

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 10 2019 (ОКТАБРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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>

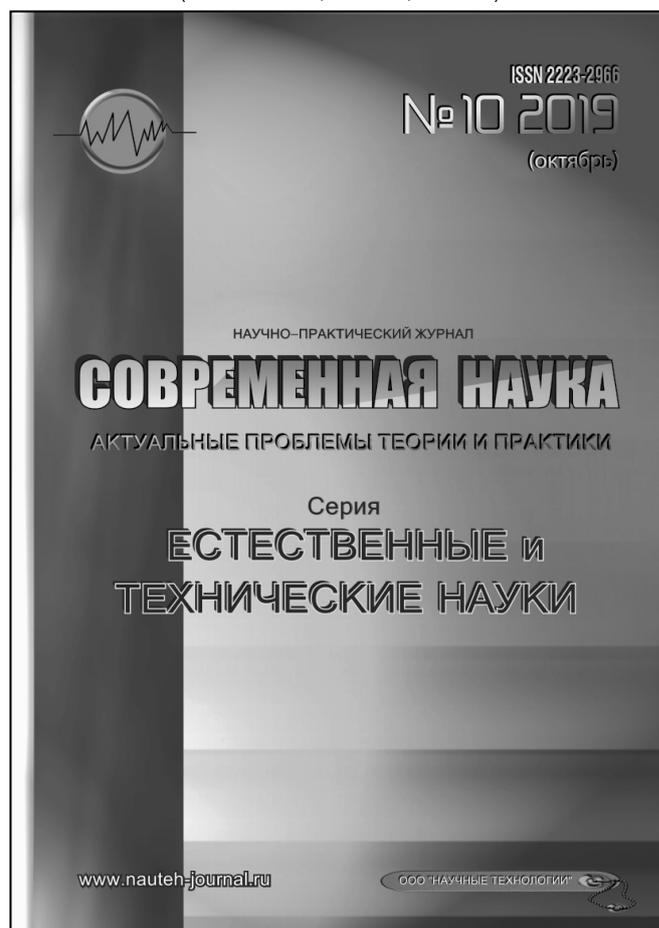
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.10.2019 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., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», с.н.с.

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Анзоров В. А., Морякина С. В. — Эффективность различных схем восстановления функции яичников у высокопродуктивного КРС
Anzorov V., Moryakina S. — Effectiveness of various ovarian recovery schemes in highly productive CRS7

Афонин А. А. — Эндогенные ритмы суточного прироста однолетних побегов ивы трехтычинковой (*Salix triandra* L.) На фоне раннелетней засухи
Afonin A. — Endogenous rhythms of daily growth of annual shoots of almond willow (*Salix triandra* L.) Against the background of early-summer drought 12

Корчагина Т. А. — Симбиофауна инфузорий некоторых видов жвачных млекопитающих
Korchagina T. — Symbiotal fauna ciliates of some species of ruminant mammals 18

Николаенко Е. Н. — Оценка степени влияния климатических факторов на заболеваемость детей и подростков (11–17 лет) в г. Петропавловска-Камчатского
Nikolaenko E. — Assessment of the degree of influence of climatic factors on the incidence of children and adolescents (11–17 years old) in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky 24

Соловьев А. С., Будина А. П., Анащенко Т. А. — Взаимное влияние опухолевых супрессоров P53 и ARF на регулируемую ими аутофагию в клетке
Soloviev A., Budina A., Anaschenkova T. — The mutual impact of tumor suppressors P53 and ARF on the autophagy in the cell that is regulated by these suppressors 35

Шубина О. С., Дуденкова Н. А., Егорова М. В., Комусова О. И., Кирдяшкина О. В. — Исследование гистологических и морфометрических особенностей нейронов двигательных путей белых крыс
Shubina O., Dudenkova N., Egorova M., Komusova O., Kirdyashkina O. — A study of the histological and morphometric characteristics of neurons of the motor pathways in the albino rats 40

Информатика, вычислительная техника и управление

Адамян В. Л., Андреева Е. С., Сергеева Г. А. — Развитие потенциала использования алюмокалиевых квасцов
Adamyan V., Andreeva E., Sergeeva G. — Development of potentials for the use of alumina alum 44

Аль-Халед Халед Али Хуссейн — Разработка интегрированной системы планирования процессов для гибкой производственной среды
Alkhaled K. A. — Development of an integrated process planning system for a flexible production environment 47

Астафьев А. Н. — Методика классификации лекарственных препаратов для лечения гепатита по степени эффективности
Astafyev A. — Methods of classification of drugs for the treatment of hepatitis by degree of effectiveness 58

Ахметов В. К. — Границы применимости модели Стокса в расчетах опор скольжения
Akhmetov V. — Limits of applicability of the Stokes model in the calculations of sliding bearings 63

Ашмарина С. И., Кандрашина Е. А., Лебедева Л. Г., Измайлов А. М. — Роль ценностных ориентиров студентов и выпускников в формировании управленческих решений в системе высшего образования РФ
Ashmarina S., Kandrashina E., Lebedeva L., Izmailov A. — Role of valuable guidelines of students and graduates in the formation of management decisions in the higher education system of the Russian Federation 66

Боряев А. А., Чжу Юйцин — Обзор по дискретным системам управления
Boryaev A., Zhu Yuqing — Overview of discrete management systems 72

Воеводин В. А. — Учебно-методический комплекс для подготовки к практическому аудиту информационной безопасности	
<i>Voevodin V.</i> — Training complex to prepare for the practical security audit	82
Гарин А. В., Муханов В. И., Ивлев Д. В., Финагин Д. С. — Простейший алгоритм движения беспилотных летательных аппаратов, смоделированный на базе критерия минимального угла отклонения от заданной траектории автоматического полета, при наличии на маршруте запретных зон	
<i>Garin A., Muhanov V., Ivlev D., Finagin D.</i> — A simple algorithm for driving unmanned aircraft models modeled on the basis of criterion of the minimum angle to deflect from the present trajectory of the automatic flight, if it is not available about march	89
Егоров М. В. — Программный комплекс для математического моделирования динамического деформирования упруговязкопластических оболочек вращения	
<i>Yegorov M.</i> — The ray method for solving the dynamics of the elastic viscous-plastic shells	97
Коломеец А. О. — Имитационное моделирование и анализ транспортных потоков на Т-образном пересечении автомобильных дорог	
<i>Kolomeets A.</i> — Computer simulation and analysis of traffic flows at the T-road crossings	104
Коржук В. М., Грозных А. В., Заколдаев Д. А. — Введение параметра степени уверенности в процесс идентификации атак на киберфизические системы	
<i>Korzhuk V., Groznykh A., Zakoldaev D.</i> — Using the confidence level parameter in the process of attack identification in cyber-physical systems.	111
Ларионова Е. Ю., Голодков Ю. Э. — Прогнозирование термодинамической устойчивости наркотических веществ и их прекурсоров методами математического моделирования на примере некоторых производных хиназолина	
<i>Larionova E., Golodkov Yu.</i> — Prediction of the thermodynamic stability of narcotic substances and their precursors using mathematical modeling methods on the example of some quinazoline derivatives	118
Мартышкин А. И., Воронцов А. А. — Аппаратный блок сопряжения цифровых каналов передачи данных с ПЭВМ	
<i>Martyshkin A., Vorontsov A.</i> — Hardware unit for pairing digital data channels with PC	124
Муаль Мутуама Нда Бьенвеню, Самбьену Кувиммиту Калев, Куаме Гнабро Йанник — Разработка и реализация RESTful API для контроля доступа на основе модели OrBAC в организациях. На примере Главного управления казначейства и государственного учета (DGTCP) в Республике Бенин	
<i>Mouale Moutouama N'dah Bienvenue, Sambienou Kouwimmitou Caleb, Kouame Gnabro Yannick</i> — Design and implementation of a RESTful API for access control based on the OrBAC model in an organization. Case: Main Department of the Treasury and State Accounting (DGTCP) in the Republic of Benin	131
Мясников А. Г. — Информационное моделирование в строительстве	
<i>Myasnikov A.</i> — Information modeling in construction . . .	141
Саруханян А. И. — Алгоритм обработки информации от различных поисковых систем автономного необитаемого подводного аппарата при поиске и обследовании искусственных протяженных объектов	
<i>Sarukhanyan A.</i> — An algorithm for processing information from various search engines of an autonomous uninhabited underwater vehicle during the search and examination of artificial extended objects	145
Смирнова Н. Б. — Анализ процессов транспортировки и хранения химически опасных веществ и применение метода распознавания образов для решения задачи управления этими процессами	
<i>Smirnova N.</i> — Analysis of processes of transportation and storage of chemically hazardous substances and application of pattern recognition method to solve the problem of management of these processes	150

- Сунь Силун** — Моделирование интуиции посредством нейронных сетей
Sun Xilong — Modeling intuition by neural networks ... 153
- Таран В. В.** — Проектирование дизайна аудиопродукции в программной среде Audacity® с применением языка Nyquist
Taran V. — Project conception of audio products in Audacity® software environment using Nyquist language. 159
- Троеглазова А. В., Вихарева Н. А.** — Математическое моделирование условий извлечения железа из золошлаковых отходов тепловых электростанций
Troeglazova A., Vihareva N. — Mathematical modeling of conditions for iron extraction from ash and slag waste of heat power plants. 172
- Шамаева Е. Ф., Мусина Н. М.** — Моделирование регионального устойчивого инновационного развития с использованием естественнонаучных измерителей в решении прикладных задач
Shamaeva E., Musina N. — Modeling of regional sustainable innovative development using natural science meters in solving applied problems. 179
- Клиническая медицина**
- Абашев М. А.** — Комплексное лечение пациентов с переломами нижней челюсти, сопровождающимися повреждением нижнего альвеолярного нерва
Abashev M. — Integrated treatment of patients with lower jaw from accompanied by damage to the lower alveolar nerve 188
- Акимова С. А., Осипова Ю. Л., Баранова Н. И.** — Роль нарушений цитокинового профиля десневой жидкости в патогенезе быстро прогрессирующего пародонтита
Akimova S., Osipova Ju., Baranova N. — The role of violations of the cytokine profile of gingival fluid in the pathogenesis of rapidly progressing periodontitis 194
- Анненкова Е. И.** — Оценка клинической эффективности лечения бесплодия, ассоциированного с эндометриоидными кистами яичников
Annenkova E. — The evaluation of the clinical effectiveness of infertility treatment in patients with endometrioid ovarian cysts. 197
- Багатаева П. Р., Минкаилова С. Р.** — Особенности соматического статуса у лиц пожилого и старческого возраста, проживающих в различных климатогеографических зонах сельской местности Республики Дагестан
Bagatayeva P., Minkailova S. — Features of somatic status in elderly and senile people living in different climatic and geographical zones of the countryside of the Republic of Dagestan 202
- Бархатов И. В., Бархатова Н. А.** — Патоморфология и эндоскопическая картина синдрома хронической абдоминальной ишемии
Barkhatov I., Barkhatova N. — Patomorphology and endoscopic picture chronic abdominal ischemia syndrome 205
- Давыдова М. А., Давыдов Д. А., Широкова Ю. А., Воропаева М. И.** — Материалы для высокоэстетических ортопедических конструкций: циркониевые реставрации
Davydova M., Davydov D., Shirokova Yu., Voropaeva M. — Materials for highly esthetical abutments: zirconia restoration. 210
- Карсанов А. М., Перисаева Э. А., Саламов А. К., Кульчиев А. А., Тигиев С. В., Морозов А. А.** — Эффективная антикоагулянтная терапия в сложных клинических ситуациях
Karsanov A., Perisaeva E., Salamov A., Kultchiev A., Tigiev S., Morozov A. — Effective anticoagulant therapy in difficult clinical situations. 214
- Новикова С. Г.** — Дегенеративные изменения опорно-двигательного аппарата и их влияние на формирование неврологических синдромов (обзор)
Novikova S. — Degenerative changes in the musculoskeletal system and their influence on the formation of neurological syndromes (review) 220

Потапов Ф. В., Древалъ О. Н., Голанов А. В. — Перспективы комбинированного лечения менингиом головного мозга II–III степени злокачественности <i>Potapov F., Dreval O., Golanov A.</i> — Prospects of combined treatment meningioma grade II–III 227	Центроев З. С. — Применение биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани при дефектах нижней челюсти <i>Tsentroev Z.</i> — Application of bioresorbable membranes for directed bone regeneration in mandible defects 246
Сафарян И. Р., Манухин И. Б., Геворкян М. А., Манухина Е. И., Овакимян М. А. — Глюкокортикоидная терапия пациенток с надпочечниковой формой гиперандрогении при беременности <i>Safaryan I., Manukhin I., Gevorkyan M., Manukhina E., Ovakimyan M.</i> — Glucocorticosteroid therapy in patients with adrenal form of hyperandrogenism during pregnancy 236	Шустова О. В. — Роль кольпоскопии в определении патологий и заболеваний в послеродовом периоде <i>Shustova O.</i> — The role of colposcopy in determining pathologies and diseases in the postpartum period 251
Хамадьянова А. У., Рахматуллина Г. З. — Современные тенденции инволюционных изменений. Психопатологические аспекты у женщин с неопухолевыми дистрофическими поражениями кожи и слизистой оболочки наружных половых органов <i>Khamadyanova A., Rakhmatullina G.</i> — Modern trends of involutinal changes. Psychopathological aspects in women with non-tumor dystrophic lesions of the skin and mucous membrane of the external genitalia 241	Информация Наши авторы. Our Authors 256 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 260

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ЯИЧНИКОВ У ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО КРС

EFFECTIVENESS OF VARIOUS OVARIAN RECOVERY SCHEMES IN HIGHLY PRODUCTIVE CRS

V. Anzorov
S. Moryakina

Summary. The work is devoted to assessing the effectiveness of using various schemes to eliminate ovarian pathologies in cows. The use of surphagon in combination with estrofan after preliminary gestagenization turned out to be the most effective for eliminating ovarian hypofunction in first-calf cows. This regimen restored ovarian function in 84.3% of the animals. We obtained a high effect of 83.3% in normalizing ovarian function when using these drugs according to the scheme given in the materials and methods of studies on cows with follicular cysts.

Keywords: Ovarian hypofunction, follicular cyst, surphagon, follimag, horulon, estrophan.

Анзоров Ваха Асхадович

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», г. Грозный
vaha-anzorov@mail.ru;

Морякина Светлана Васильевна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», г. Грозный
s.moriakina@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена оценке результативности использования различных схем для устранения патологий яичников у коров. Наиболее эффективной для устранения гипофункции яичников у коров-первотелок оказалась применение сурфагона в комплексе с эстрофаном после предварительной гестагенизации. Эта схема восстановила функцию яичников у 84,3% животных. Высокий эффект — 83,3% по нормализации функции яичников нами получен при использовании этих препаратов по схеме, приведенной в материалах и методике исследований на коровах с фолликулярными кистами.

Ключевые слова: гипофункция яичников, фолликулярная киста, сурфагон, фоллимаг, хорулон, эстрофан.

Введение

Лишь стабильное воспроизводство скота может обеспечить эффективность этой отрасли и производство достаточного количества продукции. Серебряков Ю.М. [4] считает, что используемые сегодня в животноводстве технологии не только не удовлетворяют их потребностей, но и являются причиной нарушения этой важнейшей функции.

По утверждению Георгиевского В.И. [1] к нарушениям функции размножения приводят экстремальные факторы современных технологий.

Падение показателей воспроизводства у коров с высокой продуктивностью, происходит в разных странах [5].

В структуре нарушений репродуктивной функции широко распространенными являются гипофункция яичников, персистенция желтых тел и фолликулярные кисты [3].

По результатам проведенных нами в течение трех лет исследований гипофункция яичников была выявлена

среди пород, разводимых в хозяйстве у 19,4–23,3% коров [2]. Также из нарушений функции размножения наибольшее распространение имела фолликулярная киста яичников.

Наиболее распространенными эти патологии были среди коров-первотелок черно-пестрой голштинской породы.

Известно, что комплексное применение прогестагенов с биологически активными веществами является наиболее эффективным для нормализации половой функции.

Данные различных авторов по результативности использования различных БАВ противоречивы.

Результаты, полученные в наших исследованиях, свидетельствуют о том, что особенностью фолликулярных кист является низкая концентрация лютеинизирующего гормона, что и приводит к нарушению воспроизводительной функции. Устранить эту патологию у животных можно лишь увеличением содержания в крови данного гормона.

