охотин И.К. Выбор метода хирургической коррекции врожденного аортального стеноза в зависимости от анатомического варианта. Восстановительная и реконструктивная хирургия. Горький, 1980.
 12. Beroukhim R.S., Kruzick T.L., Taylor A.L. et al. Progression of aortic dilation in children with a functionally normal bicuspid aortic valve. *Am.J. Cardiol*. 2006; 98: 828–830, Warren A.E., Boyd M.L., O'Connell C., Dodds L. Dilatation of the ascending aorta in pediatric patients with bicuspid aortic valve: frequency, rate of progression and risk factors. *Heart*. 2006.
 13. Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У., Алекси — Месхишвили В.В. Болезни аортального клапана. ГЭОТАР-МЕД. Москва. — 2004.
 14. Bellhouse B.J. The fluid mechanics of the aortic valve. In: Lonescu M.L. Ross D.N. Woller G.H., eds. *Biological tissue in heart valve replacement*. London: Butterworth- Heinemann 1972; 23–47, Michael D. Hope, Thomas A. Hope, Alison Meadows K. et al. Bicuspid aortic valve: four-dimensional MR evaluation of ascending aortic systolic flow patterns. *Radiology*. 2010.
 15. Westerhof N, Stergiopulos N, Noble MIM. 2005 *Snapshots of hemodynamics: an aid for clinical research and graduate education*. New York, NY: Springer Science. Business Media, Inc.

© Тамер Аль Алами (t.alami@doctor.com),

Белов Юрий Владимирович (belov@sechenov.ru), Косенков Александр Николаевич (kosenkov@sechenov.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ ТРИГЕМИНАЛЬНОЙ ПРОЗОПАЛГИИ. МЕТОД Р. JANETTA

NEUROIMAGING IN TRIGEMINAL PROSOPALGIA. THE P. JANETTA METHOD

A. Filatov
M. Zaurova
E. Sereda
D. Anzel

Summary. Today, trigeminal neuralgia (NTN) is considered one of the most common prosopalgias and is a typical example of neuropathic pain of a paroxysmal nature. According to various literature sources, trigeminal neuralgia (TN) occurs with a frequency of 4–13 cases per 100,000 population. HTN is manifested by very painful and excruciating facial pain and is one of the most persistent pain syndromes. This type of facial pain often has a recurrent or chronic course and is very difficult to treat compared to other types of facial pain. Therefore, trigeminal neuralgia has a negative impact on the quality of life of patients, leading them to disability[1]. Today, trigeminal prosopalgia is a chronic disease that manifests itself as intense, burning, shooting neuralgia in the area of innervation of one or more branches of the trigeminal nerve. The aim of our study was to study the technique of neuroimaging in trigeminal prosopalgia, as well as to study the conservative and surgical method of treatment — method P. Janetta, a method of radiofrequency ablation and percutaneous selective rhizotomy with alcohol, a method of microcompression with a balloon, a method of stereotactic radiosurgery using a Gamma knife.

Keywords: neuroimaging, trigeminal neuralgia, prosopalgia, microvascular decompression, carbamazepine.

Филатов Александр Сергеевич

К.м.н., доцент, Медицинская академия
им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
alex_s_filatov@ukr.net

Заурова Мариам Борисовна

Медицинская академия им. С.И. Георгиевского,
г. Симферополь
zaurova.mariam@bk.ru

Серёда Елизавета Владимировна

Медицинская академия им. С.И. Георгиевского,
г. Симферополь
liza.sereda.98@mail.ru

Энзель Дарья Анатольевна

Медицинская академия им. С.И. Георгиевского,
г. Симферополь
darya.enzel@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день невралгия тройничного нерва (НТН) считается одной из самых распространённых прозопалгий и является типичным примером нейропатической боли пароксизмального характера. По данным разных литературных источников тригеминальная невралгия (ТН) встречается с частотой 4–13 случаев на 100000 населения. НТН проявляется очень болезненной и мучительной лицевой болью и относится к числу самых устойчивых болевых синдромов. Такой вид лицевой боли чаще имеет рецидивирующее или хроническое течение и весьма сложно поддаётся лечению по сравнению с другими типами лицевой боли. Поэтому невралгия тройничного нерва оказывает отрицательное воздействие на качество жизни пациентов, приводя их к инвалидности.[1] На сегодняшний день тригеминальная прозопалгия — это хроническое заболевание, которое проявляется интенсивной, жгучей, стреляющей невралгией в области иннервации одной или нескольких ветвей тройничного нерва. Целью нашего исследования было изучение методики нейровизуализации при тригеминальной прозопалгии, а так же изучение консервативного и оперативного метода лечения — метод Р. Janetta, метод радиочастотной абляции и чрескожной селективной ризотомии спиртом, метод микрокомпрессии баллоном, метод стереотаксической радиохирургии с применением Гамма-ножа.

Ключевые слова: нейровизуализация, тригеминальная невралгия, прозопалгия, микроваскулярная декомпрессия, карбамазепин.

Тригеминальная невралгия — это хронический болевой синдром, который проявляется приступообразной, чаще односторонней, стреляющей, жгучей, кратковременной, интенсивной прозопалгией в области иннервации одной или нескольких ветвей тройничного нерва. Тригеминальная невралгия под-

разделяется на классическую, вызванную компрессией тригеминального корешка патологически изменёнными или извилистыми сосудами, и симптоматическую, вызванную структурным повреждением тригеминального нерва. В 60% случаев причиной невралгии тройничного нерва являются:

- ◆ компрессия корешка или ветвей тройничного нерва в костных каналах черепа (туннельный синдром);
- ◆ расширенные и достаточно извитые сосуды, обычно передней нижней или верхней мозжечковыми артериями.

В остальных случаях компрессия тройничного нерва вызвана объемными процессами в задней черепной ямке, аневризмой базилярной артерии, бляшками рассеянного склероза. Кроме того, тригеминальная невралгия может возникать в результате одонтогенных заболеваний (травмы челюсти, кариес, флюс, пульпит, периодонтит), отитов, синуситов, офтальмологических болезней (кератит, иридоциклит), вирусных заболеваний (полиомиелит, герпетическая инфекция). Так же в 11% случаев причиной тригеминальной прозопалгии является вторично-прогрессирующая форма рассеянного склероза (это форма рассеянного склероза, которая наступает после ремиттирующего течения). Триггерами развития заболевания являются: частые стрессы, дефицит витаминов, хроническая усталость, атопические аллергии и аутоиммунные патологии [4].

Развитие тригеминальной невралгии протекает следующим образом: сдавление Гассерова узла извилистыми и расширенными сосудами ведет к демиелинизации (разрушению миелиновой оболочки) нервного волокна; импульсы, распространяющиеся на тройничный нерв и на близлежащие нервы, вызывают прозопалгию.

Как известно, тройничный нерв является пятой парой черепных нервов, он образован тремя ветвями: глазными, верхнечелюстными и нижнечелюстными. Клиническая картина заболевания определяется тем, какая ветвь поражена. Тригеминальная невралгия — это синдром, который включает множество разнообразных клинических симптомов. К ним относятся:

- ◆ стреляющая, жгучая односторонняя боль по ходу поражённого нервного волокна, которая сохраняется до 3 мин;
- ◆ спазм мышц лица на протяжении всего приступа;
- ◆ расширение зрачков;
- ◆ усиленное отделение слезной жидкости и слюны;
- ◆ обездвиженность больного во время приступа;
- ◆ появление прозопалгии при прикосновении к коже лица.

Прозопалгия может сохраняться у больных на протяжении нескольких дней, при этом на начальных стадиях боль менее выражена, она кратковременна и почти незаметна для пациента. Пик боли наступает во время приступа, который возникает спонтанно. Кроме того, приступ может спровоцировать воздействие

на триггерные точки, которые чаще всего расположены в области носогубного треугольника.

Для оценки выраженности болевого синдрома при тригеминальной прозопалгии используют визуальную аналоговую шкалу, модифицированную лицевую шкалу, а также вербальную описательную шкалу оценки боли. Для того, чтобы поставить диагноз «невралгия тройничного нерва» (НТН) используются диагностические критерии Международного Общества Головной Боли, а именно:

боли протекают в виде приступов, которые длятся от нескольких секунд до 2 минут;

- ◆ приступы болей отличаются у всех пациентов;
- ◆ по характеру боли внезапные, острые, интенсивные;
- ◆ в период между приступами отсутствует симптоматика;
- ◆ в дебюте заболевания, приём карбамазепина вызывает ослабление болей.

Главным критерием для постановки диагноза симптоматической тригеминальной прозопалгии является наличие органического поражения. Дифференциальная диагностика классической тригеминальной и симптоматической невралгии заключается в исследовании стволовых вызванных потенциалов (исследование рефлексов тройничного нерва).

Частой причиной возникновения невралгии тройничного нерва является нейроваскулярный конфликт. Для выявления и подтверждения нейроваскулярного конфликта у пациентов с НТН выполняется магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга с использованием импульсных последовательностей FIESTA (более ранняя версия DRIVE), а так же 3D-T2-FSE-трехмерная взвешенная по T2 быстрое спин-эхо. Данный метод нейровизуализации показывает топографию цистернальной части корешка тройничного нерва и расположение компримирующего его сосуда.

У 15% больных, которые имеют симптоматическую НТН, выявляют другие причины, например, менингиомы, вестибулярные шванномы, эпидермоидные кисты понто-медулярной цистерны. Для подтверждения или исключения данных патологий выполняется МРТ. На сегодняшний день существует дополнительный метод нейровизуализации — это последовательность T2-CICE, которая была внедрена в практику P. Avelar в 2018 году. Такой метод даёт ответы на следующие вопросы в ходе диагностики: что сдавливает тройничный нерв, на каком уровне и на каком протяжении. Ответы на поставленные вопросы, имеют большое значение для даль-

нейшего хирургического вмешательства, так как дают возможность оценить анатомию вен мосто-мозжечкового угла [6].

Помимо вышеуказанных методов диагностики НТН существуют ряд других методов, например, компьютерная томография (КТ), электронейрография или электромиография.

На сегодняшний день проблема лечения НТН остаётся не до конца решённой, поэтому лечебная тактика включает в себя медикаментозные и хирургические методы [7].

Основная цель медикаментозной терапии тригеминальной невралгии — это устранение причины заболевания и проведение симптоматического лечения.

За последние несколько лет доказана высокая эффективность метаболитических препаратов для лечения тригеминальной невралгии. Одним из таких препаратов является Актовегин — это препарат крови и тканей крупного рогатого скота. Фармакологическое действие Актовегина направлено на увеличение поглощения и утилизацию кислорода, а также глюкозы, что приводит к улучшению энергетического метаболизма клеток. Кроме того, Актовегин обладает реологическими и вазоактивными эффектами. Так же для лечения тригеминальной невралгии применяют высокие дозы витаминов группы В в составе Мильгаммы, Нейробиона, Нейромультивита. Перечисленные препараты содержат сбалансированную комбинацию тиамина (В1), пиридоксина (В6), цианокобаламина (В12). Тиамин активирует ионные каналы в мембранах нейронов и улучшает эндоневральный кровоток, пиридоксин обеспечивает нейротропный эффект, цианокобаламин регенерирует нервную ткань [3].

Однако базой медикаментозной терапии на сегодняшний день являются антиконвульсанты, а именно карбамазепин и его аналоги. Впервые карбамазепин был синтезирован в середине прошлого века. В дальнейшем из него был синтезирован ряд других препаратов (прегабалин, окскарбазепин). Синтезированные препараты, в отличие от самого карбамазепина, реже вызывают побочные эффекты (сонливость, головокружение, атаксию, ухудшение памяти, лейкопению, тромбоцитопению, агранулоцитоз) и дают более выраженный эффект. Антиконвульсанты обладают обезболивающим эффектом, они сокращают проницаемость мембран нейронов для натрия, который запускает ноцицептивные реакции.

Помимо вышеперечисленного, больным назначают миорелаксанты, нестероидные противовоспалитель-

ные средства, различные средства для улучшения кровообращения и нормализации питания нерва, а также антидепрессанты.

Если консервативные методы лечения не дают желаемого результата при НТН, назначается оперативное лечение. На данный момент существует огромное количество современных методик оперативного лечения НТН. Наиболее старым методом лечения является чрескожная селективная ризотомия спиртом. Она применялась, когда ещё не было других, более современных методов лечения. Чрескожная селективная ризотомия спиртом предполагает выполнение инъекции специального раствора в область поражённого корешка нерва, в результате чего происходит разрушение части нервного волокна и устраняется возможность проведения боли [2].

Кроме того, применяется метод микрокомпрессии баллоном. Пустой баллон непосредственно подводят к нервному поражённому корешку и раздувают настолько это возможно, в результате от сильного сдавления происходит разрушение нервного волокна и соответственно устранение болевых ощущений.

Также к классическим методам оперативного лечения относится стереотаксическая радиохирurgia с применением Гамма-ножа. Такая методика является бескровной и выполняется она с помощью направленного ионизирующего излучения на патологический участок тройничного нерва. Сформированное излучение проникает сквозь ткани и точно фокусируется в поражённом участке.

Однако актуальные исследования говорят о том, что микроваскулярная декомпрессия (МВД) или метод P. Janetta является единственным патогенетически обоснованным методом лечения.

Данный метод был предложен в 1959 году американским нейрохирургом W. Gardner, однако впервые выполнена данная операция была в 1967 году нейрохирургом Джанеттом. Главным преимуществом микроваскулярной декомпрессии является сохранение нерва и его функций, а также немедленное послеоперационное облегчение прозопалгии в 95% случаев. Недостатком данной операции является то, что она открытая и может привести к инфицированию или кровопотери. Показанием к микроваскулярной декомпрессии является невровазкулярный конфликт между кровеносным сосудом и корешком ТН, который подтверждается методами нейровизуализации (как было сказано выше). Противопоказаниями для данного метода являются: наличие сопутствующей неврологической, соматической или психиатрической патологии.

Таким образом, целью микроваскулярной декомпрессии является элиминация нейрваскулярного конфликта в месте слияния кровеносного сосуда и корешка тройничного нерва. Операцию предпочтительнее проводить в лежачем положении, так как при этом сокращается количество интраоперационной воздушной эмболии и пневмоцефалии. Единственным оперативным доступом является ретросигмовидный субокципитальный доступ, он производится в шейно-затылочной области ниже верхней выйной линии. После рассечения мягких тканей, накладывается фрезевое отверстие и формируется трепанационное окно размером 2*2 см с обязательным обнажением перехода сигмовидного синуса в поперечный. После проведения трепанации нейрохирург смещает медиально мозговое вещество гемисферы мозжечка и осуществляет препаровку понто-медуллярной цистерны на уровне тройничного нерва. Далее осуществляется ревизия положения корешка тройничного нерва, а также верхней и нижней передних мозжечковых артерий, верхней каменистой вены. После обнаружения нейрваскулярной компрессии, между нервом и сосудом вводится разделительная тефлоновая прокладка. Прокладка защищает нерв от пульсирующего сосуда, тем самым предотвращая боль. Кроме того, в настоящее время при выполнении микроваскулярной декомпрессии используется эндоскопическая ассистенция, которая позволяет при уменьшении ширины манипуляций в операционном поле минимизировать количество «слепых зон». По окончании операции вводится физи-

ологический раствор и осуществляется послойная герметизация раны. Для герметизации твёрдой мозговой оболочки используется фибрин-тромбиновый клей или биodeградирующий материал. Регресс болей при тригеминальной невралгии отмечают 99% пациентов сразу после проведения операции. В большинстве случаев метод P. Janetta приводит к полному выздоровлению, рецидивы встречаются очень редко [5].

В случае отсутствия нейрваскулярного конфликта, выполняются более щадящие микрооперации, например, радиочастотная абляция. Это метод лечения, который подразумевает воздействие электрического тока сверхвысокой частоты на нервные корешки или сплетения. В 90% такой метод приводит к выздоровлению, однако при радиочастотной абляции в отличие от МВД, возможна потеря чувствительности, так как в ходе операции происходит деструкция нерва.