Таблица 1. Эффективность применения сурфагона при гипофункции яичников у коров-первотелок

Показатели	Группы		
	Фоллимаг 1000 ИЕ +3 мл эстрофана	Сурфагон 50 мкг +3 мл эстрофана	Контроль (спонтанная охота)
Коров в группе (голов)	48	64	30
Пришли в охоту после обработки	n	44	54
	%	91,6±4,0	84,3±4,54
Из них стельных после первого осеменения	n	20	34
	%	45,4±7,50	62,9±6,57***
Всего стельных за два цикла	n	35	49
	%	79,5±6,08	90,7±3,95
Сервис-период, М ±	166,1±	152,5±	136,2±
Индекс осеменения	2,5	2,6	2,1

*** — P <0,01

Это вызывает лютеинизацию фолликулярных кист и последующую нормализацию полового цикла. Однако существующие сегодня мнения исследователей по схемам стимуляции содержания ЛГ в крови животных противоречивы.

Материал и методика исследований

Для нормализации функции яичников мы провели два эксперимента. В первом нами было решено для устранения гипофункции яичников у первотелок, использовать после проведенной гестагенизации совместно с аналогом простагландина F₂α (эстрофан) гонадотропный препарат — фоллимаг и люлиберин — сурфагон с последующим сравнением их по эффективности.

Для этого из коров-первотелок черно-пестрой голштинской породы нами были сформированы две опытные группы животных аналогов по массе тела. В контрольную группу вошли коровы-первотелки с одинаковым весом тела, спонтанно проявившие признаки полового возбуждения.

Для отбора животных с недостаточной функцией яичников производили ректальное обследование животных, процедуру повторяли регулярно. Коров с патологией яичников инъецировали однократно в сутки прогестероном в дозе 300 мг в течение 5-ти дней.

Разовая доза составила 60 мг 2,5 процентного прогестерона.

Всех животных опытных групп подвергли к внутримышечной инъекции эстрофана в дозе 3 мл через 168 часов после начала эксперимента.

Одновременно всех коров 1-й опытной группы обрабатывали фоллимагом в дозе 1000 ИЕ, а 2-й — сурфагоном

в дозе 50 мкг в объеме 10 мл. Учет проявления признаков эструса вели в течение пяти дней.

Во втором нами была поставлена задача, выявить результативность использования сурфагона, вызывающего усиление синтеза лютропина гипофизом и хорулона (хорионический гонадотропин человека) обладающей высокой лютеинизирующей способностью.

С целью реализации поставленной задачи мы произвели отбор двух групп коров черно-пестрой голштинской породы с фолликулярными кистами яичников. При подборе по 30 голов животных в каждую группу руководствовались принципом аналогов. Контрольная группа состояла из животных без патологий соответствующих опытным группам по весу, возрасту и продуктивности. Коров входящих в опытную группу — 1 подвергали к 3-х кратной через каждые 24 часа внутримышечной инъекции 20 мкг сурфагона. Через 10 суток, после чего животных обработали эстрофаном в дозе 4 мл. Животным опытной группы — 2 вводили хорулон в дозе 3000 МЕ с последующим через 144 часа введением внутримышечно 4 мл эстрофана.

В полученных результатах учитывали количество животных, проявивших половую охоту в течение 7 дней после обработки, стельных животных от первого осеменения и за два цикла, продолжительность сервис-периода и индекс осеменения.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты первого эксперимента приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Полученные данные показывают, что прогестагенизация с последующим введением фоллимага синхронизировала эструс у 91,6±4,0% коров, а после инъекция сурфагона проявили признаки половой охоты 84,3±4,54% животных. Таким образом, первотелок пришедших



Рис. 1. Результативность осеменения коров с гипофункцией яичников после введения сурфагона

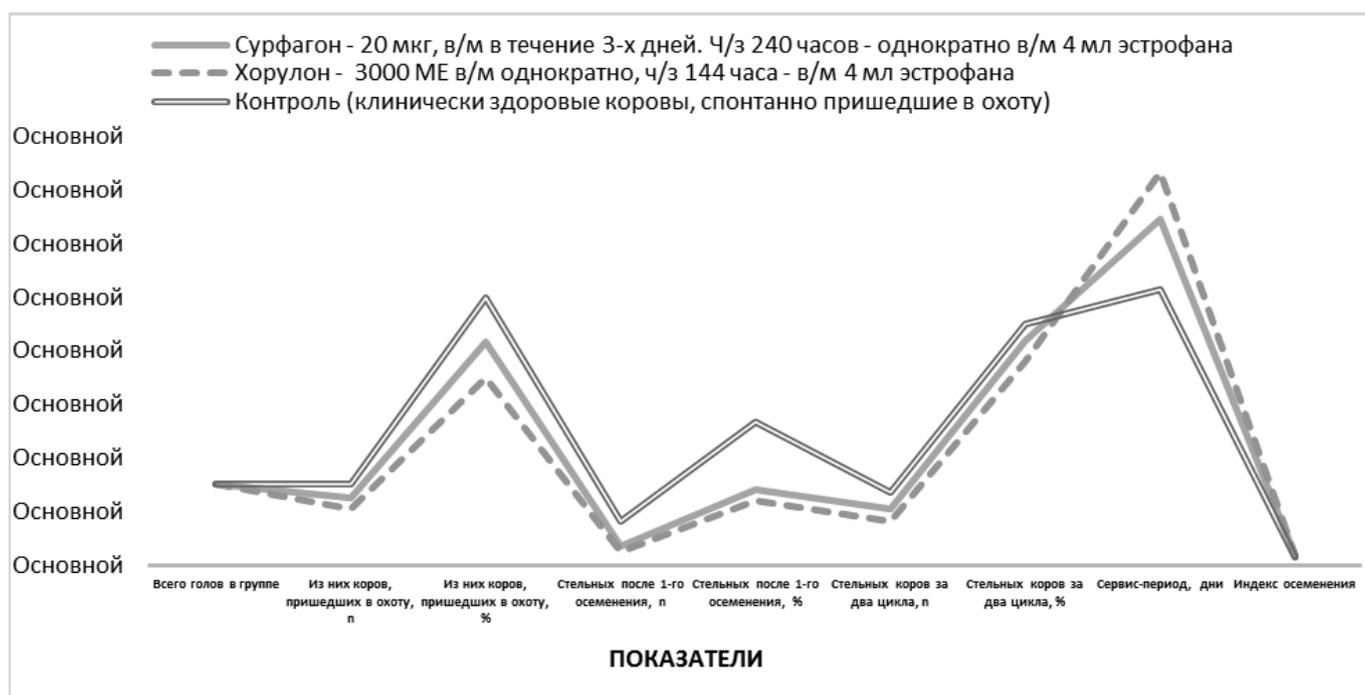


Рис. 2. Эффективность применения сурфагона при фолликулярных кистах коров

в охоту по первой опытной группе на 7,3% больше, чем во второй. Разница между полученными результатами статистически недостоверна. Плодотворность осеменения животных, проявивших охоту за первый цикл при использовании фоллимага была равна $45,4 \pm 7,50\%$, а сурфагона — $62,9 \pm 6,57$.

Так результативность 1-го осеменения коров второй опытной группы выше на 17,5% ($P < 0,01$). Оплодотворяемость первотелок инъецированных сурфагоном выше на 7,9%, чем в контроле. Стельных животных за два цикла по 1-й группе составило $79,5 \pm 6,08\%$, а по второй — $90,7 \pm 3,95$. Разница 11,2% в пользу второй.

Таблица 2. Использование сурфагона при фолликулярных кистах у коров

Показатели	Группы		
	Сурфагон — 20 мкг, в/м в течение 3-х дней. ч/з 240 часов — однократно в/м 4 мл эстрофана	Хорулон — 3000 МЕ в/м однократно, ч/з 144 часа — в/м 4 мл эстрофана	Контрольная группа — клинически здоровые коровы, спонтанно пришедшие в охоту
Коров в группе (голов)	30	30	30
Из них пришло в охоту	n	25	21
	%	83,3±6,8	70,0±8,3
Стельных после первого осеменения	n	7	5
	%	28,0±8,9***	23,8±9,3****
Стельных коров за два цикла	n	21	16
	%	84,0±7,3	76,2±9,3
Сервис-период, дней	129,3±8,1**	146,5±11,5	102,7±9,2****
Индекс осеменения	3,2	3,5	2,6

– P>0,05; * — P <0,01; ****– P <0,001;

Стельных животных за два цикла в контрольной группе на 10,5% больше, чем при использовании фоллимага для нормализации функции яичников. Уровень стельности животных обработанных сурфагоном выровнялся с контролем.

Применение сурфагона для устранения патологий яичников позволило повысить стельность за два цикла до уровня контрольных коров. Животные опытных групп в продолжительности сервис-периода превосходили контрольных. Однако при обработке коров сурфагоном лишь на 16,3 дня продолжительнее он, а фоллимагом на 29,9 дня (P <0,01).

По значению индекса осеменения опытные группы уступали контрольной на 0,5 (сурфагон) и 0,4 (фоллимаг).

Результаты проведенных нами исследований показывают, что при использовании сурфагона совместно с эстрофаном для нормализации половой функции при гипофункции яичников у коров-первотелок синхронизировало охоту у 84,3% животных, из которых стельными после первого осеменения стали 62,9%.

В таблице 2 и на рисунке 2 представлены данные полученные во втором эксперименте. Из таблицы и рисунка видно, что при использовании сурфагона для восстановления половой цикличности при фолликулярных

кистах получен большой эффект. После обработки коров сурфагоном и эстрофаном животных проявивших признаки охоты на 13,3% больше, чем во второй опытной группе.

От первого осеменения животных ставших стельными в первой опытной группе на 4,2% больше, чем инъецированных хорулоном. Хотя плодотворность осеменения коров контрольной группы достоверно выше, чем опытных. В первой опытной группе животных, ставших стельными на 25,3% (P <0,01), во второй на 29,5% (P <0,001) меньше, чем в контрольной.

Процент стельности коров за два цикла после введения сурфагона составила 84,0%, а хорулона — 76,2%.

Результативность осеменения животных за два цикла несущественно выше в контрольной группе, чем в опытных.

По группе коров спонтанно пришедших в охоту стали стельными 90,0%, что выше на 6,0% по сравнению с первой опытной и на 13,8% со второй.

Время от отела до плодотворного осеменения при использовании для устранения патологии яичников сурфагона равна 129,3±8,1 дням, а хорулона на 17,2 дня дольше (P>0,05).

Продолжительность сервис-периода по группе коров без патологии короче на 26,6 и 43,8 дней ($P < 0,001$), чем инъекцированных сурфагоном и хорулоном соответственно. Количество осеменений, проведенных до оплодотворения в первой и второй опытных группах выше на 0,6 и 0,9 соответственно, чем в контрольной.

Для восстановления функции яичников при фолликулярных кистах наибольший эффект достигается при трехкратном с интервалом 24 часа внутримышечном

введении 20 мкг сурфагона с последующей через 240 часов инъекцией эстрофана в дозе 4 мг.

Использование приведенной выше схемы позволяет нормализовать функцию яичников у 83,3% коров, против 70,0% — при однократном введении 3000 МЕ хорулона с дополнительной через 144 часа инъекцией 4 мл эстрофана. Стельных животных за два цикла при этом больше на 3,8% и продолжительность сервис-периода меньше на 17,2 дня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиевский, В. И. Физиология сельскохозяйственных животных / В. И. Георгиевский. — М.: Агропромиздат, 1990. — 511 с.
2. Морякина, С. В. Патология репродуктивной функции у высокопродуктивных молочных коров / С. В. Морякина, В. А. Анзоров // Зоотехния. — 2008. — № 2. — С. 26–27.
3. Производство молока / Н. Г. Фенченко [и др.] // Система ведения агропромышленного производства в республике Башкортостан. — Уфа, 1997. — С. 273–284.
4. Серебряков, Ю. М. Роды коров в боксах как метод профилактики патологии родов и бесплодия / Ю. М. Серебряков // Ветеринария. — 2008. — № 4. — С. 35–37.
5. Lucy, M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? / M. C. Lucy // J. of Dairy Sci. — 2001. — V. 84 — P. 1277–1293.

© Анзоров Ваха Асхадович (vaha-anzorov@mail.ru), Морякина Светлана Васильевна (s.moriakina@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Чеченский государственный университет

ЭНДОГЕННЫЕ РИТМЫ СУТОЧНОГО ПРИРОСТА ОДНОЛЕТНИХ ПОБЕГОВ ИВЫ ТРЕХТЫЧИНКОВОЙ (*SALIX TRIANDRA* L.) НА ФОНЕ РАННЕЛЕТНЕЙ ЗАСУХИ

ENDOGENOUS RHYTHMS OF DAILY GROWTH OF ANNUAL SHOOTS OF ALMOND WILLOW (*SALIX TRIANDRA* L.) AGAINST THE BACKGROUND OF EARLY-SUMMER DROUGHT

A. Afonin

Summary. The necessity of studying the laws of development of shoots of almond willow (*Salix triandra*) on the background of rainfall deficit in early-summer period. Objective: to identify patterns of growth of shoots against the background of early-summer rainfall deficit. Object: seedlings of inbred families of almond willow. Material: growing annual shoots. Methods: selection, comparative morphological. Differential resistance to water stress is revealed. The maximum length of shoots is 2.5...3.0 m. The cyclical growth of shoots is determined by endogenous rhythms of development. High-yielding clones recommended for breeding of almond willow for drought tolerance.

Keywords: almond willow, *Salix triandra*, annual shoots, daily growth, water stress, short-term drought, early-summer drought.

Афонин Алексей Алексеевич

Д.с.-х.н., профессор, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского
afonin.salix@gmail.com

Аннотация. Обоснована необходимость изучения закономерностей развития побегов ивы трехтычинковой (*Salix triandra*) на фоне дефицита осадков в раннелетний период. Цель: выявить закономерности нарастания побегов на фоне раннелетнего дефицита осадков. Объект: сеянцы инбредной семьи ивы трехтычинковой. Материал: нарастающие однолетние побеги. Методы: селекционные, сравнительно-морфологические. Выявлена дифференциальная устойчивость к водному стрессу. Максимальная длина побегов — 2,5...3,0 м. Цикличность нарастания побегов определяется эндогенными ритмами развития. Высокопродуктивные клоны рекомендуется использовать для селекции ивы трехтычинковой на засухоустойчивость.

Ключевые слова: ива трехтычинковая, *Salix triandra*, однолетние побеги, суточный прирост, водный стресс, кратковременная засуха, раннелетняя засуха.

Ивы (*Salix* L. 1753) — это многочисленная группа двудомных листопадных древесно-кустарниковых растений семейства Salicaceae Mirb. (1815) класы Salicoids порядка Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl (1820) класы Fabids — Rosids — Eudicots отдела Magnoliophyta [1, 2]. Практическое значение ряда видов *Salix* определяется их способностью к быстрому росту даже в неблагоприятных эдафо-гидрологических условиях [3], что дает возможность их использования для широкого спектра экологических проектов [4].

Одним из факторов, который может оказать серьезное влияние на продуктивность и выживаемость растений, является засуха [5]. В связи с климатическими изменениями последних десятилетий ожидается увеличение частоты и интенсивности засух, особенно весной и летом во многих регионах средних широт, что подчеркивает необходимость получения дополнительных знаний о восприимчивости деревьев к засухе [6, 7]. Известно, что «устойчивость ив к недостатку влаги основана на экологической видоспецифичности и базируется на морфо-физиологическом комплексе структур и свойств» [8: с. 331]. Для эффективного выращивания

высокопродуктивных ив необходимо иметь засухоустойчивые сорта [9], поэтому в последние годы все больше внимания уделяется изучению генетически обусловленных реакций ив на засуху [7, 9]. Однако генетический анализ устойчивости ив к водному стрессу затрудняется многократным дублированием соответствующих генов QTL и высоким уровнем полиплоидии [10].

Ива трехтычинковая — *S. triandra* L. — широко известный представитель культивируемых кустарниковых ив [11]. Этот вид не рекомендуется для интенсивного выращивания на пахотных землях из-за сравнительной низкой продуктивности по общей биомассе [12]. Однако ива трехтычинковая является ценным источником прута для различных видов плетения [13, 14] и может выращиваться на маргинальных землях в неблагоприятных условиях [3].