В заключение необходимо сказать, что невралгия тройничного нерва — это достаточно сложное заболевание, которое чаще имеет хроническое течение, сопровождается коморбидными расстройствами, а также гораздо труднее поддаётся лечению, нежели другие типы прозопалгии, поэтому лечение тригеминальной невралгии должно иметь мультидисциплинарный характер. Наиболее эффективным на сегодняшний день является проведение микроваскулярной декомпрессии или метод P. Janetta.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиманский В.Н., Пошатаев В.К., Тяняшин С.В. и др. Невралгия тройничного нерва в нейрохирургической клинике // РМЖ. Медицинское обозрение. 2018. № 9. С. 4–9.
2. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition // Cephalalgia. 2018. Vol. 38. P. 1–211.
3. Шиманский В.Н., Коновалов А.Н., Пошатаев В.К. Вазкулярная декомпрессия при невралгии тройничного нерва, гемифациальной спазме, невралгии языкоглоточного нерва. М.: Издательство ИП «Т.А. Алексеева», 2017. 91 с.
4. Avelar P., Gonçalves P. Pre-surgical planning of cerebellopontine angle (CPA) tumors using advanced neuroradiological methods // Research Gate. 2018.
5. Wang D., Ouyang D., Englot D. et al. Trends in surgical treatment for trigeminal neuralgia in the United States of America from 1988 to 2008 (Evidence based review) // J Clinical Neuroscience. 2013. Vol. 20. P. 1538–1545.
6. Современный подход к лечению тригеминальной невралгии // URL: <https://www.lvrach.ru/2011/05/15435182> (дата обращения: 02.06.2011)
7. Невралгия тройничного нерва: современные аспекты комплексной терапии // URL: <http://neuro-online.ru/biblioteka/stati/nevralgija-troinichnogo-nerva-sovremennye-aspekty-kompleksnoi-terapii.html> (дата обращения: 04.11.2015)

© Филатов Александр Сергеевич (alexs_filatov@ukr.net), Заурова Мариамь Борисовна (zaurova.mariam@bk.ru),

Серёда Елизавета Владимировна (liza.sereda.98@mail.ru), Энзель Дарья Анатольевна (darya.enzel@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ НЕЙРОФИБРОМАТОЗА У ДЕТЕЙ

CLINICAL CASE
OF NEUROFIBROMATOSIS IN CHILDREN

A. Chudinov
S. Minkailova
A. Zhakhbarov
P. Bagataeva
U. Bigaeva
L. Gasanova

Summary. A clinical case of Neurofibromatosis type I (first) — Recklinghausen's syndrome, the most common hereditary disease, is presented. We conducted our own clinical observations of this rare pathology, so that dentists could pay attention to the causeless manifestation of the location of the teeth, their mobility, malocclusion in the child, give advice to parents to consult with a pediatrician, to identify other pathologies.

Keywords: neurofibromatosis, autosomal dominant disease, tumors, hereditary pathology.

Чудинов Александр Николаевич

К.м.н., доцент, ФГБУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
sasha_chudinov51@mail.ru

Минкаилова Санера Расуловна

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
minkailova76@mail.ru

Жахбаров Ахмед Гамзатович

К.м.н., ГБУ РД «ДРКБ им. Н.М. Кураева»
Aza889096@mail.ru

Багатаева Патимат Расуловна

К.м.н., ассистент, ФГБУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
Bagatayeva@mail.ru

Бигаева Умукусум Саидовна

К.м.н., ассистент, ФГБУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
Ubiqaeva11@mail.ru

Гасанова Людмила Гамзатовна

К.м.н., ассистент, ФГБУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
Gasanovna81@mail.ru

Аннотация. Представлено клиническое наблюдение Нейрофиброматоз I (первого) типа — синдром Реклингхаузена, самое распространённое наследственное заболевание. Проведены собственные клинические наблюдения этой редкой патологии, для того, чтобы врачи-стоматологи, могли обратить внимание на беспричинное проявление расположения зубов, их подвижность, нарушение прикуса у ребёнка, дать совет родителям проконсультировать его у врача — педиатра, на выявление другой патологии.

Ключевые слова: нейрофиброматоз, аутосомно-доминантное заболевание, опухоли, наследственная патология.

Нейрофиброматоз был описан в 1882 году, Фридрихом фон Реклингхаузенем. Нейрофиброматоз — синдром Реклингхаузена, является аутосомно-доминантным заболеванием, встречается с одинаковой частотой у мужчин и у женщин. Нейрофиброматоз (NF) — наследственное заболевание с поражением кожи, нервной, мышечной, костной систем, [3,4,8]. Чаще всего заболевание диагностируется в детском возрасте, первые симптомы нейрофиброматоза, проявляются в возрасте 15–30 лет. К развитию нейрофиброматоза (НФ) I типа приводит поражение гена нейрофибромина (НФ-1), расположенного на длинном плече 17 хромосомы, в результате чего нарушается динамический контроль за ростом опухолевых клеток

нейроэктодермального происхождения со смещением равновесия в сторону их пролиферации. Доброкачественные новообразования нейрофиброматоза, локализующиеся преимущественно по ходу периферических нервов, являются одним из признаков болезни Реклингхаузена, [1,3,]. Характерным для НФ является обнаружение на коже пигментных пятен цвета (цвета «кофе с молоком») с гладкой поверхностью, которые чаще всего находят на туловище и конечностях, реже — на лице, шее, слизистой оболочке полости рта. В челюстно-лицевой области нейрофиброматоз проявляется в виде деформации костей лицевого скелета, черепа, поражаются органы зрения, деформации альвеолярного отростка. Происходит нарушения прикуса, неправильное распо-

ложение зубов, их подвижность, появляется макрогlossия, ведущая к образованию открытого прикуса. Нейрофиброматоз, может локализоваться в области век, глаз, что может привести к поражению всех отделов глаза [7]. При появлении на радужной оболочке узелков, это ранний симптом нейрофиброматоза, заболевание характеризуется развитием опухолей преимущественно эктодермального происхождения с поражением нервов, кожи и центральной нервной системы, наличием типичных пигментных пятен по типу «кофе с молоком», аномалиями развития костного скелета [8]. При выраженном НФ может происходить деформация позвоночника в виде сколиоза, что связано с появлением краевых дефектов тел позвонков, их суставных и поперечных отростков, расширением межпозвоночных отверстий, вызванных давлением нейрофиброматозных узлов, деформируется череп, особенно в проекции глаз. Основным клиническим признаком нейрофиброматоза, проявление на теле ребёнка большого количества пигментных пятен, «кофе с молоком», пятна в основном с ровными краями.

Диагноз нейрофиброматоза, обычно не вызывает затруднений, на основании клинических данных, наличии шести и более пигментных пятен у детей диаметр 5 мм, костные аномалии, глиомы зрительных нервов, нейрофиброматоз у ближайших родственников, рентгенографии, МРТ, КТ.

Дифференциальная диагностика. Дифференциальный диагноз проводится с другими заболеваниями из группы фактоматозов, чаще нейрофиброматозом — 2 типа, потерей слуха.

Лечение — нейрофиброматоза хирургическое, которое может исходить из следующих принципов:

1. максимально возможное удаление опухоли, во избежание её рецидивов;
2. восстановление утраченной органом функции;
3. максимальное щажение мягких тканей лица в целях использования их при последующих пластических операциях.

При наличии общих физических и психических расстройств, необходимы консультации и лечение у соответствующих специалистов (невропатолог, эндокринолог, психиатр).

Мы приводим собственные клинические наблюдения этой редкой патологии, для того, чтобы врачи-стоматологи, могли обратить внимание на беспричинное проявление расположения зубов, их подвижность, нарушение прикуса у ребёнка, дать совет родителям проконсультировать его у врача — педиатра, на выявление другой патологии.

Большой И., 15 лет, поступил в нейро-челюстно-лицевое отделение Республиканской детской клинической больницы, с жалобами: на наличие обширного опухолевидного образования в лобной области и верхнего века слева, деформацию левой половины лица, нарушение зрения. Из анамнеза: ребёнок родился с данной патологией, отмечался незначительный рост. Оперативное лечение опухоли не проводилось. Со слов родителей, резкий рост опухолевидного образования начался после 14 лет, ребёнок стал терять зрение.

Родители обратились в поликлинику по месту жительства в г. Махачкала, откуда и были направлены в ДРКБ нейро-челюстно-лицевое отделение, на оперативное лечение. Ребёнок от первой 1 беременности и родов, которые протекали без осложнений. Родился в срок, вес при рождении 3.200. Рост и развитие по возрасту. Профилактические прививки по календарю. Общее состояние ребёнка удовлетворительное. Сознание ясное. Ребёнок активен. Кожные покровы и видимые слизистые физиологической окраски и влажности. Дыхание везикулярное с обеих сторон. Хрипов нет. Тоны сердца ясные, звучные, шумы не прослушиваются. При пальпации живот мягкий, безболезненный. Печень, селезёнка не пальпируется. Стул, диурез регулярный. При внешнем осмотре, отмечается выраженная асимметрия лица, за счёт опухолевидного образования в лобно-височной и параорбитальной области слева, с охватом верхнего века. Мягкие ткани вышеуказанной области, нависают над левой орбитой и глазным яблоком в виде валика, тестообразной консистенции, прикрывающей на 1/3 глазное яблоко, которое ротировано наружу. Кожные покровы обычно окраски. Пальпаторно, под выбуханием определяется дефект кости, размером 6,0 x 4,0 см. При бимануальном обследовании глаза: преломляющие среды глаза частично прозрачны, острота зрения в пределах видимости, на расстоянии 50–70 см.

МРТ головного мозга: отмечается опухолевидное образование в лобно-височной и параорбитальной области, слева, выявили признаки, соответствующие фактоматозу — нейрофиброматозу I типа.

На основании анамнеза, клинических и лабораторных данных, выставлен клинический диагноз: Нейрофиброматоз I типа. Дефект лобной кости.

Произведена операция: Пластика дефекта лобной кости слева, частичное удаление опухоли лобной области слева.

Под общим обезболиванием, после соответствующей обработки операционного поля растворами антисептиков, произведён «подковообразный» разрез кожи над участком «выбухания» в лобной области. Кожа



Рис. 1. До лечения



Рис. 2. После лечения

с апоневрозом отделена тупо от рубцовых сращений с твердой мозговой оболочкой, края костного дефекта скелетированы, края ровные, гладкие. Размер костного дефекта 6 на 5 см, широким основанием обращенный в сторону орбиты. Кожно-мышечный лоскут кранио-орбитально откинут в сторону орбиты. Гемостаз. Подготовлена «площадка» для титановой пластины.

Пластина соразмерная дефекту, уложена на область дефекта и фиксирована с помощью шурупов. Кожный лоскут уложен на место. Излишки кожи иссечены. Гемостаз.

После операции диагноз: Неврофиброматоз. Дефект лобной кости, неврофиброматоз 1 типа. (Элефантиазисная форма). Рана ушита. Асептическая повязка. Ребенок выписан в удовлетворительном состоянии. Рекомендации: Наблюдение у невропатолога по месту жительства. Рис. 1, 2.

Наиболее частый офтальмологический симптом при НФ — появление гамартом или узелков Лише, представляющих собой небольшие белесоватые пятна на радужке глаза.

Больная М., 10 лет, поступила в отделение Республиканской детской клинической больницы, с жалобами на наличие обширного опухолевидного образования левой орбиты.

С рождения, на коже ребенка имеются пятна цвета «кофе с молоком».

Из анамнеза, опухолевидное образование орбиты появилось ближе к году, отмечался незначительный рост. Ребенок был обследован в офтальмологическом

центре г. Каспийска, где выставлен диагноз: Глиома зрительного центра слева. Была направлена на оперативное лечение в г. Москву. Там, от оперативного лечения родители отказались. Неоднократно обращались в другие клиники России, но от оперативного лечения отказывались. В связи с ростом образования, родители ребенка повторно обратились в глазную клинику г. Каспийска, консилиум специалистов рекомендовали на удаление опухоли. Ребенок был направлен в нейро-челюстно-лицевое отделение Республиканской детской клинической больницы, г. Махачкала на оперативное лечение. Ребенок от 1 беременности и родов, которые протекали без осложнений. Родилась в срок, вес при рождении 3.200. Рост и развитие по возрасту. Профилактические прививки по календарю. Общее состояние ребенка тяжелое по роду заболевания. Сознание ясное. Ребенок активен, контакт ограничен. Кожные покровы по типу «кофе с молоком», видимые слизистые физиологической окраски и влажности. Дыхание везикулярное с обеих сторон. Печень, селезенка не пальпируется. Стул, диурез регулярный. При внешнем осмотре отмечается выраженная асимметрия лица, за счет опухолевидного образования орбиты. Кожа век слева, с пигментными пятнами. Экзофтальм выраженный слева. Глазное яблоко значительно выстоит из полости орбиты, снаружу, практически вывихнуто из орбиты, ротировано книзу, снаружу, плотное, роговица и оболочки инфильтрированы, роговица замещена фиброзной тканью.

КТ головного мозга, лицевого скелета: асимметрия орбит, слева значительно увеличена в размерах почти вдвое, канал зрительного нерва: верхняя и нижняя глазничные щели увеличены в размерах за счет образования, исходящего из зрительного перегибом в переднем отделе. МРТ- головного мозга выявили признаки, соответствующие



Рис. 3. До операции



Рис. 4. Кожные пятна по типу «кофе с молоком»

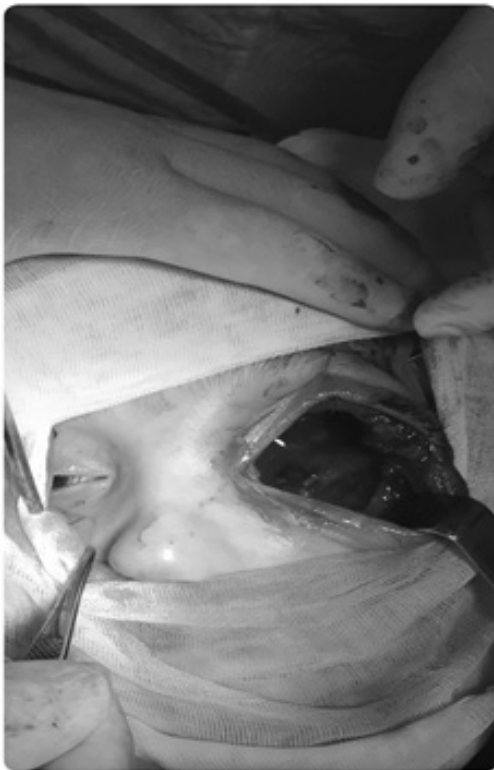


Рис. 5. Содержимое глазницы в виде



Рис. 6. В полость глазницы плотно уложен конгломеранта, удалено. тампон с ксероформом.

щие факоматозу — нейрофиброматозу I типа: утолщение левого зрительного нерва (глиома), немногочисленные очаговые изменения ствола мозга, гемисферы мозжечка и базальных ядер слева- (проекция «скорлупы»).

На основании анамнеза, клинических и лабораторных данных, выставлен клинический диагноз: Нейрофиброматоз с развитием двусторонних нервов, с ровными чёткими контурами, размерами 44x45x55мм, неоднородной структуры, с мелкими единичными кальцинатами.

Произведена операция: Экзентерация орбиты глаза слева. Рис. 3, 4.

Под общим обезболиванием, после соответствующей обработки операционного поля растворами анти-

септиков, произведены разрезы кожи по краю орбиты до кости, с сохранением век, которые взяты на держалки и откинута кверху. Надкостницу распатором отделили от вершины глазницы. Перерезан зрительный нерв, сосуды коагулированы. Рис. 5, 6.

Содержимое глазницы в виде конгломеранта, удалено. Гемостаз. В полость глазницы плотно уложен тампон с ксероформом. Асептическая повязка.

Послеоперационный диагноз: Нейрофиброматоз, с поражением зрительных нервов с обеих сторон. (Глиома). Ребёнок выписан в удовлетворительном состоянии.

Рекомендации. Наблюдение у окулиста, по месту жительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айкарди Ж. Заболевания нервной системы у детей. — М.: Бином, 2013. — С. 105–114.
2. Барашнев Ю.И. Перинатальная неврология. — М.: Триада X, 2001. — 640 с.
3. Гвоздев А.А. Распространенный нейро-фиброматоз центральной нервной системы, случайно выявленный при магнитно-резонансной томографии (клиническое наблюдение).
4. А.А. Гвоздев, М.М. Адрианов, П.М. Котляров // Радиология. — 2010. — № 2. — С. 44–48.
5. Козлова С.И., С.Е. Семанова, Н.С. Демикова. Наследственные синдромы и медико-генетическое консультирование -М.: Медицина, 1987. — 320 с.
6. Нагиев Э.Р., Чудинов А.Н., Нагиева С.Э., Ауто- и аллотрансплантация костной ткани при замещении дефектов нижней челюсти в клинике и эксперименте. //Вестник ДГМА 2017. № 2 (23). С. 56–64.
7. Кулешов А.А., А.А. Кулешов, Р.В. Еналдиева. Хирургическое лечение тяжелой вторичной сколиотической деформации позвоночника у больной нейрофиброматозом (описание случая/случая //Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2006. — № 2. — С. 51–53.
8. Ольшанская А.С., Шнайдер Н.А., Дмитренко Д.В. Современные технологии диагностики поражения органа зрения у больных с нейрофиброматозом 1-го типа Русский журнал детской неврологии, 2016;11(3):32–7.
9. Шнайдер Н.А., Горелов А.И. Нейрофиброматоз 1-го типа: болезнь Реклингхаузена. Сибирское медицинское обозрение 2007;44(3):91–5.