С цитогенетической точки зрения, ива трехтычинковая — диплоид ($2n = 2x = 38$) [15, 16, 17]. Ранее нами была показана возможность существования гипо- и гиперануплоидов, но особенности кариотипа ив (мелкие хромосомы, склонные к образованию ассоциаций) затрудняют изучение хромосомного полиморфизма [18]. Низкий

Таблица 1. Агрометеорологические условия в апреле–июле 2019 г.

Месяцы	Температура воздуха, t°C		Количество осадков, мм	
	средняя многолетняя	средняя фактическая	среднее многолетнее	фактическое
апрель	7,2	8,9 (+1,7)	43	18 (-25)
май	13,7	16,0 (+2,3)	57	86 (+29)
июнь	17,1	20,9 (+3,8)	80	33 (-47)
июль	18,9	16,9 (-2,0)	83	48 (-35)
сумма:	1740	1914 (+174)	263	185 (-78)

уровень плоидности облегчает сравнение разных генотипов, культивируемых в однородных условиях. Однако выявление генетически обусловленной дифференцированной устойчивости к экологическим стрессорам (включая засухоустойчивость) затруднено из-за высокого уровня гетерозиготности и в природных популяциях и в культуре [10].

Цель данного исследования: выявить закономерности нарастания однолетних побегов ивы трехтычинковой на фоне раннелетнего дефицита осадков, используя генетически выровненный материал, культивируемый в однородных условиях.

Материал и методы

Объект исследования: модельное насаждение ивы трехтычинковой — инбредная семья, созданная путем семенной репродукции на протяжении трех поколений. В состав модельного насаждения входило 24 высокопродуктивных сеянца третьего года жизни. История создания и условия культивирования данной семьи описаны ранее [19]. Материал: нарастающие однолетние побеги. Наблюдения за развитием побегов производились на протяжении в течение вегетационного периода 2019 г.

С агрометеорологической точки зрения, весенне-летняя часть вегетационного периода характеризовалась повышенной температурой воздуха и дефицитом осадков. После сухого теплого апреля начались интенсивные майские дожди, последний из которых выпал 25.05. Затем наступил засушливый период: на протяжении четырех недель выпало всего 6 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха за этот же период возросла с 18,9 °C до 28,7 °C. Таким образом, к концу июня сложилась ситуация кратковременной раннелетней засухи. После ливня 23.06 осадки выпадали более или менее регулярно. Помесячная динамика метеофакторов во второй половине весны и в первой половине лета 2019 г. [Архив погоды..., 2019] приведена в таблице 1.

В середине апреля штамбы, образованные побегами предыдущего года, были обрезаны на высоте 20 см, что обеспечило синхронизацию ранних этапов морфогене-

за. Таким образом, однолетние побеги формировались на корнях (точнее, корне-комлевых системах) третьего года жизни. В дальнейшем каждый куст формировался в два побега. Уход заключался в подвязке, трехкратной прополке и рыхлении. Для защиты точек роста от паутинных клещей и насекомых-фитофагов производилась трехкратная профилактическая обработка верхушек побегов путем их погружения в рабочие растворы авермектин-содержащих инсектоакарицидов: такой режим защиты позволил минимизировать эколого-генетические риски для окружающей среды [20].

Начиная с 01.05 (устойчивый переход среднесуточных температур через +10 °C) каждые 4 сут производили замеры длины побегов: L , см. Каждому очередному наблюдению присвоили порядковый номер (1, 2, 3... k). Все даты, в которые проводились наблюдения, пронумеровали по порядку (0, 4, 8... t). Для каждого побега вычисляли суточный прирост ΔL_k , см/сут в интервале ± 4 сут для каждой даты t_k с использованием принципа «скользящего окна». В итоге были получены выровненные эмпирические траектории суточного прироста побегов $\Delta L(t)$, см/сут.

В данном исследовании изучали динамику суточного прироста самых длинных побегов: по одному от каждого куста. Для группы побегов, использованных для анализа, вычислили среднее значение суточного прироста — ΔL_{kAV} — для каждой даты t_k . В итоге была получена средняя траектория суточного прироста побегов — эмпирический ряд $\Delta L(t)_{AV}$, см/сут.

Для анализа средней траектории $\Delta L(t)_{AV}$ использовался алгоритм, разработанный и описанный нами ранее [21]. Сезонный тренд эмпирического ряда $\Delta L(t)_{AV}$ аппроксимировали уравнением линейной регрессии. Порядковая дата начала линейной регрессии — t_{begin} — определялась итерационным методом исключений первых дат до достижения максимального коэффициента детерминации R^2 . Для каждой даты t_k рассчитали отклонения фактических значений ΔL_{kAV} от линейной регрессии. В итоге получили эмпирический ряд динамики отклонений $dL(t)$, который аппроксимировали суммами элементарных гармоник h с порядковым номером n .

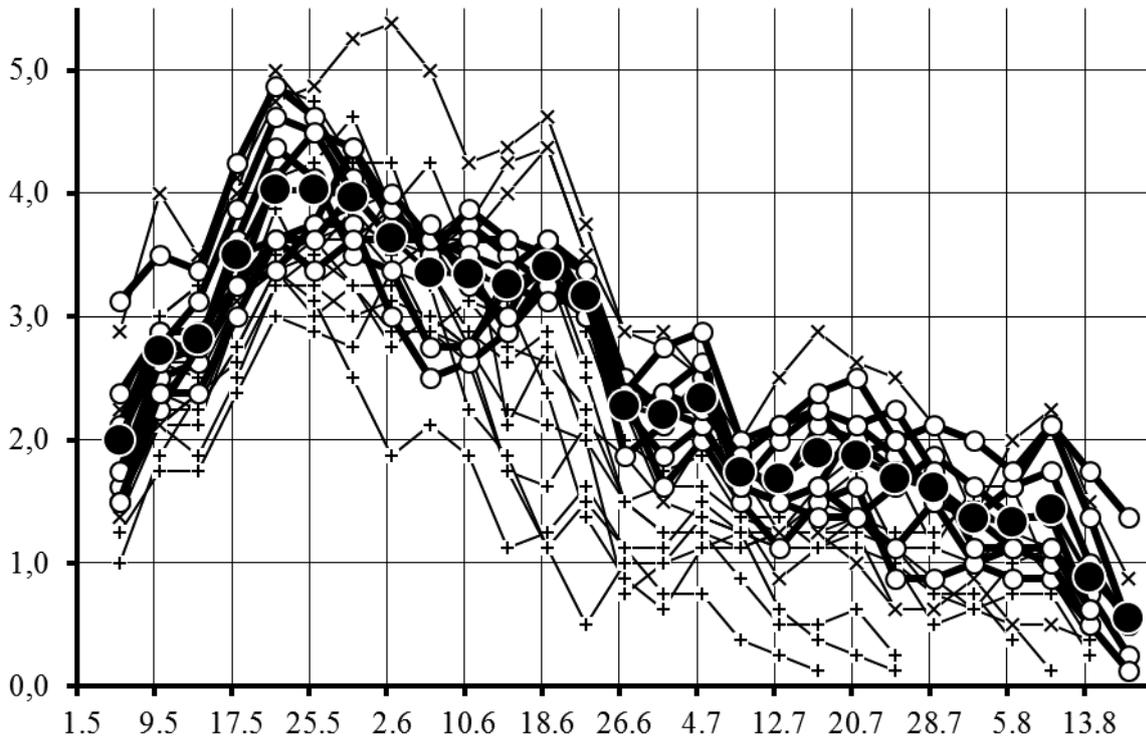


Рис. 1. Эмпирические ряды суточного прироста первых побегов. По оси абсцисс даты вегетационного периода 2019 г., по оси абсцисс суточный прирост побегов $\Delta L(t)$, см/сут.

Обозначения групп побегов: + — рано завершившие рост; x — длинные побеги, исключенные из анализа; o — длинные побеги, использованные для окончательного анализа; ● — средняя траектория суточного прироста длинных побегов, использованных для окончательного анализа.

Достоверность аппроксимации определяли с помощью *F*-критерия Фишера. Вклад каждой элементарной гармоник в общую сезонную динамику отклонений $dL(t)$ вычисляли как отношение факториальных сумм квадратов отклонений к общей сумме квадратов отклонений. Подробное описание методики гармонического анализа дано нами ранее [19].

Результаты

Замеры длины побегов производились на протяжении вегетационного периода 2019 г. с 1.05 (начало активного роста) по 21.08 (полное завершение роста всех побегов с отмиранием верхушечной почки). Всего было описано 43 побега на 23 кустах, произведено 1135 измерений L и вычислено 1049 значений ΔL . Для анализа было отобрано 23 первых побега (по одному побегу от куста). Из них были выбраны самые сильные побеги — длиной 250...300 см, рост которых продолжался до 17.08...21.08. Из этой выборки были исключены три куста, у которых эмпирические ряды суточного прироста побегов $\Delta L(t)$

заметно выделялись из основного массива траекторий. В итоге для окончательного анализа было оставлено 8 побегов от 8 кустов (число значений ΔL — 213). Для этой группы был рассчитан средний ряд сезонной динамики суточного прироста — $\Delta L(t)_{AV}$, см/сут. Эмпирические ряды сезонной динамики суточного прироста всех описанных побегов показаны на рисунке 1.

Сезонный тренд эмпирического ряда $\Delta L(t)_{AV}$ аппроксимировали уравнением линейной регрессии с начальной датой 21.05 ($t = 21$). Надежность линейной аппроксимации очень высокая: $R^2 = 0,935$. В период с 21.05 по 13.08 средний суточный прирост линейно уменьшался от 4,0 см/сут до 0,9 см/сут.

Эмпирический ряд динамики $dL(t)$ — отклонений фактических значений среднего суточного прироста от линейной регрессии — с высокой надежностью аппроксимирован суммами элементарных гармоник h с порядковым номером n (табл. 2). Общая сумма квадратов отклонений — SS_{tot} — равна 1,31, остаточная сумма

Таблица 2. Основные параметры элементарных гармоник

Параметры	Номера гармоник									
	2	6	8	4	3	9	7	10	5	
τ	54,0	18,0	13,5	27,0	36,0	12,0	15,4	10,8	21,6	
A	0,22	0,14	0,12	0,12	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	
$\sin \varphi$	-0,06	-0,76	0,14	0,81	-0,95	-0,77	-0,46	0,97	-0,46	
SS	0,80	0,58	0,45	0,27	0,21	0,13	0,11	0,08	0,07	
F	1,64	1,38	1,30	1,64	1,32	1,56	1,25	1,32	1,22	
H^2	0,37	0,18	0,12	0,13	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	

Примечание. Главный период колебаний T равен 108 сут; n — номер гармоники, τ — период колебаний гармоники (сут), A — амплитуда гармоники, $\sin \varphi$ — синус смещения по начальной фазе, SS — сумма квадратов отклонений, F — фактическое значение критерия Фишера, H^2 — вклад гармоники в сезонную динамику отклонений $dL(t)$.

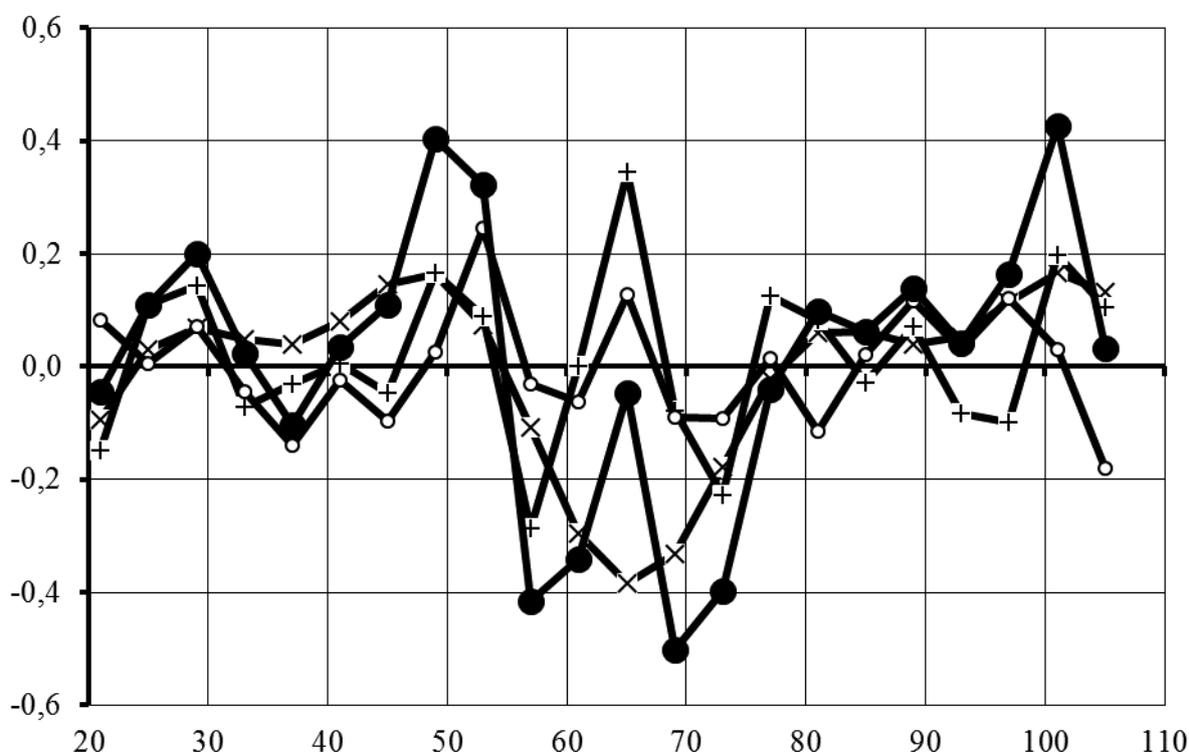


Рис. 2. Аппроксимация отклонений суточного прироста побегов от линейной регрессии. По оси абсцисс порядковые дни вегетационного периода 2019 г., по оси ординат отклонения $dL(t)$, см/сут. Обозначения траекторий: ● — эмпирический ряд отклонений; × — результатирующий ряд гармоник h_2 и h_4 ; + — результатирующий ряд гармоник h_6 и h_8 ; ○ — результатирующий ряд низкоамплитудных гармоник.

квадратов отклонений — SS_{res} — равна 0,08, фактическое значение F -критерия равно 20,0 ($P < 0,001$).

На основании значений A , τ , и H^2 все гармоники h были распределены по трем группам: h_2+h_4 , $h_6+h_8+h_9$

и низкоамплитудные. Для каждой группы было вычислено результатирующее колебание путем сложения элементарных гармоник. Полученные результатирующие колебания на фоне эмпирического ряда $dL(t)$ показаны на рисунке 2.

Обсуждение

В начале вегетационного периода — с 5.05 по 21.05 — на всех кустах наблюдался взрывной рост побегов: увеличение суточного прироста ΔL с 1,0...3,1 см/сут до 3,0...5,0 см/сут. Увеличение ΔL совпало с периодом теплой погоды и большим количеством осадков, а максимум ΔL совпал с завершением дождевого периода. Однако это совпадение вполне может быть случайным: благоприятные агрометеорологические условия всего лишь обеспечили возможность увеличения прироста побегов. Истинные причины взрывного роста могут быть совершенно иными, например, использование прошлогодних запасов пластических веществ из корне-комлевой части кустов (что согласуется с литературными данными [22]).

После прекращения дождей и на фоне повышения температуры воздуха началось устойчивое линейное снижение суточного прироста побегов. Однако снижение ΔL сразу после завершения майских дождей трудно объяснить моментально возникшим недостатком почвенной влаги.

Побеги разных кустов по-разному повели себя в условиях нарастающей раннелетней засухи. Ни один из кустов не погиб, однако в период с 22.06 по 26.06 (т.е. в момент максимальной засухи) суточный прирост побегов резко снизился: с 0,5...3,8 см/сут до 0,8...2,9 см/сут. После наступления дождливой холодной погоды в начале июля ΔL несколько увеличился, а затем вновь снизился. Известное предположение Н. П. Кренке об омолаживающем действии дождей после засухи [23] подтверждается лишь частично. Вероятно, смена засухи периодом дождей сыграла роль синхронизирующего фактора.

На протяжении июня прирост побегов на некоторых кустах постоянно снижался, и они рано прекратили свой прирост: часть в III декаде июля, а часть — в I декаде августа. При этом среди кустов, рано завершивших нарастание побегов, были кусты как с низкими, так и с высокими значениями ΔL в начале засушливого периода. Таким образом, можно предположить, что отрицательное влияние раннелетней засухи на некоторые кусты носит отсроченный характер.

Большинство кустов продолжило нарастание побегов вплоть до 17.08...21.08. Из этих кустов наибольший интерес представляют те, которые дали побеги длиной 250...300 см.

В основной группе длинных побегов сезонная динамика отклонений среднего суточного прироста побегов от линейной регрессии — $dL(t)$ — носит циклический характер и с высокой надежностью аппроксимируется суммой элементарных гармоник с главным периодом коле-

баний $T = 108$ сут. Основные максимумы в раннелетний и позднелетний период определяются, прежде всего, 2-й гармоникой с периодом колебаний $\tau_2 = 54$ сут и, в меньшей степени, 4-й гармоникой ($\tau_4 = 27$ сут). Локальный максимум в середине лета определяется взаимодействием 6-й, 8-й и 9-й гармоник ($\tau_6 = 18$ сут, $\tau_8 = 13,5$ сут, $\tau_9 = 12$ сут). Сумма низкоамплитудных гармоник образует квазигармонический ряд с периодом колебаний $\tau = 12$ сут. Влияние агрометеорологических факторов на ритмичность сезонной динамики $dL(t)$ не прослеживается. Стабильность параметров гармонических колебаний на протяжении всего периода наблюдений указывает на эндогенный характер сезонной динамики отклонений среднего суточного прироста побегов от линейной регрессии.

По литературным данным [24], дефицит воды оказывает негативное воздействие, прежде всего, на генотипы с высокой продуктивностью. Однако в условиях нашего эксперимента кусты с высоким суточным приростом побегов оказались максимально устойчивыми к дефициту осадков на фоне повышенных температур. Вероятно, запаса почвенной влаги, созданного в период майских дождей хватило для обеспечения нормального развития кустов с высоким виталитетом.

Выводы

1. Исследованная инбредная семья *S. triandra* характеризуется высокой устойчивостью к засухе. На фоне дефицита осадков и повышенных температур в раннелетний период часть сеянцев этой семьи (11 из 23) проявила высокую продуктивность — длина однолетних побегов достигла 2,5...3,0 м.
2. Среди сеянцев исследованной семьи выявлена дифференциальная устойчивость к водному стрессу. Полной гибели растений не наблюдалось, однако у части растений побеги преждевременно прекратили свой рост. На большинстве кустов (на 17 из 23) рост побегов продолжался до конца вегетационного периода.
3. Средний сезонный тренд динамики суточного прироста в основной группе длинных побегов (8 кустов) с высокой надежностью аппроксимируется уравнением линейной регрессии. Динамика отклонений суточного прироста побегов от линейной регрессии носит циклический характер и с высокой надежностью аппроксимируется суммой элементарных гармоник.
4. Ритмичность сезонной динамики отклонений суточного прироста побегов от линейной регрессии в основной группе длинных побегов не коррелирует с динамикой агрометеорологических факторов. На этом основании можно предположить, что циклическость нарастания побегов у се-

янцев с высоким виталитетом определяется эндогенными ритмами развития.

5. Для восьми сеянцев (из 23 изученных) негативное воздействие засухи оказалось минимальным.

Клоны этих сеянцев могут быть использованы как материал для селекции *S. triandra* на устойчивость к дефициту осадков в раннелетний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical Journal of the Linnean Society. — 2016. — Vol. 181(1). — P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
2. Widespread ancient whole genome duplications in Malpighiales coincide with Eocene global climatic upheaval / Cai L.; Xi Z.; Amorim A. M. et al. // New Phytologist. — 2019. — Vol. 221(1). — P. 565–576. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15357>
3. Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions / Mikó P., Kovács G. P., Alexa L. et al. // Applied Ecology and Environmental Research. — 2014. — Vol. 12(1). — P. 1–12.
4. Willows for environmental projects: A literature review of results on evapotranspiration rate and its driving factors across the genus *Salix* / Frédette C., Labrecque M., Comeau Y., Brisson J. // Journal of Environmental Management. — 2019. — Vol. 246. — P. 526–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.010>
5. Genome-wide transcriptional and physiological responses to drought stress in leaves and roots of two willow genotypes / Pucholt P., Sjödin P., Weih M. et al. // BMC Plant Biology. — 2015. — Vol. 15. — P. 244. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0630-2>
6. Oberhuber W. Soil water availability and evaporative demand affect seasonal growth dynamics and use of stored water in co-occurring saplings and mature conifers under drought // Trees. 2017. — Vol. 31(2). — P. 467–478. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1468-4>
7. Genome-wide transcriptomic analysis of a desert willow, *Salix psammophila*, reveals the function of hub genes *SpMDP1* and *SpWRKY33* in drought tolerance / Jia H., Zhang J., Li J. et al. // BMC Plant Biology. — 2019. — Vol. 19. — Article number: 356. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1900-1>
8. Кулагин А. Ю. Феномен засухоустойчивости видов рода *Salix* L.: экспериментальная характеристика особенностей водного режима // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2003. — Т. 5. — № 2. — С. 328–333.
9. Berlin S., Ghelardini L., Bonosi L. QTL mapping of biomass and nitrogen economy traits in willows (*Salix* spp.) grown under contrasting water and nutrient conditions // Molecular Breeding. — 2014. — Vol. 34(4). — P. 1987–2003. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0157-5>
10. Hanley S. J., Karp A. Genetic strategies for dissecting complex traits in biomass willows (*Salix* spp.) // Tree Physiology. — 2014. — Vol. 34(11). — P. 1167–1180. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt089>
11. Скворцов А. К. Ивы СССР: систематический и географический обзор. — М.: Наука, 1968. — 262 с.
12. Productivity of willow coppice plants grown in short rotations / Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J. et al. // Plant Soil Environ. — 2005. — Vol. 51(9). — P. 423–430.
13. Growth and productivity of wicker willow (*Salix triandra* L.) plantation in Kashmir / Rather T. A., Qaisar K. N., Raja T. A., Khan M. A. // Journal of Research & Development. — 2009. — Vol. 9. — P. 30–44.
14. Kuzovkina Y. A. Checklist for Cultivars of *Salix* L. (Willow) // International *Salix* Cultivar Registration Authority. — 2015. — Vol. 50. — P. 163.
15. Blackburn K., Harrison J. A preliminary account of the chromosomes and chromosome behavior in the Salicaceae // Ann. Bot. — 1924. — N38. — P. 361–378.
16. Håkansson A. Chromosome Numbers and Meiosis in certain Salices // Hereditas. — 1955. — B. 41. — N3–4. — P. 454–482.
17. Wilkinsson J. The cytology of *Salix* in relation to its taxonomy // Ann. Bot. NS. — 1944. — P. 269–283.
18. Афонин А. А., Самошкин Е. Н. Зависимость размеров пыльцевых зерен ив трехтычинковой и пепельной от числа хромосом в клетках // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 1999. — № 4. — С. 35–40.
19. Афонин А. А. Ритмичность линейного прироста однолетних побегов ивы трехтычинковой // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: «Естественные и технические науки», — 2019. — № 1. — С. 10–16.
20. Афонин А. А., Булавинцева Л. И. Генетическая безопасность агробиоценозов // Биология в школе. — 2011. — № 5. — С. 3–10.
21. Афонин А. А., Зайцев С. А. Цикличность среднесуточного радиального прироста несущих побегов ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Брянского лесного массива // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2016. — № 3(351). — С. 66–76. DOI: <http://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.3.66>
22. High yielding biomass genotypes of willow (*Salix* spp.) show differences in below ground biomass allocation / Cunniff J., Purdy S. J., Barraclough T. J. P. et al. // Biomass & Bioenergy. 2015. Vol. 80. P. 114–127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.020>
23. Кренке Н. П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. — М.: Сельхозгиз, 1940. — 135 с.
24. Weih M. Evidence for increased sensitivity to nutrient and water stress in a fast-growing hybrid willow compared with a natural willow clone // Tree Physiology. — 2001. — Vol. 21(15). — P. 1141–1148. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/21.15.1141>

© Афонин Алексей Алексеевич (afonin.salix@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИМБИОФАУНА ИНFUЗОРИЙ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЖВАЧНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

SYMBIOTICAL FAUNA CILIATES OF SOME SPECIES OF RUMINANT MAMMALS

T. Korchagina

Summary. Currently, the role of symbiotic organisms, including protozoa in the digestion of ruminants has been proved. In particular, ophryoscolecidae able to break down complex molecules of cellulose into simple carbohydrates. The paper presents data on the species composition of ciliates-symbionts of the digestive tract of some wild ruminants—elk, reindeer, spotted deer and Siberian musk deer.

Keywords: ciliate fauna, elk, reindeer, spotted deer, Siberian musk deer.

Корчагина Татьяна Александровна
К.б.н., доцент, Омский государственный педагогический университет
Liberova@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время доказана роль симбиотических организмов, в том числе и простейших, в пищеварении жвачных. В частности, офриосколециды способны расщеплять сложные молекулы целлюлозы до простых углеводов. В работе приводятся данные по видовому составу инфузорий — симбионтов пищеварительного тракта некоторых диких жвачных — лося, северного оленя, оленя пятнистого и кабарги сибирской.

Ключевые слова: инфузорная фауна, лось, северный олень, олень пятнистый, кабарга сибирская.

Введение

Особое значение в пищеварении диких жвачных имеют симбиотические простейшие. От их численности и активности напрямую зависит качество усвоения растительных кормов, а значит и процессы адаптации животных к окружающей среде. За последние десятилетия были опубликованы ряд работ по инфузорному населению диких жвачных территории России. Описаны виды инфузорий — эндобионтов из северного оленя и благородного оленя Якутии [9], северного оленя Чукотского автономного округа [3,4], косули сибирской Омской и Челябинской популяции [7], лося Омской популяции [5], оленя пятнистого приморской популяции [8], сайги европейской популяции [2]. Работы содержат информацию о морфологии и количественном соотношении видового состава простейших, их размеры и приуроченность инфузорий к разным отделам пищеварительного тракта. Целью данной работы стало изучение и проведение сравнительной характеристики видового состава симбиофауны инфузорий диких жвачных — лось, северный олень, олень пятнистый и кабарга сибирская.

Материалы и методы

Объектами для исследования послужили дикие жвачные — лось (*Alces alces*), северный олень (*Rangifer tarandus*), олень пятнистый (*Cervus nippon*) и кабарга сибирская (*Moschus moschiferus*). Лось был добыт при промысловом забое на территории таежной и подтаежной зон Омской области и с территории Низяпетровского

района Челябинской области, северный олень — с территории Чукотского автономного округа, олень пятнистый и кабарга сибирская — приморская популяция (Тернейский район Приморского края). Для изучения инфузорного населения брали пробы из содержимого рубца, которые фиксировали в 4% — ном растворе формалина. Полученный материал изучался в лабораторных условиях с применением стандартных цитохимических методик. Для изучения общей морфологии клеток и органоидов инфузорий фиксировали с использованием иммобилизационных средств: 2% раствор уксусной кислоты, 1% раствор лимонной кислоты; 2% раствор новокаина, 40% раствор этанола, 4–10% раствор формалина, уксуснокислого свинца — формалина, глицерин — желатина, жидкость Карнуа. Выявление ядерного аппарата осуществляли с использованием 3% раствора медного купороса, с добавлением 1% раствора соды и уксусной кислоты. Для выявления ресничного аппарата, рта и глотки применяли: 2% раствор азотнокислого серебра; раствор Люголя на глицерине, проторгол. [6,7] Видовой состав инфузорий определялся на фиксированном материале по определительным таблицам офриосколецид. [1,10]

Результаты и обсуждение

При обследовании содержимого разных камер желудка разновозрастных и разнополых особей лося, северного оленя, оленя пятнистого и кабарги сибирской из разных географических мест России было обнаружено 28 видов форгутных ресничных инфузорий, относящихся к 7 родам и 2 семействам (табл. 1; рис. 1).

Таблица 1. Фауна инфузорий желудков лося, северного оленя, оленя пятнистого и кабарги сибирской

Семейства/Роды/Виды инфузорий	Виды животных-хозяев			
	Лось	Северный олень	Олень пятнистый	Кабарга сибирская
1	2	3	4	5
Семейство Ophryoscolecidae Stein, 1867				
Род <i>Entodinium</i> Stein, 1859				
<i>E. alces</i> Dehority, 1974	+			
<i>E. bursa</i> Stein, 1859	+	+		+
<i>E. furca dilobum</i> Dogiel, 1927			+	
<i>E. furca crassicaudatum</i> Dogiel, 1927		+		
<i>E. furca nanellum</i> Dogiel, 1927	+	+		
<i>E. simplex</i> Dogiel, 1927	+	+	+	+
<i>E. caudatum</i> Stein, 1859	+	+	+	+
<i>E. caudatum-dubardi</i> Stein, 1859			+	
<i>E. exiguum</i> Dogiel, 1925	+	+	+	+
<i>E. longinucleatum</i> Dogiel, 1925	+	+	+	+
<i>E. nanellum</i> Dogiel, 1923	+	+		
<i>E. minimum</i> Schuberg, 1888		+		
<i>E. ovinum</i> Dogiel, 1927	+		+	+
<i>E. simulans-dubardi</i> Dogiel, 1925	+		+	
Всего 14 видов	10	9	8	6
% от общего числа видов рода	71,4	64,3	57,1	42,9
Род <i>Epidinium</i> Crawley, 1924				
<i>E. ecaudatum-ecaudatum</i> (Fiorentini) Scharp, 1914	+	+	+	
<i>E. ecaudatum-caudatum</i> Fiorentini, 1889		+		
<i>E. ecaudatum hamatum</i> Schulze, 1924			+	
Всего 3 вида	1	2	2	
% от общего числа видов рода	33,3	66,7	66,7	
Род <i>Diplodinium</i> Schuberg, 1888				
<i>D. anisacanthum</i> Dogiel, 1927	+			
<i>D. monacanthum</i> Dogiel, 1927	+		+	+
<i>D. rangiferi</i> Dogiel, 1929	+	+	+	+
<i>D. rangiferi major</i> Dogiel, 1925		+		
<i>D. bubalidis bubalidis</i> Latteur, 1970	+		+	
<i>D. bubalidis consors</i> Dogiel, 1927	+			
Всего 6 видов	5	2	3	2
% от общего числа видов рода	83,3	33,3	50,0	33,3
Род <i>Eudiplodinium</i> Dogel, 1929				
<i>E. maggii</i> Fiorentini, 1889		+	+	
<i>E. neglectum impale</i> Dogiel, 1925		+	+	
Всего 2 вида		2	2	
% от общего числа видов рода		66,7	66,7	
Род <i>Polyplastron</i> Dogel, 1925				
<i>P. multivesiculatum</i> Dogel, Fedorova, 1925		+		
Всего 1 вид		1		
% от общего числа видов рода		100		
Семейство Isotrichidae Bütschli, 1889				
Род <i>Dasytricha</i> Schuberg, 1888				
<i>D. ruminantium</i> Schuberg, 1888	+	+		
Всего 1 вид	1	1		
% от общего числа видов рода	100	100		

Таблица 1 (продолжение). Фауна инфузорий желудков лося, северного оленя, оленя пятнистого и кабарги сибирской

Семейства/Роды/Виды инфузорий	Виды животных-хозяев			
	Лось	Северный олень	Олень пятнистый	Кабарга сибирская
1	2	3	4	5
Род <i>Isotricha</i> Stein, 1859				
<i>I. intestinalis</i> Stein, 1859		+		
Всего 1 вид % от общего числа видов рода		1 100		
Всего 28 видов % от общего числа видов цилиат	17 60,7	18 64,3	15 53,6	8 28,6
Всего 7 родов % от общего числа видов цилиат	4 57,1	7 100	4 57,1	2 28,6



Рис. 1. Таксономическое разнообразие ресничных инфузорий в разных видах животных-хозяев