© Чудинов Александр Николаевич (sasha_chudinov51@mail.ru), Минкаилова Санера Расуловна (minkailova76@mail.ru),
Жахбаров Ахмед Гамзатович (Aza889096@mail.ru), Багатаева Патимат Расуловна (Bagatayeva@mail.ru),
Бигаева Умукусум Саидовна (Ubiqaeva11@mail.ru), Гасанова Людмила Гамзатовна (Gasanovna81@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА МАТЬ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕСИНДРОМАЛЬНЫХ ОРОФАЦИАЛЬНЫХ РАСЩЕЛИН ПЛОДА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS, OCCUPATIONAL ACTIVITIES, AND DIETARY SUPPLEMENTS ON THE MOTHER DURING PREGNANCY AND THE RISK OF NON-SYNDROMIC OROFACIAL CLEFT FORMATION IN THE FETUS (LITERATURE REVIEW)

**A. Yakimova
N. Datsenko
I. Marinkin**

Summary. The article is devoted to the study of the effects of environmental factors, occupational activities and dietary supplements on the mother during pregnancy and the risk of non-syndromal orofacial fetal rushes. The authors reviewed the available epidemiological data on the risk of often occurring congenital anomalies related to environmental exposure, individual and socioeconomic risk factors, as well as their reduction under the conditions of multivitamin and folic acid use. It is suggested that the development of epigenetic biomarkers for orofacial cleft prediction and the use of epigenetic mechanisms to prevent disease are promising.

Keywords: fetal malformations, occupational hazards, orofacial cleft, folic acid, neonatal morbidity.

Якимова Анна Валентиновна

*Д.м.н., профессор, Новосибирский государственный медицинский университет
yakimova2@ngmu.ru*

Даценко Наталья Сергеевна

*Ассистент, Новосибирский государственный медицинский университет
datsenko.natasha@yandex.ru*

Маринкин Игорь Олегович

*Д.м.н., профессор, Новосибирский государственный медицинский университет
rector@ngmu.ru*

Аннотация. Статья посвящена исследованию воздействия факторов окружающей среды, профессиональной деятельности и пищевых добавок на мать во время беременности и риск возникновения несиндромальных орофациальных расщелин плода. Авторами проведен обзор имеющихся эпидемиологических данных о риске часто встречающихся врожденных аномалий, связанных с воздействием окружающей среды, с индивидуальными и социально-экономическими факторами риска, а также их снижения в условиях применения поливитаминов и фолиевой кислоты. Высказывается тезис о том, что перспективными являются разработки эпигенетических биомаркеров для прогнозирования орофациальных расщелин и использования эпигенетических механизмов для предотвращения заболевания.

Ключевые слова: пороки развития плода, профессиональные вредности, орофациальные расщелины, фолиевая кислота, заболеваемость новорожденных.

Введение

Среди основных причин смертности новорожденных и длительной инвалидности врожденные аномалии сопряжены с очень высокими социальными и экономическими издержками. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно примерно 3,2 миллиона детей во всем мире рождаются с врожденными аномалиями, и примерно 300 000 таких новорожденных умирают в течение первых 28 дней жизни [2].

Врожденные пороки развития челюстно-лицевой области — расщелины губы и нёба считаются одними из самых распространенных аномалий развития. В мире сохраняется высокий уровень частоты рождения детей с врожденной расщелиной губы и нёба — частота составляет от 1 на 300 живорожденных до 1 на 1000. Рецидивы расщелины у членов пострадавших семей в 40 раз выше, чем у населения в целом. [12]. Всемирная организация здравоохранения определяет решение проблемы инвалидности при врожденной расщелине губы и нёба как стратегическую задачу [1].

В этой работе представлен обзор имеющихся эпидемиологических данных о риске часто встречающихся врожденных аномалий, связанных с воздействием окружающей среды, а также с индивидуальными и социально-экономическими факторами риска. В последние годы подчеркивается важность окружающей среды, как основного фактора репродуктивного риска. Человек может подвергаться воздействию загрязняющих веществ, присутствующих на рабочем месте, а население может подвергаться воздействию множества источников загрязнения окружающей среды, таких как вода, почва и воздух. Беременные женщины и развивающийся плод особенно чувствительны к воздействию окружающей среды [3]. Поиск литературы проводился в PubMed для оценки доказательств путем отбора статей, опубликованных с 1996 по 2021 год и посвященных исследованиям на людях. Для этого обзора были выбраны описательные и аналитические эпидемиологические исследования (когортные, случай-контроль, перекрестные и экологические), систематические обзоры и метаанализы, сообщающие об оценках связи между исходом в виде возникновения орофациальных расщелин плода и, по крайней мере, одним из факторов риска.

Несиндромальные расщелины полости рта относятся к числу наиболее распространенных врожденных аномалий. На основании эпидемиологических и эмбриологических данных расщелина губы и / или неба и расщелина неба считаются отдельными формами орофациальной расщелины. Значительные ассоциации были замечены для воздействия на мать органических растворителей, тяжелых металлов или пестицидов и всех подтипов. Результаты многопараметрического анализа показали, что воздействие на мать органических растворителей, тяжелых металлов или пестицидов и любое использование поливитаминов матерью в течение периода до зачатия были связаны с риском ОФР [8]. Несколько исследований сообщают о повышенном риске возникновения расщелин в полости рта, связанных с профессиональным воздействием органических растворителей на мать, Laumon B, и соавторы [15] сравнили воздействие любого органического растворителя на мать: в опытную группу включены 200 младенцев с заячьей губой и / или волчьей пастью и в контрольную — 400 младенцев, и расчетное отношение шансов составило 1,62 (95% ДИ 1,04–2,52). Затем сравнили воздействие девяти подгрупп растворителей. Только соотношение, связанное с галогенированными алифатическими растворителями (4,40, 95% ДИ 1,41–16,15), значительно отличалось от единицы. Контроль возможных искажающих факторов — пола ребенка, семейного анамнеза, материнской эпилепсии — не изменил эту оценку отношения шансов. Lorente C, и соавторы [17] изучали воздействия профессиональных вредно-

стей на 851 женщину (100 из них родили детей с ОФР и 751 — здоровых детей), все женщины работали в течение 1 триместра беременности. Отношения шансов были оценены с помощью многомерного анализа, включая род занятий матери, профессиональные вредности, возраст, социально-экономический статус. Только расщелина неба была значимо связана с деятельностью матери в такой сфере, как парикмахерское дело (ОШ 5,1, 95% ДИ 1,0–26,0). Большинство работающих матерей имели административную и техническую работу. Только 14% работали в сфере услуг, а 6% — в производстве. Коэффициенты шансов были оценены для каждого типа расщелины и были самыми высокими для рабочих профессий. В этой группе коэффициенты шансов были выше для расщелины неба, и статистически значимы для расщелины неба только для 2 профессий: домработницы (ОШ 2,80, 95% ДИ 1,08–7,24) и парикмахеры (ОШ 5,10 95% ДИ 1,01–25,9). Для производственных работников повышенные коэффициенты шансов в первую очередь касались также расщелины неба. Анализ показывает, что следующие профессиональные вредности связаны с ОФР: алифатические альдегиды (OR 2,1, 95% ДИ 0,8–5,9), простые эфиры гликоля (OR 1,7, 95% ДИ 0,9–3,3), соединения свинца (OR 4,0, 95% ДИ 1,3–12,2), трихлорэтилен (OR 6,7, 95% ДИ 0,9–49,7). Важным преимуществом этого исследования было то, что оценка воздействия проводилась экспертами по промышленной гигиене. Это помогло уменьшить возможную предвзятость отзыва и стандартизировать оценки. Ограниченное количество пациентов не позволяет нам сделать однозначные выводы относительно безопасности профессиональной деятельности в первом триместре беременности. **Влияние поливитаминов.** В январе 2011 года Министерство окружающей среды Японии начало крупномасштабный проект эпидемиологического исследования под названием «Японское исследование окружающей среды и детей» (J ECS). Это — общенациональное перспективное когортное исследование, целью которого является набор примерно 100 000 беременных женщин и их детей; период набора начался в январе 2011 года и продлился до марта 2014 года. В результате, J ECS охватил около 3% новорожденных в Японии в 2013 году. Питание матери оценивали с помощью полуквантитативного опросника частоты приема пищи в первом триместре. Анкета включала в себя список продуктов, обычно потребляемых в Японии, а также информацию о стандартных размерах порций [22]. Потребление лекарств и добавок исследовалось в течение трех периодов: до подтверждения беременности, с начала беременности до 12 недели (первый триместр) и после 12 недели. После исключения детей, матери которых не сообщили данных о питании, в анализ были включены 98 787 (94,9%) пар мать-ребенок. Межгрупповые сравнения для возникновения орофациальных расщелин (ОФР) были проведены с исполь-

зованием тестов Крускала-Уоллиса или χ^2 . Впоследствии потребление поливитаминов и результаты были проанализированы в основном анализе. Результаты этого анализа продемонстрировали связь между приемом поливитаминовых добавок во время беременности и увеличением частоты возникновения орофациальных пороков. В частности, по сравнению с отсутствием приема добавок, прием до подтверждения беременности или прием в течение первого триместра беременности был связан с двукратным увеличением относительного риска орофациальных расщелин у потомства. Примечательно, что эта связь наблюдалась в течение первого триместра беременности, но не была значимой в дальнейшем [23]. У этого исследования было несколько ограничений. Во-первых, данные о потреблении матерью поливитаминовых добавок и других лекарств были основаны на интервью, что могло привести к неправильной классификации воздействия из-за предвзятости самооценки. Кроме того, не были уточнены типы используемых поливитаминовых добавок, поэтому их компоненты и дозы были неизвестны. Эти ограничения предполагают, что в дальнейших исследованиях следует рассмотреть компоненты поливитаминовых добавок и их влияние на частоту возникновения орофациальных расщелин. В этом направлении представляют интерес работы, посвященные влиянию фолиевой кислоты на развитие плода.

Фолиевая кислота

С использованием результатов 6 когортных исследований и 31 исследования методом случай-контроль, был проведен мета-анализ, целью которого было оценить, может ли прием фолиевой кислоты во время беременности снизить риск орофациальных расщелин. Результаты основного анализа показали, что добавление фолиевой кислоты к рациону матери было связано со скромным, но статистически значимым снижением риска всех подтипов расщелины (OR = 0,69, 95% ДИ: 0,60, 0,78) [11]. Более скромное по масштабам исследование (случай-контроль) на ту же тему (и аналогичными результатами) было ранее проведено в Норвегии: было показано, что добавление фолиевой кислоты на ранних сроках беременности (> или = 400 мкг / день) было связано со снижением риска ОФР, после поправки на поливитамины, курение и другие потенциальные мешающие факторы (скорректированное отношение шансов 0,61, 95% доверительный интервал от 0,39 до 0,96) [21]. В исследовании случай-контроль для определения связи между несиндромными расщелинами и фолиевой кислотой Литтл и др. пришли к выводу, что более высокое потребление фолиевой кислоты, по-видимому, не предотвращает расщелины [5], в то время как исследование, проведенное в Нидерландах, продемонстрировало, что добавка фолиевой кислоты в пе-

риконцептивный период матери была полезна для уменьшения риска расщелины губы [18].

Кокрановский обзор фолиевой кислоты в периконцепции при обычной дозировке [4] и систематический обзор и метаанализ, проведенный Джонсоном и Литтлом [13] не показал никаких доказательств профилактических эффектов в отношении орофациальных расщелин, а метаанализ, проведенный Джаханбином и соавторами [10], напротив, показал, что периконцептивные поливитамины, содержащие фолиевую кислоту, оказывают защитное действие на расщелины полости рта. Требуются многоцентровые рандомизированные контролируемые испытания на разных континентах с большим количеством случаев и контроля, оценивающие эффективность именно фолиевой кислоты, а не поливитаминов, содержащих фолиевую кислоту, в предотвращении возникновения и рецидива орофациальной расщелины.

Эпигенетика и орофациальные расщелины

В то время как генетические влияния на наши черты включают вариации в последовательности нашей ДНК, эпигенетические влияния включают изменения в том, как ДНК упаковывается, экспрессируется и как кодирует синтез белка. В целом, ДНК остается той же, но химические модификации изменяют уровни активности генов. При метилировании ДНК, которое является наиболее часто изучаемым эпигенетическим механизмом, метильные группы присоединяются к ДНК и могут влиять на экспрессию генов, часто отключая их. Хотя каждая клетка в каждой ткани имеет одинаковую последовательность ДНК, эпигенетические процессы в разных клетках различаются. Это означает, что факторы окружающей среды могут вызывать долгосрочные изменения в активности генов, которые, в свою очередь, могут влиять на здоровье и болезни на протяжении всей жизни человека [6]. Эпигенетические изменения, в частности метилирование ДНК, могут опосредовать как генетические факторы, так и факторы окружающей среды и могут способствовать пониманию молекулярного патогенеза орофациальных расщелин. Хотя большая часть ДНК лишена метилирования на раннем этапе развития, эксперименты показали, что метки могут оставаться на определенных частях ДНК, которые вызывают восстановление паттернов aberrантного метилирования во время развития [7]. Эпигенетические процессы, особенно метилирование ДНК, важны для определения структуры и функции развивающихся эмбриональных тканей, поэтому вполне вероятно, что aberrантные эпигенетические механизмы могут вносить вклад в ОФР. Благодаря своей роли кофермента одноуглеродного метаболизма фоллат непосредственно участвует в переносе метильных групп при

метиляции ДНК, что может служить подтверждением фактов дефицита фолиевой кислоты и нарушения метаболизма фолиевой кислоты как факторов риска для ОФР. Недавний метаанализ исследований ассоциаций на уровне всего эпигенома в 13 когортах ($n = 6685$) выявил более 6000 сайтов около 3620 генов, которые были дифференциально метилированы по отношению к материнскому курению [14]. Двадцать семь из этих генов ранее были связаны с ОФР, включая *VAX1*, *NOG*, *BMP4* и *MSX1*. Это говорит о том, что курение матери может влиять на риск развития ОФР у потомства через механизм, включающий метилирование ДНК. Howe et al. [9] сообщили о 21 предполагаемом сайте CpG, где метилирование может опосредовать генетические аллельные эффекты на предрасположенность к несиндромальной расщелине губы / неба. Какое же клиническое значение может иметь выявление эпигенетического механизма возникновения ОФР? Появляются два возможных клинических применения: (1) разработка эпигенетических биомаркеров для прогнозирования или классификации заболевания и (2) использование эпигенетических механизмов для предотвращения или лечения заболевания [20] при этом первая возможность представляется более реальной.

Пассивное курение, как фактор окружающей среды

Одиннадцать из 14 исследований, включенных в метаанализ [19], представили данные об активном курении матерей, а также о последствиях пассивного курения у некурящих матерей. В совокупности пассивное курение увеличивало риск несиндромальных орофациальных расщелин (OR: 2,07, 95% ДИ: 1,42–3,01) даже больше, чем активное курение (OR: 1,5, 95% ДИ: 1,17–1,93), хотя

это различие не было статистически значимым ($P = 0,17$), и между исследованиями наблюдалась значительная неоднородность. Учитывая, что активные курильщики подвергаются как прямому вдыханию, так и пассивному курению, более сильная ассоциация с пассивным курением, чем с активным курением, является неожиданной. Интересные данные метаанализа и систематического обзора представили Little J и соавторы [16]. Это исследование подтверждает гипотезу о том, что курение матери повышает риск развития орофациальных расщелин. Эффект был более сильным и последовательным для расщелины губы, чем для неба. Получены статистически значимые ассоциации между курением матери и заячьей губой, с волчьей пастью или без нее (относительный риск 1,34, 95% доверительный интервал 1,25–1,44) и между курением матери и волчьей пастью (относительный риск 1,22, 95% доверительный интервал 1,10–1,35). Демонстрация связи между курением табака во время беременности и ОФР может создать основу для нового подхода к сокращению курения.

Заключение

Проведенный анализ литературных данных за 25 лет позволяет сделать вывод о некотором повышении риска несиндромальных ОФР у женщин, работающих парикмахерами и домработницами, а также — занятых на производстве с использованием некоторых химических веществ, в первом триместре беременности. Также курение беременных, в том числе, пассивное, является фактором риска такого порока развития плода. Представляются заманчивыми перспективы разработки эпигенетических биомаркеров для прогнозирования орофациальных расщелин и использования эпигенетических механизмов для предотвращения заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касимовская Н.А., Шатова Е.А. Врожденная расщелина губы и неба у детей: распространенность в России и в мире, группы факторов риска // Вопросы современной педиатрии. 2020. № 19(2). С. 142–145.
2. Baldacci S, Gorini F, Santoro M, Pierini A, Minichilli F, Bianchi F. Environmental and individual exposure and the risk of congenital anomalies: a review of recent epidemiological evidence. *Epidemiol Prev.* 2018 May-Aug;42(3–4 Suppl 1):1–34.
3. Baldacci S, Gorini F, Santoro M, Pierini A, Minichilli F, Bianchi F. Environmental and individual exposure and the risk of congenital anomalies: a review of recent epidemiological evidence. *Epidemiol Prev.* 2018 May-Aug;42(3–4 Suppl 1):1–34.
4. De-Regil L M, Peña-Rosas J P, Fernández-Gaxiola A C, Rayco-Solon P. Effects and safety of periconceptional oral folate supplementation for preventing birth defects. *Cochrane Database Syst.Rev.* 2015;2015(12): CD007950).
5. Folate and clefts of the lip and palate — a U.K.-based case-control study: Part I: Dietary and supplemental folate. Little J, Gilmour M, Mossey PA, Fitzpatrick D, Cardy A, Clayton-Smith J, Fryer AE, ITS MAGIC collaboration. *Cleft Palate Craniofac J.* 2008 Jul; 45(4):420–7).
6. Godfrey, K.M., Sheppard, A., Gluckman, P.D., Lillycrop, K.A., Burdige, G.C., McLean, C., Rodford, J., Slater-Jefferies, J.L., Garratt, E., Crozier, S.E. Epigenetic gene promoter methylation at birth is associated with child's later adiposity. *Diabetes.* 2011; 60: 1528–1534.
7. Greer, E.L., Bees-Sims, S.E., Brookes, E., Spadafora, R., Zhu, Y., Rothbart, S.B., Aristizabal-Corrales, D., Chen, S., Badeaux, A., Jin, Q. A histone methylation network regulates transgenerational epigenetic memory in *C.elegans*. *Cell Rep.* 2014; 10: 113–126.
8. Hao Y, Tian S, Jiao X, et al. Association of Parental Environmental Exposures and Supplementation Intake with Risk of Nonsyndromic Orofacial Clefts: A Case-Control Study in Heilongjiang Province, China. *Nutrients.* 2015;7(9):7172–7184. Published 2015 Aug 27.