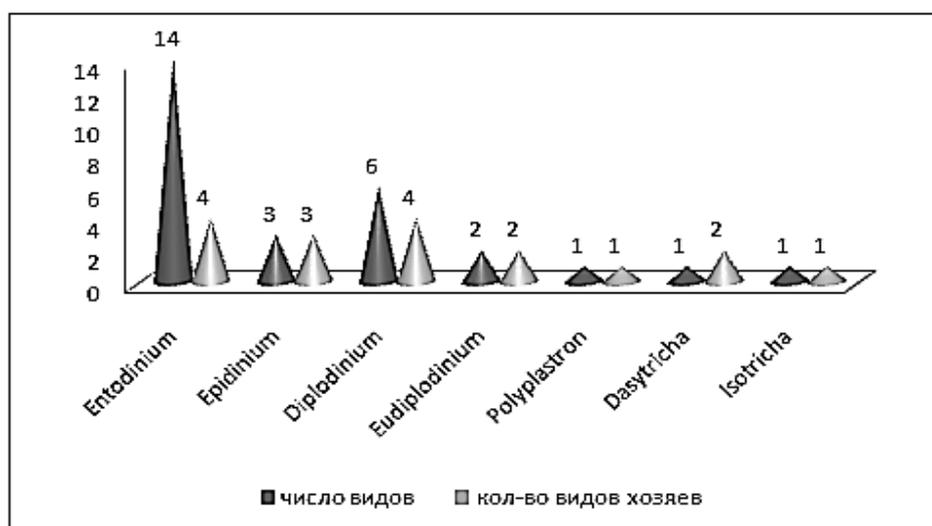
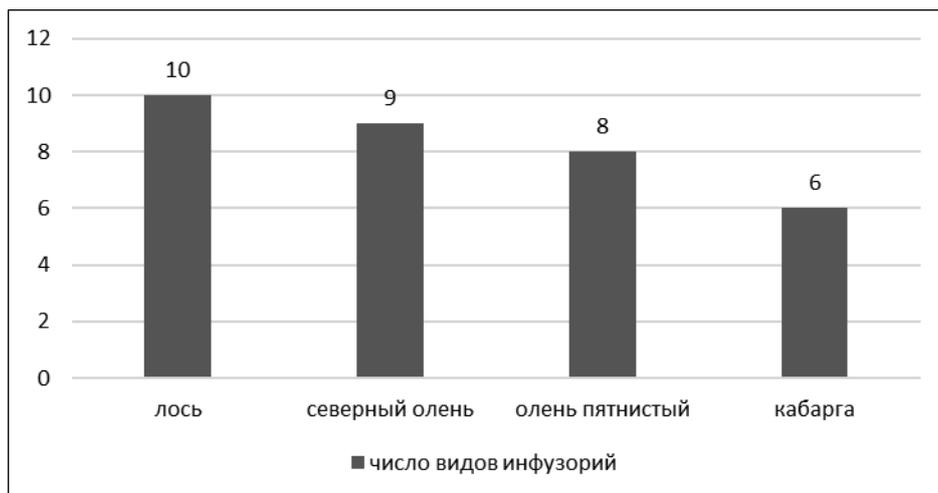
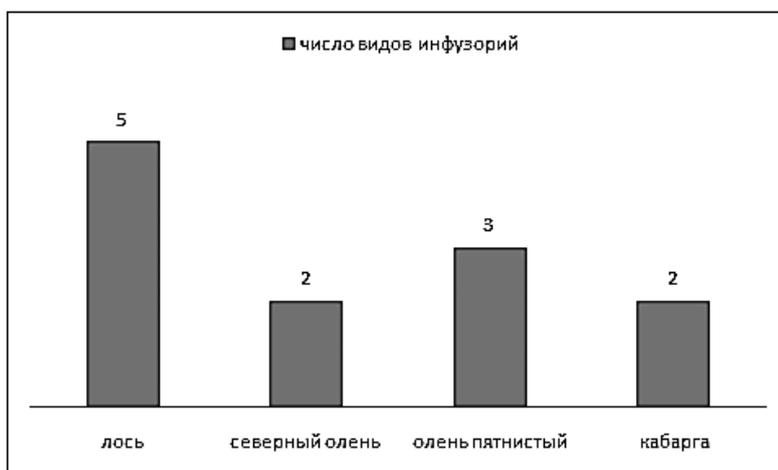


Рис. 2. Распределение видов ресничных инфузорий по животным-хозяевам

Рис. 3. Количественный состав видов рода *Entodinium* у разных видов животных-хозяевРис. 4. Количественный состав видов рода *Diplodinium* у разных видов животных-хозяев

Для семейства Ophryoscolecidae Stein, 1867 отмечено 5 родов: *Entodinium* Stein, 1859, *Epidinium* Crawley, 1924, *Diplodinium* Schuberg, 1888, *Eudiplodinium* Dogel, 1929, *Polyplastron* Dogel, 1925.

Для семейства Isotrichidae Bütschli, 1889 описано 2 рода: *Dasytricha* Schuberg, 1888, *Isotricha* Stein, 1859 (табл. 1). Количество родов и видов ресничных инфузорий варьирует у разных видов животных-хозяев от 8 (кабарга) до 18 (северный олень) (рис. 1). Следует отметить, что только виды родов *Entodinium* и *Diplodinium* отмечены нами для всех видов животных-хозяев, встречаемость же видов других родов имеет более специфические закономерности у разных хозяев (рис. 1,2).

У всех видов хозяев преобладающим по количеству видов является род *Entodinium* Stein, 1859. Количество

видов этого рода форгутных инфузорий варьирует от 6 (кабарга) до 10 видов (лось) (табл. 1; рис. 3). Именно виды рода *Entodinium* составляют ядро видового состава желудочных инфузорий всех обследованных нами жвачных и их доля составляет от 50,0 (северный олень) до 75,0% (кабарга) от общего видового состава инфузорий (табл. 1). Для остальных видов хозяев доля энтодиниумов составляет 58,8% (лось) и 53,3% (пятнистый олень). Несомненно, что именно энтодиниумы являются доминирующей группой по количеству видов у обследованных нами диких жвачных.

На втором месте по количеству видов находится род *Diplodinium* Schuberg, 1888 (табл. 1; рис. 4). Количество видов этого рода форгутных инфузорий варьирует от 2 (северный олень, кабарга) до 5 видов (лось). Диплодиниумы являются субдоминантной группой по количеству

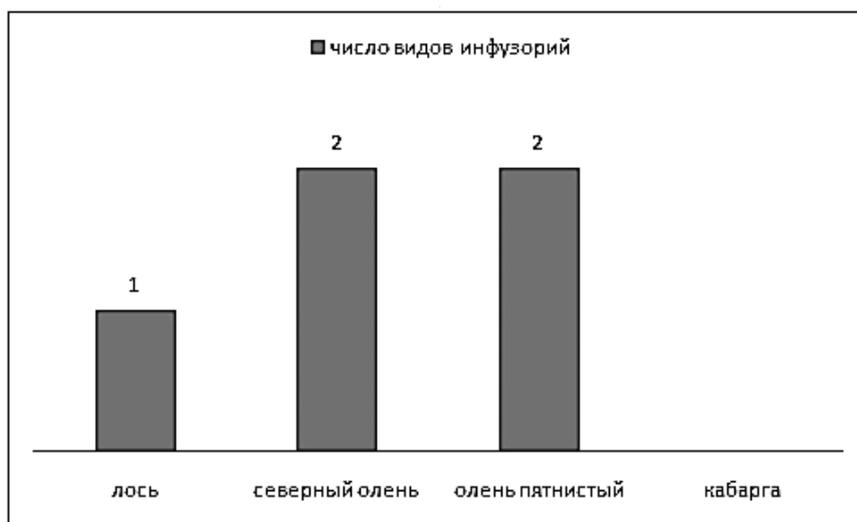


Рис. 5. Количественный состав видов рода *Epidinium* у разных видов животных-хозяев

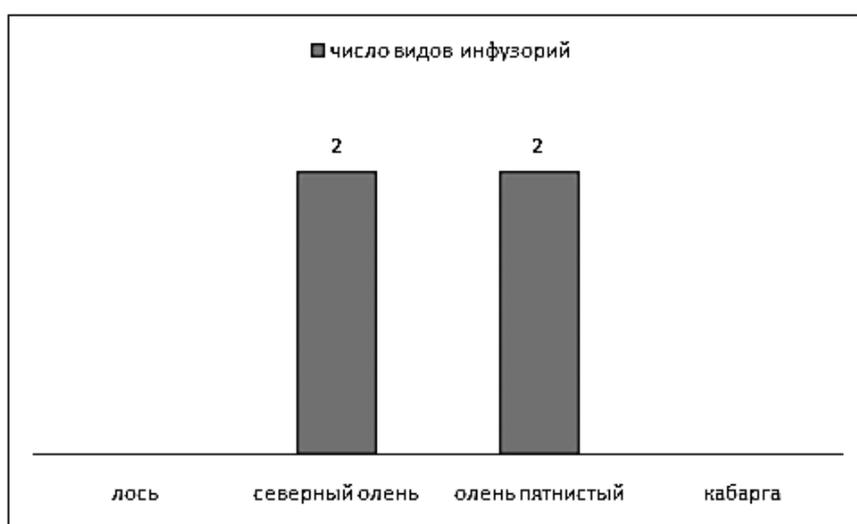


Рис. 6. Встречаемость и количественный состав видов рода *Eudiplodinium* у разных животных-хозяев

видов и их доля в ядре видовых составов инфузорий варьирует от 11,1 (северный олень) до 29,4% (лось) от общего видового состава инфузорий. Для остальных видов хозяев доля диплодиниумов составляет 25,0% (кабарга) и 16,7% (пятнистый олень).

Количество и встречаемость видов других родов варьирует у разных видов хозяев. Так род *Epidinium* Crawley, 1924 представлен 3 видами, но встречены они у лоса, северного оленя и оленя пятнистого, для кабарги виды рода не отмечены (табл. 1; рис. 5).

При этом, количество видов рода *Epidinium* варьирует от 1 (лось) до 2 (северный олень, пятнистый олень). Доля

видов рода в общем видовом составе желудочных инфузорий разных хозяев либо незначительна 5,9% (лось), либо сравнима с долей диплодиниумов — 11,1% (северный олень) и 13,3% (пятнистый олень). Таким образом, для северного оленя и оленя пятнистого эпидиниумы также могут являться субдоминантной группой по числу видов.

Два вида рода *Eudiplodinium* Dogel, 1929 отмечены только для северного и пятнистого оленей (табл. 1; рис. 6). Доля видов этого рода в общем видовом составе желудочных инфузорий указанных хозяев сравнима с долей диплодиниумов и эпидиниумов — 11,1% (северный олень) и 13,3% (пятнистый олень). Таким образом, для северного оленя и оленя пятнистого эудиплоди-

ниумы также могут являться субдоминантной группой по числу видов.

Роды *Polyplastron* Dogel, 1925, *Dasytricha* Schuberg, 1888 и *Isotricha* Stein, 1859 каждый представлен одним видом (табл. 1). Но круг хозяев и доля встреченных видов данных родов в видовых составах еще более специфичны.

Так, вид *Dasytricha ruminantium* Schuberg, 1888 встречен только в желудках лося и северного оленя. Его доля в видовом составе для лося составляет 5,9%, а для северного оленя — 5,6%.

Виды родов *Polyplastron* и *Isotricha* обнаружены только у северного оленя и их доля в видовых составах составляет по 5,6%, что сходно с долей вида *Dasytricha ruminantium*.

Заключение

Таким образом, в целом для всех обследованных нами видов животных-хозяев наблюдается общая закономерность формирования видовых составов форгутных ресничных инфузорий.

Доминирующим по количеству видов у всех хозяев является род *Entodinium*, его доля в сложении видовых составов варьирует у разных видов хозяев от 50,0 до 75,0%. Субдоминантными по количеству видов являются роды *Diplodinium* (доля варьирует от 11,1 до 29,4%), *Epidinium* (доля варьирует от 11,1 до 13,3%) и *Eudiplodinium* (доля варьирует от 11,1 до 13,3%). Все остальные роды имеют низкую долю в сложении видовых составов форгутных инфузорий обследованных нами диких жвачных — от 5,6 (*Polyplastron* и *Isotricha*) до 5,9% (*Dasytricha*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Догель В. А. Простейшие -Protozoa. Малоресничные инфузории -Infusoria Oligotricha. Сем. Ophryoscolecidae / В. А. Догель // Определитель по фауне СССР. Л.: Изд. АН СССР. Л., 1929. 96 с.
2. Корнилова О.А., Волкова Е. Н., Чистякова Л. В. Фауна эндобионных инфузорий кишечника сайги Saiga Tatarica (LINNAEUS, 1766) // Паразитология. 2017. Т. 51. № 5. С. 379–386.
3. Корчагина Т. А. Видовое многообразие и численность инфузорий — эндобионтов желудка северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) // Перспективы науки, № 3 (30), Тамбов, 2012. — С. 5–10.
4. Корчагина Т. А. Инфузорная фауна преджелудков некоторых представителей семейства Полорогие (Bovidae) и Олени (Cervidae) // Актуальные вопросы ветеринарной биологии, http://invetbio.spb.ru/journal/vp_main.htm № 2 (14), СПб., 2012. — С. 30–33
5. Корчагина Т. А. Эндобионтные инфузории лося (*Alces alces* L, 1758) северных районов Омской области: дисс. . . на соискание ученой степени канд. биол. наук / Корчагина Т. А. — Тюмень, 2007—140 с.
6. Лихачев С. Ф. Полевые исследования беспозвоночных / С. Ф. Лихачев. СПб.: Изд. Тесса, 2004. — 156 с.
7. Лихачев С.Ф., Баймакова Л. Г., Коплик А. А. Морфологические и физиологические особенности эндобионных инфузорий пищеварительного тракта косули сибирской // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2010. № 10. С. 325–332.
8. Лихачев С.Ф., Корчагина Т. А., Середкин И. В., Максимова Д. А. Фауна ресничных инфузорий (Ciliata, Ciliophora) разных отделов желудка оленя пятнистого (*Cervus Nippon Temminck*, 1838) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. Т. 2. № 2. Тюмень, 2016. С. 96–106.
9. Мачахтыров Г. Н. Специфика симбиофауны северного оленя и диких копытных животных Якутии // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 1. С. 41–43.
10. Dehority B. A. A new family of entodiniomorph protozoa from the marsupial forestomach, with descriptions of a new genus and five new species/B. A. Dehority//J. of Eucaryotic Microbiol. 1996. Pp. 285–295.

© Корчагина Татьяна Александровна (Liberova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ (11–17 ЛЕТ) В Г. ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО

ASSESSMENT OF THE DEGREE
OF INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS
ON THE INCIDENCE OF CHILDREN
AND ADOLESCENTS (11–17 YEARS OLD)
IN THE CITY
OF PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY

E. Nikolaenko

Summary. At present special attention is paid to issues connected to environmental factors and their impact on public health. This article presents an assessment of the impact of climatic factors on the health of students in the city of Petropavlovsk-Kamchatsky.

Keywords: climatic factors, wind strength, pressure, temperature, precipitation, health, students.

Николаенко Елена Николаевна

Старший преподаватель, КГАУ ДПО «Камчатский институт развития образования»
kamniki4@mail.ru

Аннотация. В настоящее время особое внимание уделяется вопросам, связанным с экологическими факторами и их влиянием на здоровье населения. В данной статье представлена оценка влияния климатических факторов на здоровье обучающихся города Петропавловска-Камчатского.

Ключевые слова: климатические факторы, сила ветра, давление, температура, осадки, здоровье, обучающиеся.

Введение

Сохранение здоровья подрастающего поколения одна из основных задач любого государства. Поэтому в последние годы всё большее значение приобретают исследования, касающиеся состояния здоровья подрастающего поколения, так как эта часть популяции наиболее чувствительна к влиянию различных факторов внешней среды и представляет интеллектуальный и трудовой потенциал государства [1, 2, 3, 4, 6, 9].

Повышение уровня заболеваемости детей и подростков отмечено многими отечественными и зарубежными авторами, причем особую озабоченность вызывает возникновение и становление в эти годы хронической патологии преимущественно нервной, дыхательной, ОДС и сердечно-сосудистой систем [4, 5, 7, 8, 9, 11, 13].

В последние годы подход к проблеме изменился: наиболее важным считается выявление функциональных нарушений и преморбидных состояний, а не констатация уже сформированной патологии [10, 12, 14].

Проблема ухудшения здоровья детей и подростков требует неотлагательного решения. Для этого в первую очередь необходимо выявить основные факторы влияющие на формирование здоровья детей и подростков. Несомненно, многие из них уже достаточно хорошо изу-

чены, однако необходимо учитывать региональные особенности, т.к. они специфичны.

Петропавловск-Камчатский, является краевым центром Камчатского края, характеризуется сложными для проживания условиями: продолжительная зима, короткое, холодное лето, частые циклонические явления, резкие перепады давления. Данных о влиянии климатических факторов на изучаемую группу нет.

Материалы и методика исследования. Для исследования были выбраны 3 школы, отличающиеся по воздействию климатических факторов. На первом этапе проводилось анкетирование обучающихся с целью выявления основных жалоб на состояние здоровья, выявление зафиксированных заболеваний (327 обучающихся). Проведен анализ пропущенных учебных дней (на основании справок из медицинских учреждений). На втором этапе был проведен анализ данных диспансеризации обучающихся за исследуемый период. Третий этап включал в себя, климатическую оценку места положения образовательных учреждений.

Четвертый этап — сравнительный анализ официальных пропусков учебного процесса в зависимости от некоторых климатических факторов. Оценка полноты данных осуществлялась с помощью количества пропущенных данных и ее доли в полном объеме в формате

Таблица 1. Описательные статистики количественных показателей для категории «Количество пропусков»

Показатель	N (%)	M ± S	V	Me [LQ; HQ]	(Min; Max)
Количество пропусков					
24 шк. 10 класс	168 (100,00%)	4,23 ± 3,22	76,00%	3,50 [2,00;5,00]	(0,00; 19,00)
24 шк. 6 класс	167 (99,40%)	6,65 ± 4,62	70,00%	6,00 [3,50;9,00]	(0,00; 30,00)
24 шк. 8 класс	167 (99,40%)	5,21 ± 3,23	62,00%	5,00 [3,00;7,00]	(0,00; 19,00)
36 шк. 10 класс	168 (100,00%)	7,24 ± 3,74	52,00%	7,00 [5,00;10,00]	(0,00; 21,00)
36 шк. 6 класс	168 (100,00%)	1,67 ± 1,15	69,00%	2,00 [1,00;2,00]	(0,00; 5,00)
36 шк. 8 класс	168 (100,00%)	7,49 ± 3,94	53,00%	7,00 [4,00;10,00]	(0,00; 23,00)
42 шк. 10 класс	168 (100,00%)	3,49 ± 2,50	72,00%	3,00 [2,00;5,00]	(0,00; 14,00)
42 шк. 6 класс	168 (100,00%)	2,21 ± 1,81	82,00%	2,00 [1,00;3,00]	(0,00; 11,00)
42 шк. 8 класс	168 (100,00%)	2,74 ± 1,62	59,00%	3,00 [2,00;4,00]	(0,00; 8,00)

Таблица 2. Описательные статистики количественных показателей для категории «Метеоданные»

Показатель	N (%)	M ± S	V	Me [LQ; HQ]	(Min; Max)
Метеоданные					
Tmax	168 (100,00%)	2,33 ± 6,38	274,00%	0,64 [-2,00;7,16]	(-9,38; 17,42)
Tmin	168 (100,00%)	0,75 ± 6,12	817,00%	-0,43 [-3,43;5,49]	(-11,18; 14,47)
Tcp	168 (100,00%)	1,54 ± 6,25	405,00%	0,05 [-2,73;6,48]	(-10,28; 15,94)
V(w)max м/с	168 (100,00%)	11,99 ± 5,60	47,00%	10,00 [8,00;15,00]	(4,00; 32,00)
Pmax	168 (100,00%)	1 007,94 ± 9,79	1,00%	1 009,00 [1 002,25;1 014,30]	(980,00; 1 038,90)
Pmin	168 (100,00%)	1 002,56 ± 10,61	1,00%	1 003,30 [995,72;1 009,42]	(976,90; 1 037,30)
Pcp за день	168 (100,00%)	1 005,25 ± 9,89	1,00%	1 005,65 [998,86;1 011,42]	(978,80; 1 038,10)
Fmax	168 (100,00%)	4,06 ± 9,59	236,00%	0,00 [0,00;1,72]	(0,00; 47,90)
R(sun)	168 (100,00%)	5,05 ± 4,32	86,00%	5,15 [0,40;8,40]	(0,00; 14,00)

«N (%)». Для описания центрального положения и абсолютного разброса данных использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате «M ± S», а для оценки относительного разброса использовался коэффициент вариации V. Сравнения трех и более групп по количественным шкалам проводились на основе непараметрического критерия Краскела-Уоллеса. Для описания структуры показателя использовались медиана и квартили в формате «Me [LQ; UQ]» и минимум и максимум для оценки диапазона колебания показателя в формате «(Min; Max)». Проверка соответствия распределения значений показателя закону нормального распределения производилась с помощью критерия согласия Пирсона. Определенный в результате уровень статистической значимости P характеризует соответствие распределения нормальному закону (если P > 0,05, то распределение считается соответствующим нормальному распределению; если P ≤ 0,05, то распределение считается несоответствующим нормальному распределению). Для бинарных и номинальных показателей проводится частотный анализ с оценкой доли структуры каждого значения, а также проверка гипотезы об однородности встречаемости признаков с помощью критерия Хи-квадрат Пирсона. Уровень статистической

значимости был зафиксирован на уровне вероятности ошибки 0.05.

Результаты и их обсуждение

В данном разделе содержатся описательные статистики всех исследуемых показателей для всей выборки без разбивки по группам. Целью данного описания является исследование полноты, степени однородности показателей, а также проверка соответствия распределения количественных показателей нормальному закону распределения, а для бинарных и номинальных показателей выделить наиболее часто встречаемые признаки.

В таблицах 1 и 2 представлены описательные статистики количественных показателей для категорий: «Количество пропусков» и «Метеоданные».

Проанализировав данные таблиц 1 и 2, можно сделать вывод о том, что среди 18 показателей у двух показателей наблюдаются пропуски в данных, что значительно снижает их полноту 167 (99,40%) для «24 шк. 8 класс» и «24 шк. 6 класс». Тем не менее, данных объемов достаточно для проведения статистического анализа

Таблица 3. Распределение долей значений по переменным категории «Метеоданные»

Ветер	Всего	Доля, %
а) Умеренный	37	22,0%
б) Свежий	52	31,0%
в) Сильный	79	47,0%
Давление	Всего	Доля, %
а) Низкое	46	28,9%
б) Нормальное	96	60,4%
в) Высокое	17	10,7%
Осадки	Всего	Доля, %
а) Слабые	130	77,4%
б) Умеренные	13	7,7%
в) Нормальные	11	6,5%
г) Обильные	14	8,3%
Солнечная активность	Всего	Доля, %
а) Низкая	66	39,3%
б) Нормальная	40	23,8%
в) Повышенная	31	18,5%
г) Высокая	31	18,5%
Температура	Всего	Доля, %
а) Низкая	83	49,4%
б) Прохладная	45	26,8%
в) Теплая	40	23,8%

и формирования статистических выводов. Коэффициент вариации изменяется в диапазоне от 1 до 817%, что говорит о высоком уровне разнородности некоторых исследуемых показателей. Самыми однородными показателями оказались «R(sun)», «Fmax» и «Pcp за день», а самыми неоднородными — «24 shk. 8 klass» и «24 shk. 6 klass». Критерий согласия Пирсона показывает, что в 90% случаях гипотеза о нормальном распределении отвергается.

В таблице 3 представлен частотный анализ для номинальных показателей.

На основании анализа таблицы 3 можно сделать следующие выводы. Для категории «Ветер» чаще всего встречается значение «в) Сильный» (менее, чем у половины респондентов, 47%), а реже всего — значение «а) Умеренный» (менее, чем у половины респондентов, 22%).

Для категории «Давление» чаще всего встречается значение «б) Нормальное» (более, чем у половины респондентов, 60,4%), а реже всего — значение «в) Высокое» (менее, чем у половины респондентов, 10,7%).

Значение «а) Слабые» (более, чем у половины респондентов, 77,4%), а реже всего — значение «в) Нормальные» (менее, чем у половины респондентов, 6,5%), чаще всего встречается для категории «Осадки».

В категории «Солнечная активность» чаще всего встречается значение «а) Низкая» (менее, чем у половины респондентов, 39,3%), а реже всего — значение «в) Повышенная» (менее, чем у половины респондентов, 18,5%).

Для категории «Температура» чаще всего встречается значение «а) Низкая» (менее, чем у половины респондентов, 49,4%), а реже всего — значение «в) Теплая» (менее, чем у половины респондентов, 23,8%).

Таким образом, анализ данных, полученных для всей исследуемой выборки, позволяет утверждать, что среди 18 показателей у двух показателей наблюдаются наименьшие доли полноты данных 167 (99,40%): «24 shk. 8 klass» и «24 shk. 6 klass». Данных объемов достаточно для проведения статистического анализа данных и формирования статистических выводов. Коэффициент вариации изменяется в диапазоне от 1 до 817%, что говорит о высоком уровне разнородности некоторых исследуемых показателей. Самыми однородными показателями оказались «R(sun)», «Fmax» и «Pcp за день», а самыми неоднородными — «24 shk. 8 klass» и «24 shk. 6 klass». Критерий согласия Пирсона показывает, что в 90% случаях гипотеза о нормальном распределении отвергается.

Сравнения показателей по группам «Ветер». В данном разделе представлены результаты статистического

Таблица 4. Сравнение трех групп переменной «Ветер» по количественным показателям (средние \pm среднеквадратичные отклонения)

Показатель	Ветер			Уровень P (df=2)
	а) Умеренный (N=37)	б) Свежий (N=52)	в) Сильный (N=79)	
Количество пропусков				
24 шк. 10 класс	3,84 \pm 3,43	3,88 \pm 2,02	4,65 \pm 3,71	0,2619
24 шк. 6 класс	5,08 \pm 3,50	5,46 \pm 3,17	8,18 \pm 5,40	0,0005
24 шк. 8 класс	4,73 \pm 2,81	4,90 \pm 2,82	5,64 \pm 3,63	0,4363
36 шк. 10 класс	7,43 \pm 3,82	7,08 \pm 3,81	7,27 \pm 3,71	0,9624
36 шк. 6 класс	1,27 \pm 1,10	1,75 \pm 1,14	1,80 \pm 1,16	0,0346
36 шк. 8 класс	7,97 \pm 4,92	8,02 \pm 3,79	6,91 \pm 3,46	0,2352
42 шк. 10 класс	3,00 \pm 1,78	2,94 \pm 2,34	4,08 \pm 2,78	0,0278
42 шк. 6 класс	1,78 \pm 1,55	2,12 \pm 1,28	2,48 \pm 2,15	0,3013
42 шк. 8 класс	2,84 \pm 1,68	2,75 \pm 1,60	2,70 \pm 1,64	0,8907

Таблица 5. Множественные попарные сравнения по переменной «Ветер»

Показатель	Уровень P (а) Умеренный — б) Свежий)	Уровень P (а) Умеренный — в) Сильный)	Уровень P (б) Свежий — в) Сильный)
	Количество пропусков		
24 шк. 10 класс	0,5604	0,2694	0,8778
24 шк. 6 класс	0,8300	0,0034	0,0103
24 шк. 8 класс	0,8934	0,4730	0,7297
36 шк. 10 класс	0,9635	0,9901	0,9855
36 шк. 6 класс	0,1499	0,0519	0,9349
36 шк. 8 класс	0,9627	0,5315	0,2841
42 шк. 10 класс	0,9533	0,1813	0,0517
42 шк. 6 класс	0,5553	0,3185	0,9299
42 шк. 8 класс	0,9747	0,8976	0,9703

анализа сравнения всех показателей по группам переменной «Ветер», которая состоит из трех групп со значениями: «а) Умеренный», «б) Свежий» и «в) Сильный» с числом наблюдений 37 (22,0%), 52 (31,0%) и 79 (47,0%) соответственно. Целью данного анализа является проверка нулевой статистической гипотезы о равенствах распределений в группах, а также выявление тех показателей, для которых нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной с подтверждением наличия статистически значимых различий между группами.

В таблицах 4, 5 представлены результаты статистического анализа сравнения трех групп «Ветер» по количественным показателям.

Проанализировав таблицы 4, 5 и рисунки 1, 2, 3 можно сделать вывод о том, что в категории «Количество пропусков» 3 из 9 показателей статистически значимо различаются между тремя сравниваемыми группами. Наиболее значимые различия обнаружены для показателя «36 шк. 6 класс» в группе «в) Сильный» по отно-

шению к группе «а) Умеренный» (в среднем на 0,5; $P = 0,0346$); показателя «42 шк. 10 класс» в группе «в) Сильный» по отношению к группе «б) Свежий» (в среднем на 1,1; $P = 0,0278$); показателя «24 шк. 6 класс» в группе «в) Сильный» по отношению к группе «а) Умеренный» (в среднем на 3,1; $P = 0,0005$). Наиболее однородные распределения между тремя группами наблюдаются у следующих показателей: «36 шк. 8 класс», «24 шк. 10 класс» и «42 шк. 6 класс» ($P > 0,2352$).

Таким образом, по результатам проведенного анализа сравнения трех подгрупп группы «Ветер» можно сделать вывод о том, что статистически значимое влияние переменной «Ветер» наблюдается на показатели «36 шк. 6 класс», «42 шк. 10 класс», «24 шк. 6 класс».

Сравнение количество пропусков в обучении по показателю переменной «Ветер» обнаруживает, что ученики 6-го класса школ № 24 и № 36, а также ученики 10-го класса школы № 42 значительно чаще пропускают занятия в школе вследствие влияния «Сильного» ветра.

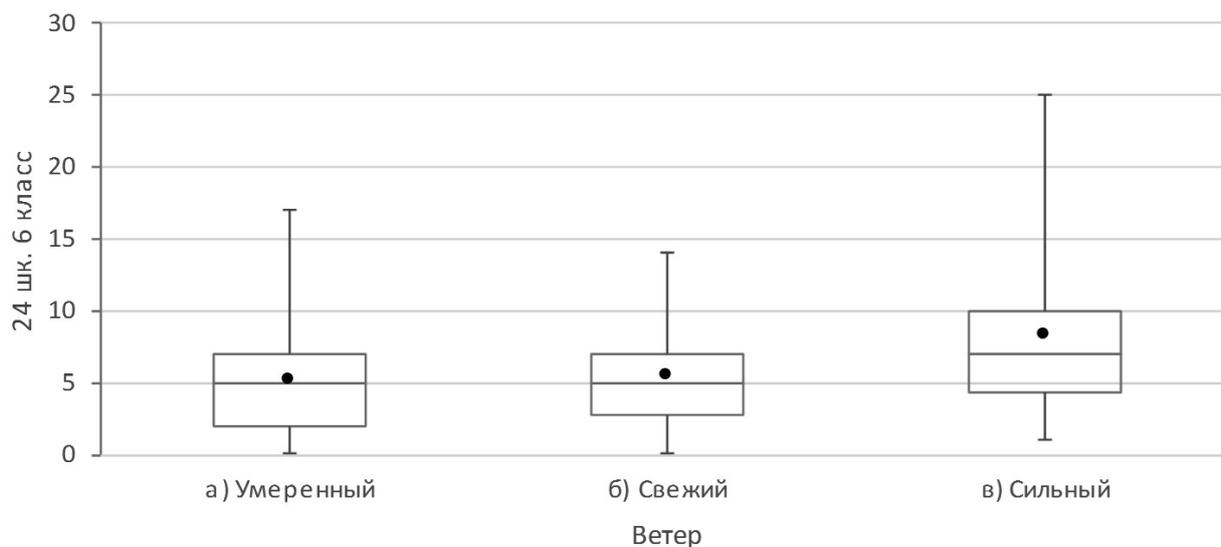


Рис. 1. Статистические показатели для каждого значения переменной «Ветер» по показателю «24 shk. 6 klass».