9. Howe LJ, Richardson TG, Arathimos R, Alvizi L, Passos-Bueno MR, Stanier P, Nohr E, Ludwig KU, Mangold E, Knapp M, et al. Evidence for DNA methylation mediating genetic liability to non-syndromic cleft lip/palate. *Epigenomics*. 2019;11:133–45.
10. Jahanbin A, Shadkam E, Miri H H, Shirazi A S, Abtahi M. Maternal folic acid supplementation and the risk of oral clefts in offspring. *J Craniofac Surg*. 2018;29(06): e534–e541.
11. Jahanbin A, Shadkam E, Miri HH, Shirazi AS, Abtahi M. Maternal Folic Acid Supplementation and the Risk of Oral Clefts in Offspring. *J Craniofac Surg*. 2018 Sep;29(6): e534–e541.
12. Jayarajan R, Natarajan A, Nagamuttu R. Efficacy of Periconceptional High-Dose Folic Acid in Isolated Orofacial Cleft Prevention: A Systematic Review. *Indian J Plast Surg*. 2019;52(2):153–159.
13. Johnson CY, Little J. Folate intake, markers of folate status and oral clefts: is the evidence converging? *Int J Epidemiol*. 2008;37(05):1041–1058.
14. Joubert, B.R., Felix, J.F., Yousefi, P., Bakulski, K.M., Just, A.C., Breton, C., Reese, S.E., Markunas, C.A., Richmond, R.C., Xu, C-J DNA methylation in newborns and maternal smoking in pregnancy: genome-wide consortium meta-analysis. *Am J Hum Genet*. 2016b; 98: 680–696).
15. Laumon B, Martin J L, Collet P et al Exposure to organic solvents during pregnancy and oral clefts: a case-control study. *Reprod Toxicol* 1996.-1015–1019.
16. Little J, Cardy A, Munger RG. Tobacco smoking and oral clefts: a meta-analysis. *Bull World Health Organ*. 2004 Mar;82(3):213–8.
17. Lorente C, Cordier S, Bergeret A et al Maternal occupational risk factors for oral clefts. *Occupational Exposure and Congenital Malformation Working Group. Scand J Work Environ Health* 2000.-26.-137–145.
18. Periconceptional folate intake by supplement and food reduces the risk of nonsyndromic cleft lip with or without cleft palate. van Rooij IA, Ocké MC, Straatman H, Zielhuis GA, Merkus HM, Steegers-Theunissen RP *Prev Med*. 2004 Oct; 39(4):689–940).
19. Sabbagh HJ, Hassan MH, Innes NP, Elkodary HM, Little J, Mossey PA. Passive smoking in the etiology of non-syndromic orofacial clefts: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(3): e0116963.
20. Sharp GC, Stergiakouli E, Sandy J, Relton C. Epigenetics and Orofacial Clefts: A Brief Introduction. *The Cleft Palate–Craniofacial Journal*. 2018;55(6):795–797.
21. Wilcox AJ, Lie RT, Solvoll K, Taylor J, McConaughy DR, Abyholm F, Vindenes H, Vollset SE, Drevon CA. Folic acid supplements and risk of facial clefts: national population based case-control study. *BMJ*. 2007 Mar 3;334(7591):464.
22. Yokoyama Y, Takachi R, Ishihara J, et al. . Validity of short and long self-administered food frequency questionnaires in ranking dietary intake in middle-aged and elderly Japanese in the Japan public health Center-Based prospective study for the next generation (JPHC-NEXT) protocol area. *J Epidemiol* 2016;26:420–32.
23. Yoshida S, Takeuchi M, Kawakami C, Kawakami K, Ito S; Japan Environment and Children’s Study Group. Maternal multivitamin intake and orofacial clefts in offspring: Japan Environment and Children’s Study (JECS) cohort study. *BMJ Open*. 2020;10(3): e035817.

© Якимова Анна Валентиновна (yakimova2@ngmu.ru),

Даценко Наталья Сергеевна (datsenko.natasha@yandex.ru), Маринкин Игорь Олегович (rector@ngmu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Aghayeva A. — Senior Researcher, Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of Azerbaijan National Academy of Sciences
aytanaghayeva@gmail.com

Aghayeva S. — PhD on biology, leading scientific researcher of the Genetic Resources Institute of ANAS; Senior lecturer, Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan
saltanat.genetic@gmail.com

Allakhverdyan A. — M.D., Professor, Moscow regional research and clinical institute (MONIKI)
allakhverdyan@rambler.ru

Anipchenko A. — PhD in Medical sciences, Moscow regional research and clinical institute (MONIKI)
dottor.alex@mail.ru

Anipchenko N. — PhD in Medical sciences, Assoc. Prof., Moscow regional research and clinical institute (MONIKI)
dottor.na@gmail.com

Anzel D. — Medical Academy by S.I. Georgievsky, Simferopol
darya.enzel@yandex.ru

Arkipova V. — Candidate of Medical Sciences, FSBI "State Scientific Center of the Russian Federation-Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan" FMBA of Russia
arkhvalery@gmail.com

Arsen'ev I.G. — PhD, Senior Researcher, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov

Arslanbekova F. — Candidate of Biological Sciences, Russian State Social University (Moscow)
arslanka_65@mail.ru

Astrelina T. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, FSBI "State Scientific Center of the Russian Federation - Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan" FMBA of Russia
t_astrelina@yandex.ru

Bagataeva P. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
Bagatayeva@mail.ru

Belov Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University)
belov@sechenov.ru

Bigaeva U. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
Ubiqaeva11@mail.ru

Bloshchinskiy V. — Postgraduate, Pacific National University, Khabarovsk
vladkms94@mail.ru

Bogdanov K. — Clinical laboratory diagnostics doctor, GBUZ "Samara Regional Clinical Hospital named after V.D. Seredavina"

Bondarenko A. — Orenburg State Medical University
anat1998bond@mail.ru

Borshevnikov A. — Senior lecturer, Far eastern federal university (Vladivostok)
borshevnikov.ae@dvfu.ru

Chadova I. — Candidate of biology science, associate professor, Stavropol State Agrarian University
innachadova@yandex.ru

Cheredova T. — East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)
cheredova-tv@yandex.ru

Cherkasov A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State University of Technology (Krasnodar)
cherk@mail.ru

Chernousov I. — Far eastern federal university (Vladivostok)
chernousov.is@dvfu.ru

Chernov D. — Applicant, Tula State University
cherncib@gmail.com

Chernov V. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Krasnoyarsk State Medical University named after Professor VF Voino-Yasenetsky"
chernovortstom@mail.ru

Chudinov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
sasha_chudinov51@mail.ru

Chudinova O. — East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)
chudinova1980@inbox.ru

Chuvashov A. — Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ukhta State Technical University»
sid_artur@mail.ru

Datsenko N. — Assistant, Novosibirsk State Medical University
datsenko.natasha@yandex.ru

Dobrzhinskii Yu. — PhD, Assistant professor, Far eastern federal university (Vladivostok)
dobrzhinskii.yv@dvfu.ru

Dobrzhinskij Yu. — Ph.D. of Engineering Sciences, Senior Research Fellow, Far Eastern Federal University, Vladivostok
yuvd@mail.ru

Dvoryankin A. — Doctor of science., Professor, Volgograd State Technical University, Volgograd
dvam@vstu.ru

Filatov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Medical Academy by S.I. Georgievsky, Simferopol
alexs_filatov@ukr.net

Fishchev S. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
uper.kant@yandex.ru