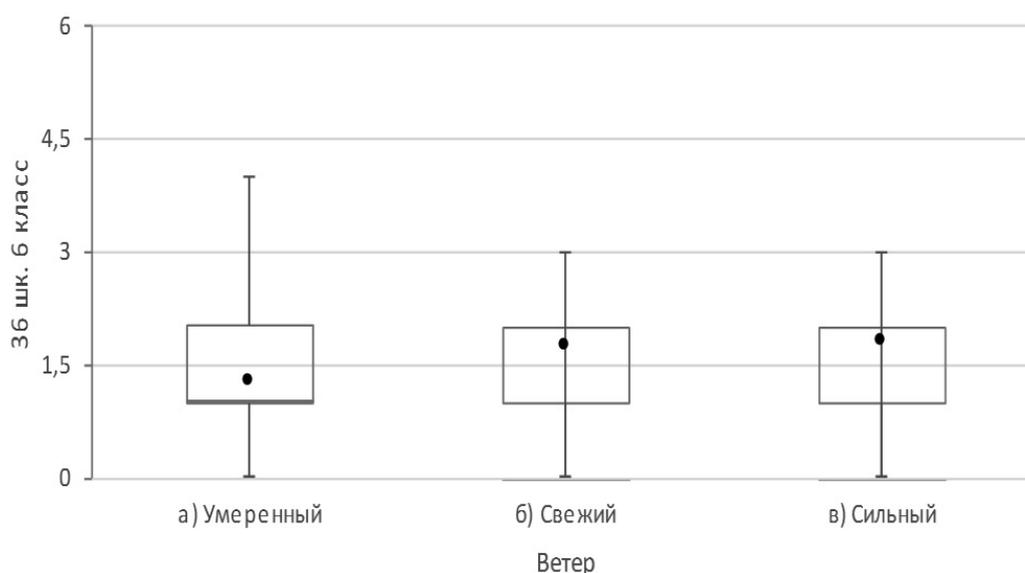


Рис. 2. Статистические показатели для каждого значения переменной «Ветер» по показателю «36 shk. 6 klass».

Таким образом, подтверждается воздействие указанного климатического фактора на школьную успеваемость. Тем не менее, попарное сравнение групп с использованием Хи-квадрата Пирсона выявило, что только у учеников 6-го класса 24-й школы отмечается более высокая частота пропусков занятия в случае «Сильного» ветра. Возможно, на аналогичные результаты в других школах оказывают интерферирующее воздействие другие причины, например, антропогенные, солнечная активность и т.д. Другим объяснением полученных результатов служит то, что в отсутствии серьезных экологически неблагоприятных условий влияние климатиче-

ских факторов на школьную успеваемость становится доминирующим.

Сравнения показателей по группам «Давление». В данном разделе представлены результаты статистического анализа сравнения всех показателей по группам переменной «Давление», которая состоит из трех групп со значениями: «в) Высокое», «б) Нормальное» и «а) Низкое» с числом наблюдений 17 (10,7%), 96 (60,4%) и 46 (28,9%) соответственно. Целью данного анализа является проверка нулевой статистической гипотезы о равенствах распределений в группах, а также выявление тех

Таблица 6. Сравнение трех групп переменной «Давление» по количественным показателям (средние ± среднеквадратичные отклонения)

Показатель	Давление			Уровень P (df=2)
	в) Высокое (N=17)	б) Нормальное (N=96)	а) Низкое (N=46)	
Количество пропусков				
24 шк. 10 класс	3,47 ± 2,15	4,08 ± 2,60	4,72 ± 4,22	0,7087
24 шк. 6 класс	7,71 ± 3,92	6,44 ± 4,76	6,35 ± 4,39	0,2860
24 шк. 8 класс	6,12 ± 3,00	5,51 ± 3,35	4,13 ± 2,79	0,0127
36 шк. 10 класс	6,59 ± 3,04	7,34 ± 3,81	6,74 ± 3,40	0,7567
36 шк. 6 класс	1,59 ± 1,18	1,62 ± 1,06	1,96 ± 1,30	0,3545
36 шк. 8 класс	8,12 ± 4,33	7,31 ± 3,75	6,85 ± 3,65	0,4718
42 шк. 10 класс	3,65 ± 2,45	3,64 ± 2,62	2,98 ± 2,28	0,3343
42 шк. 6 класс	1,59 ± 1,70	1,97 ± 1,71	2,89 ± 1,85	0,0018
42 шк. 8 класс	2,53 ± 1,33	2,80 ± 1,66	2,61 ± 1,74	0,5931

Таблица 7. Множественные попарные сравнения по переменной «Давление»

Показатель	Уровень P (в) Высокое — б) Нормальное)		Уровень P (в) Высокое — а) Низкое)		Уровень P (б) Нормальное — а) Низкое)	
Количество пропусков						
24 шк. 10 класс	0,7269		0,7551		0,9999	
24 шк. 6 класс	0,2898		0,4375		0,9627	
24 шк. 8 класс	0,5622		0,0404		0,0523	
36 шк. 10 класс	0,8020		0,9509		0,8943	
36 шк. 6 класс	0,9986		0,7206		0,3975	
36 шк. 8 класс	0,6540		0,4753		0,8460	
42 шк. 10 класс	0,9931		0,6108		0,3761	
42 шк. 6 класс	0,6389		0,0187		0,0088	
42 шк. 8 класс	0,8735		0,9929		0,6356	

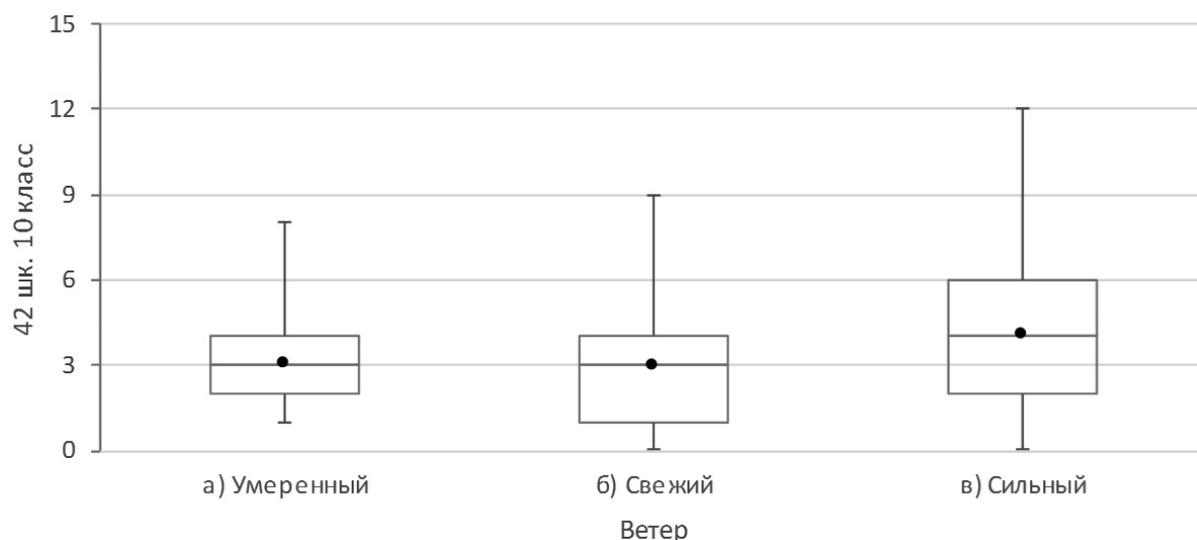


Рис. 3. Статистические показатели для каждого значения переменной «Ветер» по показателю «42 шк. 10 класс».

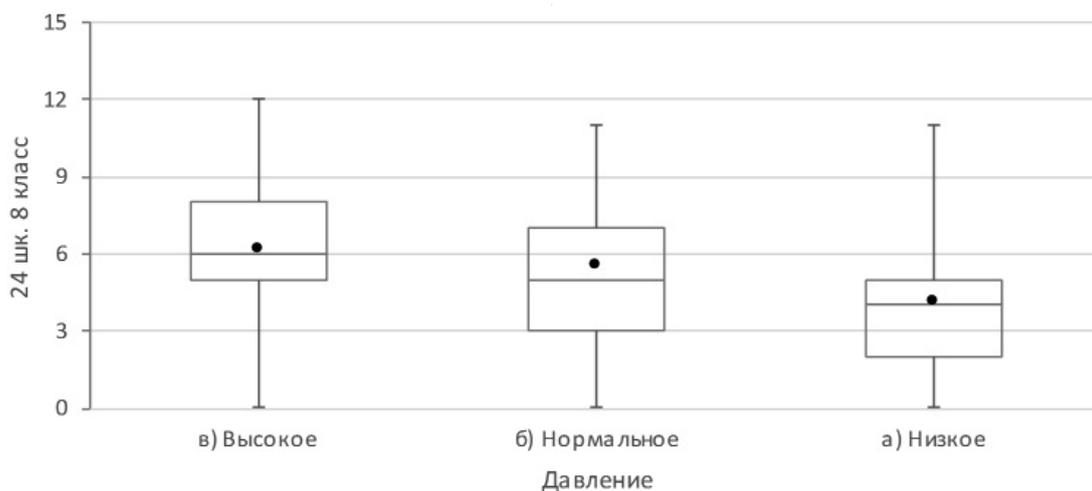


Рис. 4. Статистические показатели для каждого значения переменной «Давление» по показателю «24 shk. 8 class»

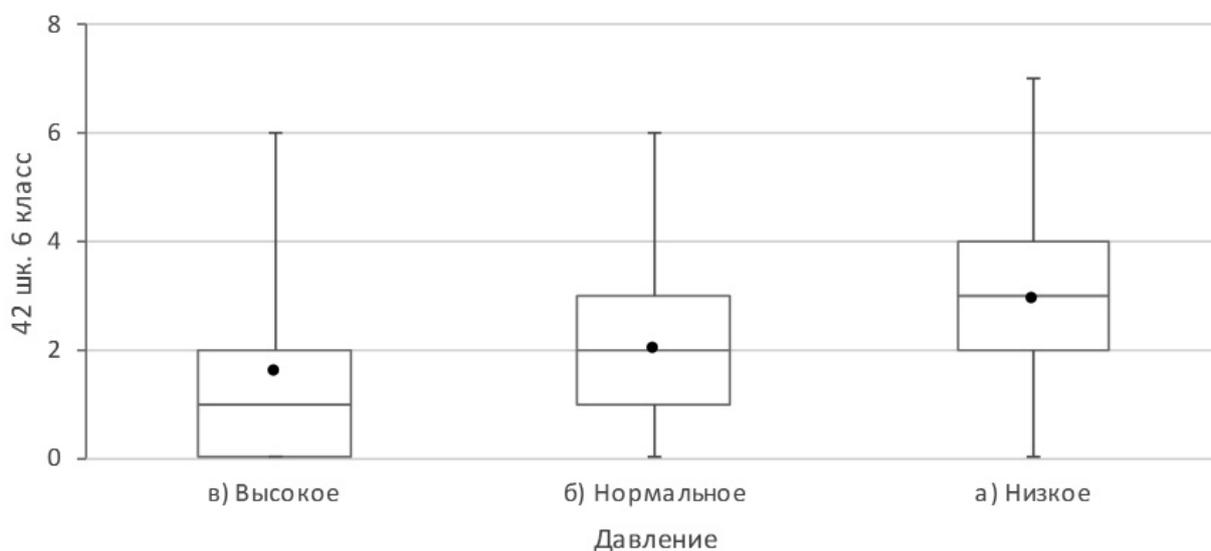


Рис. 5. Статистические показатели для каждого значения переменной «Давление» по показателю «42 shk. 6 class»

показателей, для которых нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной с подтверждением наличия статистически значимых различий между группами.

В таблицах 6, 7 и на рисунках 4, 5 представлены результаты статистического анализа сравнения трех групп «Давление» по количественным показателям.

На основании анализа данных из таблиц 6, 7 и рисунков 4, 5 можно сделать вывод о том, что в категории «Количество пропусков» 2 из 9 показателей статистически значимо различаются между тремя сравниваемыми группами. Наиболее значимые различия обнаружены для показателя «24 shk. 8 class» в группе «в) Высокое» по отношению к группе «а) Низкое» (в среднем на 2,0; $P =$

0,0127); показателя «42 shk. 6 class» в группе «а) Низкое» по отношению к группе «в) Высокое» (в среднем на 1,3; $P = 0,0018$). Наиболее однородные распределения между тремя группами наблюдаются у следующих показателей: «24 shk. 6 class», «42 shk. 10 class» и «36 shk. 6 class» ($P > 0,2860$).

По результатам проведенного анализа сравнения трех подгрупп группы «Давление» можно сделать вывод о том, что статистически значимое влияние переменной «Давление» наблюдается на показатели «24 shk. 8 class», «42 shk. 6 class».

Анализ частоты пропусков в обучении в связи с показателем переменной «Давление», обнаружил, что

Таблица 8. Сравнение трех групп переменной «Температура» по количественным показателям (средние \pm среднеквадратичные отклонения)

Показатель	Температура			Уровень P (df=2)
	а) Низкая (N=83)	б) Прохладная (N=45)	в) Теплая (N=40)	
Количество пропусков				
24 шк. 10 класс	4,27 \pm 3,08	4,56 \pm 3,81	3,80 \pm 2,78	0,5943
24 шк. 6 класс	7,51 \pm 4,38	6,96 \pm 5,56	4,53 \pm 3,17	<0,0001
24 шк. 8 класс	5,43 \pm 3,62	5,27 \pm 3,01	4,70 \pm 2,55	0,5864
36 шк. 10 класс	7,16 \pm 3,51	9,07 \pm 3,53	5,38 \pm 3,55	<0,0001
36 шк. 6 класс	1,58 \pm 1,15	1,60 \pm 1,07	1,92 \pm 1,23	0,2785
36 шк. 8 класс	8,14 \pm 4,05	8,53 \pm 3,70	4,95 \pm 2,77	<0,0001
42 шк. 10 класс	3,51 \pm 2,56	3,78 \pm 2,74	3,12 \pm 2,09	0,6295
42 шк. 6 класс	2,12 \pm 1,89	2,18 \pm 1,89	2,45 \pm 1,54	0,3344
42 шк. 8 класс	2,57 \pm 1,58	2,84 \pm 1,88	3,00 \pm 1,38	0,3296

Таблица 9. Множественные попарные сравнения по переменной «Температура»

Показатель	Уровень P (а) Низкая — б) Прохладная)		Уровень P (а) Низкая — в) Теплая)	Уровень P (б) Прохладная — в) Теплая)
Количество пропусков				
24 шк. 10 класс	0,9786		0,6908	0,6434
24 шк. 6 класс	0,3016		<0,0001	0,0409
24 шк. 8 класс	0,9995		0,6335	0,6825
36 шк. 10 класс	0,0316		0,0144	<0,0001
36 шк. 6 класс	0,9707		0,3203	0,5289
36 шк. 8 класс	0,7926		<0,0001	<0,0001
42 шк. 10 класс	0,8406		0,8802	0,6371
42 шк. 6 класс	0,9890		0,3691	0,5318
42 шк. 8 класс	0,8037		0,3485	0,7701

увеличение пропусков занятий может быть связано как с повышенными значениями атмосферного давления (6 класс школа № 42), так и с низкими его уровнями (8 класс школа № 24). Развитие сосудистой системы в ходе полового созревания делает подростков чувствительными к колебаниям атмосферного давления, которое может стать причиной кислородной недостаточности и изменения мозговой перфузии. Как было указано выше, это может вызывать такие симптомы, как головные боли и общую слабость.

Сравнения показателей по группам «Осадки». В данном разделе представлены результаты статистического анализа сравнения всех показателей по группам переменной «Осадки», которая состоит из четырех групп со значениями: «а) Слабые», «б) Умеренные», «в) Нормальные» и «г) Обильные» с числом наблюдений 130 (77,4%), 13 (7,7%), 11 (6,5%) и 14 (8,3%) соответственно. Целью данного анализа является проверка нулевой статистической гипотезы о равенствах распределений

в группах, а также выявление тех показателей, для которых нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной с подтверждением наличия статистически значимых различий между группами.

Сравнения показателей по группам «Температура»

В данном разделе представлены результаты статистического анализа сравнения всех показателей по группам переменной «Температура», которая состоит из трех групп со значениями: «а) Низкая», «б) Прохладная» и «в) Теплая» с числом наблюдений 83 (49,4%), 45 (26,8%) и 40 (23,8%) соответственно. Целью данного анализа является проверка нулевой статистической гипотезы о равенствах распределений в группах, а также выявление тех показателей, для которых нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной с подтверждением наличия статистически значимых различий между группами.