Gagarina L. — Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University "MIET"; Director of the Institute of System and Software Engineering and Information Technologies
gagar@bk.ru

Galonsky V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, leading researcher, FSBEI HE "Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voino-Yasenetsky"
gvg73@bk.ru

Gasanova L. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
Gasanovna81@mail.ru

Gazin A. — Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shanskii
yearn@bk.ru

Gontazhevskaya E. — Nizhnevartovsk State University

Gorlushkina N. — PhD in Engineering, associate professor, ITMO University (Saint-Petersburg)
nagor.spb@mail.ru

Gradoboev A. — Dentist, Dental clinic "Helios"
solutiomortalis@gmail.com

Gulgenov S. — East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)
gulgenov-s@mail.ru

Gusenkadiyeva K. — Graduate student, Dagestan State Medical University
kgusenkadiyeva@bk.ru

Huseynova I. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of Azerbaijan National Academy of Sciences
i_guseinova@mail.ru

Ibrahim I. — Volgograd State Technical University, Volgograd
ismometrical@gmail.com

Iskhakov O. — Doctor of Medical Sciences, neurosurgeon, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST)

Kalinskiy B. — Chef of department, traumatologist, Moscow state clinical hospital named S.P. Botkin
bkalinskiy@yandex.ru

Kapitanov A. — Assistant, National Research University "MIET»
andrey@kapdx.ru

Karapetyan G. — PhD, traumatologist-orthopedist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov

Kashcheev A. — Traumatologist, Moscow state clinical hospital named S.P. Botkin
doktorkash@mail.ru

Kashcheev G. — Traumatologist, Moscow state clinical hospital named S.P. Botkin
doktorkasheev@mail.ru

Kesyan G. — DSc, Professor, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov

Kesyan O. — PhD, Senior Researcher, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov

Kharin I. — National Research University Moscow Power Engineering Institute
play22@list.ru

Kiparisov Yu. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, FSBEI HE "South Ural State Medical University
7407704@mail.ru

Kirdyashkina O. — Postgraduate student, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseev (Saransk)
Sigma.ov@mail.ru

Kobets E. — Leading engineer, postgraduate student, ITMO University (Saint-Petersburg)
www.kobets@yandex.com

Kobzeva I. — Candidate of Medical Sciences of the Federal State Budgetary Institution "State Scientific Center of the Russian Federation-A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center" of the FMBA of Russia
irina-kobzeva@yandex.ru

Komarov M. — Engineer, ITMO University, (Saint-Petersburg)
the237th@yandex.com

Komusova O. — Candidate of Biological Sciences, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseev (Saransk)
timoshkina03@mail.ru

Kosenkov A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Researcher, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University)
kosenkov@sechenov.ru

Kozhevnikova P. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ukhta State Technical University»
pkozhevnikova@ugtu.net

Kuzmina L. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Lepilin A. — MD, Professor, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation
lepilins@mail.ru

Luferov V. — Post-graduate Student, National Research University "MPEI" (Moscow Power Engineering Institute)
lyferov@yandex.ru

Makakhaniuk Z. — Postgraduate student, Russian State Social University (Moscow)
Nanochka16@mail.ru

Maksumov A. — Researcher, neurosurgeon, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPT)
dr.maksumov@gmail.com

Mamedbeyli A. — Doctor of Medicine, prof. of Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan
ayten2001@mail.ru

Mamedov A. — PhD on biology, scientific researcher of the Genetic Resources Institute of ANAS; Head laboratory of the Western Caspian University, Baku, Azerbaijan
ayaz_mamadov@yahoo.com

Marinkin I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Novosibirsk State Medical University
rector@ngmu.ru

Martyushov S. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Aviation Institute (National Research University)"
martyush@mail.ru

Meshcheryakov S. — Researcher, neurosurgeon, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST)

Mikhailova I. — Orenburg State Medical University
michaylova74@yandex.ru

Minkailova S. — Associate Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
minkailova76@mail.ru

Moskaleva A. — Nizhnevartovsk State University

Moskalev E. — Postgraduate student, FSBEI HE "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Nasyrov N. — Assistant, postgraduate student, ITMO University (Saint-Petersburg)
pasdel@mail.ru

Nurieva N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, FGBOUVO "South Ural State Medical University"
natakipa@mail.ru

Orlova I. — PhD, associate Professor, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
orisha@mail.ru

Pavlov A. — FGBOU VO «MIREA - Rossiiskii tekhnologicheskii universitet»
epifan.captain@mail.ru

Puzdyreva M. — PhD, assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
seven-spb@yandex.ru

Rasulov I. — Associate professor, Dagestan State Medical University
solist@mail.ru

Rozhkova M. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
rozmaria2010@yandex.ru

Ryabova E. — Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin
riabova_97@mail.ru

Salpagarova F. — Post-graduate student, Stavropol State Medical University
fsalpagarova@list.ru

Samoilov A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, FSBI "State Scientific Center of the Russian Federation-A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center" of the FMBA of Russia
asamoilov@fmbcfmba.ru

Saradgishvili S. — Ph.D., Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
SSaradg@yandex.ru

Selishchev O. — Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shanskii, Lipetsk
ole9153@yandex.ru

Sereda E. — Medical Academy by S.I. Georgievsky, Simferopol
liza.sereda.98@mail.ru

Sevastyanov A. — MD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
ardy.dkr@mail.ru

Shalobanov S. — Doctor of Technology, professor, Pacific National University, Khabarovsk
shalobanov@mail.ru

Shalobanov S. — PhD in Engineering Science, associate professor, Pacific National University, Khabarovsk
shalobanov_ne@mail.ru

Shchekoldin V. — Postgraduate, Dimitrovgrad Engineering and Technological Institute of the National Research Nuclear University MEPhI
krutyash.94@gmail.com

Shchukin A. — FGBOU VO «MIREA - Rossiiskii tekhnologicheskii universitet»
56732168@mail.ru

Shishko T. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shubina O. — Doctor of Biological Sciences, Professor, FGBOU VO "Mordovian state pedagogical University named after M.E. Evseviev" (Saransk)
os.shubina@mail.ru

Shuyskiy A. — PhD student, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov
shuj-artyom@mail.ru

Simankov V. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Technological University (Krasnodar)
vs@simankov.ru

Sinegovets A. — Orenburg State Medical University
a.a.sinegovets@yandex.ru

Skorobogatova O. — Candidate of biological sciences, associate professor, Nizhneartovsk State University
Olnics@yandex.ru

Skudnev D. — Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shanskii

Streatfield S. — Doctor of Philosophy in Genetics, Director of the Department of Biotechnology Fraunhofer USA, Mid-Atlantic Center, Newark, United States of America
sstreatfield@fraunhofer.org

Tamer Al Alami — Postgraduate student, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University)
r.alami@doctor.com

Tarenkova I. — Orenburg State Medical University
itarenkova@mail.ru

Tretyak A. — Postgraduate student, Far Eastern Federal University, Vladivostok
alextretyak2@gmail.com

Trusov Yu. — Postgraduate student, FSBEI HE "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation

Tulskikh D. — Moscow regional research and clinical institute (MONIKI)
denistulskih@yandex.ru

Urazgil'deev R.Z. — DSc, leading researcher, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics of N.N. Priorov

Valiyeva L. — PhD on biology, leading scientific researcher of the Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, Azerbaijan
l.valiyeva@yandex.ru

Vereshchagina E. — Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok
everesh@mail.ru

Vershinina I. — Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin
vershinina.iv@gmail.com

Vinokurova N. — Orenburg State Medical University
nshustova@mail.ru

Vlasenko A. — Candidate of Technical Sciences, Kuban State Technological University. (Krasnodar)
alex_vlasenko@list.ru

Voronina Yu. — East Siberian State University of Technology and Management (Ulan-Ude)
u_voronina96@mail.ru

Voronin I. — Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shanskii
megaviv@yandex.ru

Voronkov I. — Post-graduate student, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
iliaftk@outlook.com

Yakimova A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Novosibirsk State Medical University
yakimova2@ngmu.ru

Zakharchenko D. — Postgraduate student, Far eastern federal university (Vladivostok)
daniilZakharchenko@gmail.com

Zaurova M. — Medical Academy by S.I. Georgievsky, Simferopol
zaurova.mariam@bk.ru

Zhakhbarov A. — Candidate of Medical Sciences, State Budgetary Institution RD "DRKB named after N. M. Kuraev"
Aza889096@mail.ru

Zinkina A. — Postgraduate student, FSBEI HE "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
anna-zinkina@mail.ru

Zolotareva T. — Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shanskii
zolotarevatatiana2016@yandex.ru

Zubkova V. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian State Social University (Moscow)
vmzubkova@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).