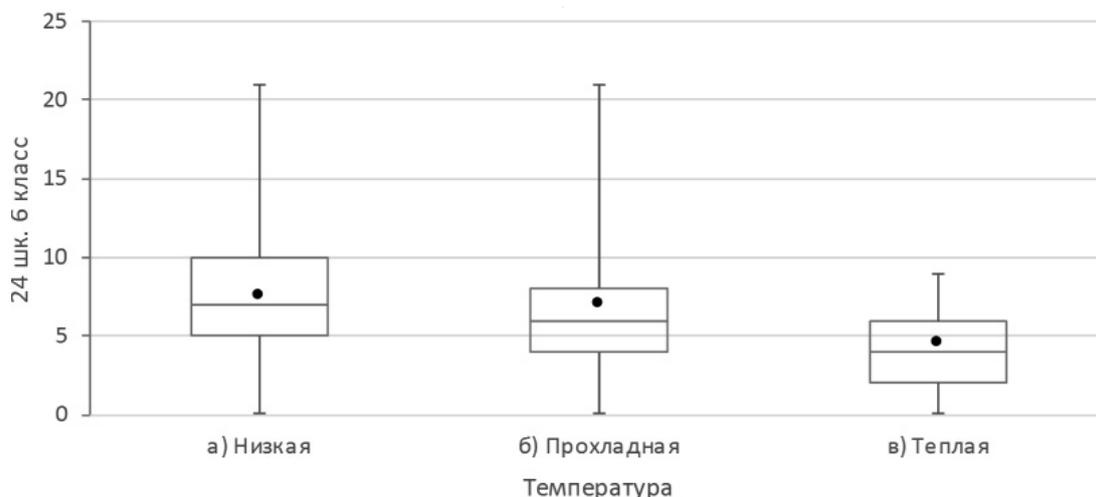


Рис. 7. Статистические показатели для каждого значения переменной «Температура» по показателю «24 шк. 6 класс».

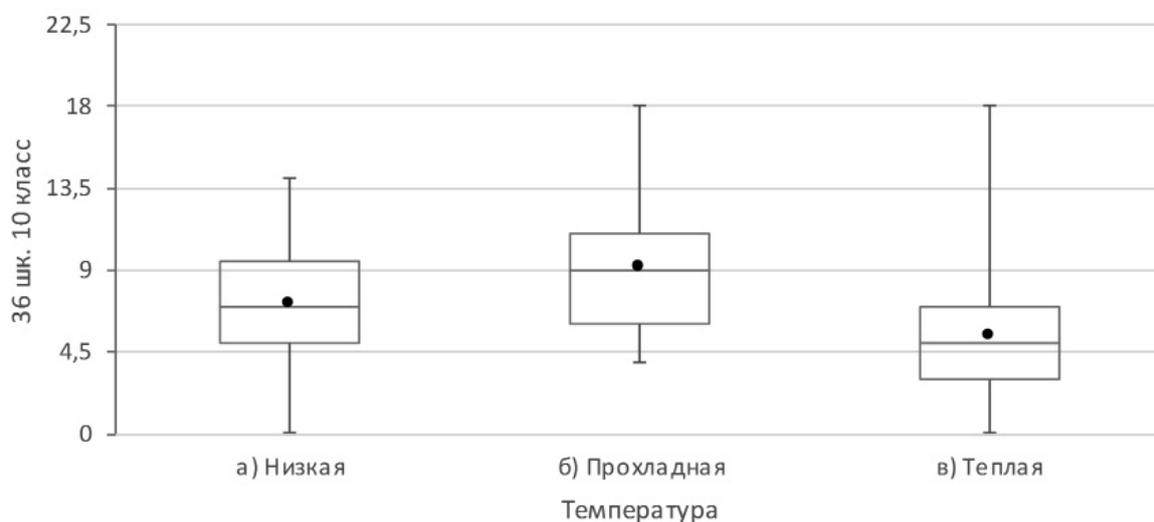


Рис. 8. Статистические показатели для каждого значения переменной «Температура» по показателю «36 шк. 10 класс».

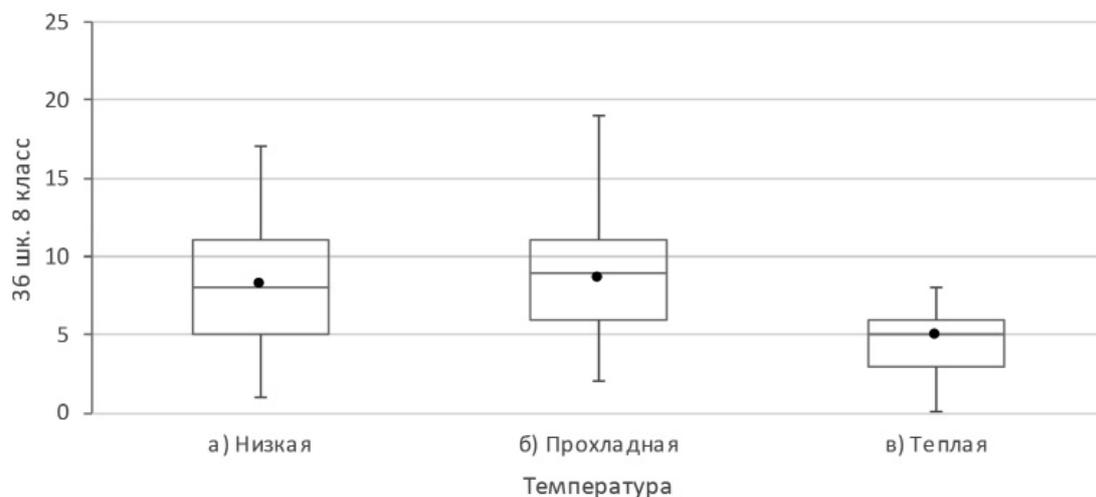


Рис. 9. Статистические показатели для каждого значения переменной «Температура» по показателю «36 шк. 8 класс».

В таблицах 8, 9 и на рисунках 7, 8, 9 представлены результаты статистического анализа сравнения трех групп «Температура» по количественным показателям.

По данным приведенным в таблицах 8, 9 и рисунках 7, 8, 9 можно сделать вывод о том, что в категории «Количество пропусков» 3 из 9 показателей статистически значимо различаются между тремя сравниваемыми группами. Наиболее значимые различия обнаружены для показателя «36 shk. 8 класс» в группе «б) Прохладная» по отношению к группе «в) Теплая» (в среднем на 3,6; $P < 0,0001$); показателя «36 shk. 10 класс» в группе «б) Прохладная» по отношению к группе «в) Теплая» (в среднем на 3,7; $P < 0,0001$); показателя «24 shk. 6 класс» в группе «а) Низкая» по отношению к группе «в) Теплая» (в среднем на 3,0; $P < 0,0001$). Наиболее однородные распределения между тремя группами наблюдаются у следующих показателей: «36 shk. 6 класс», «42 shk. 8 класс» и «42 shk. 6 класс» ($P > 0,2785$).

По результатам проведенного анализа сравнения трех подгрупп группы «Температура» можно сделать вывод о том, что статистически значимое влияние переменной «Температура» наблюдается на показатели «24 shk. 6 класс», «36 shk. 10 класс», «36 shk. 8 класс».

Полученные результаты свидетельствуют о наличии отрицательной связи между значением температуры и частотой пропущенных занятий. И хотя эта зависимость выявлена не для всех школ и классов, это не исключает влияния низких температур на заболеваемость и, соответственно, число пропусков в обучении. Охлаждение организма, подавляя иммунную систему, создает благоприятные условия для внедрения патогенов через кожные и слизистые барьеры, а, значит, способствует росту заболеваемости. Выявлению данной зависимости могут мешать многочисленные интерферирующие факторы, включая метеорологические и экологические.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что показатель «Fmax» положительно слабо коррелирует с показателем «24 shk. 6 класс». Это значит, что чем больше значение показателя ««Fmax», тем больше значение показателя «24 shk. 6 класс».

Анализ соответствия числа пропущенных занятий и совокупности метеоданных подтвердил ряд зависимостей, определенных ранее методами Краскела-Уоллеса и Хи-квадрат. В частности, для 6 класса школы № 24 была подтверждена отрицательная зависимость между значением температур (средней, максимальной и минимальной), степенью солнечной активности и целевым показателем (числом пропусков в обучении). Также была подтверждена положительная связь целевых значений

со скоростью ветра и обнаружена корреляция ($p < 0,05$) с количеством осадков (Fmax). У восьмиклассников данного ОУ была отмечена положительная связь с максимальными уровнями атмосферного давления и величиной перепада давления за день. У обучающихся школы № 24 найдено больше всего корреляций пропусков занятий с метеоданными. Возможно, такая картина обусловлена тем, что школа находится в экологически благоприятной обстановке и отсутствуют существенные воздействия и помехи со стороны антропогенных факторов, которые могли исказить природные влияния. Таким образом, полученные для данного ОУ можно считать наиболее информативными в отношении влияния метеоданных.

Среди учеников школы № 36 основные значимые корреляции были зафиксированы у обучающихся 8 класса. Здесь также обнаружены отрицательные связи целевых значений с температурными показателями и положительные — с минимальным атмосферным давлением. Не исключено, что изучение показателей на более многочисленной популяции смогло бы выявить дополнительные зависимости. Образовательное учреждение № 36 расположена в экологически неблагоприятном районе и на результаты могли влиять другие факторы, помимо климатических.

Для шестиклассников 42-й школы наиболее характерной оказалась отрицательная корреляция между значениями атмосферного давления (максимального, минимального и дневного перепада) и количеством пропусков.

Выводы

В результате исследования выявлены основные климатические факторы, влияющие на заболеваемость детского и подросткового населения г. Петропавловска-Камчатского. Наибольшее влияние данные факторы оказывают на обучающихся МАОУ «Средняя школа № 24», данный факт вызван местоположением ОУ, т.к. циклонические явления оказывают на Южный район большую силу по сравнению с другими районами ПКГО. Выявлено различие по возрастным категориям. На обучающихся 10-классов в большей мере оказывают влияние V_{max} и $R(\text{sun})$, на восьмиклассников — F_{max} , T_{cp} , на учеников 6-х классов — T_{cp} и P_{cp} .

На обучающихся МАОУ «Средняя школа № 36, факторы в большей мере влияют на десяти- и восьмиклассников: T_{cp} , F_{max} , а также P_{cp} .

Наименьшее влияние, климатические факторы оказывают на учеников МАОУ «Средняя школа № 42». Достоверно установлена зависимость заболеваемости от факторов T_{cp} , F_{max} , у обучающихся 10-х классов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агапов Е. П. История социальной работы: учебное пособие для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 040400 — Социальная работа / Е. П. Агапов. — М.: Берлин: Директ-Медиа, 2015.
2. Айзман Р. И., Айзман Н. И., Рубанович В. Б., Лебедев А. В. Программа комплексной оценки здоровья студентов высших и средних учебных заведений. Регистрационное свидетельство № 0320801703 от 18 августа 2008 г. ФГУЦ НТЦ «Информреестр» № 12930.
3. Артемов В. В. Состояние и проблемы инновационного развития на примере Камчатского края // Труды Камчатского филиала Дальневосточного федерального университета. — Петропавловск-Камчатский, 2014. — Вып. 13. — С. 78–82.
4. Белых Т. В., Майрамян А. М. Интеграция формальнодинамических свойств в структуре индивидуальности у студентов с разным уровнем коммуникативной самоэффективности / Т. В. Белых А. М. Майрамян // Вестник СКФУ: научный журнал. — 2015. — № 2 (47). — С. 193–197.
5. Веремчук Л. В. Влияние природно-экологических условий на качество среды обитания человека в Приморском крае / Л. В. Веремчук, Б. И. Челнокова // ЗНиСО, 2014. — № 2. — С. 4.
6. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» по Камчатскому краю в 2014 году [Электронный ресурс] / сайт Управления федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Камчатскому краю. — 2015 Режим доступа: http://41.rospotrebnadzor.ru/c/journal/view_article_content?groupId=10156&articleId=256687&version=1.0.
7. Зайцева Н. В., Устинова О. Ю., Землянова М. А., профилактика заболеваний органов дыхания у детей в условиях воздействия химических факторов среды обитания // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья, № 2, 2014, с. 23–37.
8. Кику П. Ф., Ярыгина М. В., Горбукова Т. В. Влияние факторов среды обитания на здоровье детей и подростков в Приморском крае Эл. Журнал «Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья» № 3–2014 г.
9. Комарова Т. М., Суховеева А. Б. Социально-экономические проблемы сохранения здоровья населения на территории Еврейской автономной области // Медицинская экология. — 2015. -№ 6. — С. 222–225.
10. Николаенко Е. Н. Анализ неблагоприятных климатических и техногенных факторов г. Петропавловска-Камчатского Природа без границ: IX Международный экологический форум, 29–30 октября 2015 г., Владивосток, ВГУЭС: сборник итоговых материалов: в 2 ч. Ч. 2 / [отв. ред.: Т. С. Шивкова, С. С. Соловьев, Н. А. Овчинникова, В. Е. Ким]. — Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2015. С. 164–167.
11. Папаян А. В., Жукова Л. Ю. Анемии у детей: руководство для врачей. — СПб.: Питер, 2014. — 384 е. — ISBN5–272–00364–0.
12. Фусу Л. И. Продромы как лиминальное состояние: от здоровья к болезни. Фундаментальные аспекты психологического здоровья. Научный журнал, № 2 г. Москва, 2019 г.
13. Хижняк Ю. Ю., Особенности течения бронхиальной астмы в условиях муссонного климата Сахалина автореф. дис. . . канд. мед. наук: 14.00.43 / Хижняк Юлия Юрьевна — Благовещенск, 2014. — 24 с.
14. Шеповальников А. Н. О развитии системной стратегии обеспечения здоровья и сбережения нации / А. Н. Шеповальников, Д. Е. Мохов // Россия и современный мир. — 2014. — № 3. — С. 188–197.

© Николаенко Елена Николаевна (kamniki4@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ОПУХОЛЕВЫХ СУПРЕССОРОВ P53 И ARF НА РЕГУЛИРУЕМУЮ ИМИ АУТОФАГИЮ В КЛЕТКЕ

THE MUTUAL IMPACT OF TUMOR SUPPRESSORS P53 AND ARF ON THE AUTOPHAGY IN THE CELL THAT IS REGULATED BY THESE SUPPRESSORS

**A. Soloviev
A. Budina
T. Anaschenkova**

Summary. The article presents data on the mutual impact of tumor suppressors p53 and p14ARF on non-selective autophagy. Experiments on H1299 lung carcinoma cells and mouse embryonic fibroblasts (MEF) have shown that activation of nonselective autophagy by p14ARF tumor suppressor does not depend on p53 expression in the cell. The silencing of tumour suppressor p53 activates autophagy due to the induction of ARF.

Keywords: autophagy, tumor suppressor, p53ARF, p14ARF.

Соловьев Александр Семенович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»
Aleksolo46@yandex.ru*

Будина Анна Павловна

К.м.н., стажер-исследователь, Институт Вистар, Филадельфия, США

Анащенко Татьяна Александровна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»

Аннотация. В статье представлены данные о взаимном влиянии опухолевых супрессоров p53 и p14ARF на неселективную аутофагию. В экспериментах на клетках карциномы легких H1299 и эмбриональных фибробластах (MEF) мышей показано, что активация неселективной аутофагии опухолевым супрессором p14ARF не зависит от экспрессии p53 в клетке. Подавление экспрессии опухолевого супрессора p53 активирует аутофагию вследствие индукции ARF.

Ключевые слова: аутофагия, опухолевой супрессор, p53, p14ARF.

Актуальность проблемы

Аутофагия (от греческого «auto» — само и «phagein» — поглощать) — генетически запрограммированный катаболический процесс, при котором собственные компоненты клетки, включая макромолекулы и органеллы, доставляются к лизосомам для деградации. В обычных условиях это способствует обновлению органелл и поддержанию гомеостаза в клетке [23]. Однако в условиях недостатка питательных веществ в клетке аутофагия выступает в роли компенсаторного механизма, который обеспечивает клетку субстратом и энергией [22]. Голодание и широкий спектр стрессов резко индуцируют аутофагию, которая имеет решающее значение для выживания клеток и организма в этих условиях [7].

Процесс аутофагии в клетке тонко регулируется на генном уровне с включением в этот процесс многих белковых факторов [8, 10]. Дерегуляция аутофагии в настоящее время рассматривается как одна из ключевых особенностей, способствующих развитию опухоли [13, 16].

Данные литературы о взаимоотношении аутофагии и опухолевого роста свидетельствуют, что аутофагия в целом является сдерживающим фактором опухолевого роста [5, 23]. В тоже время показано, что аутофагия

подавляет образование опухоли на начальных этапах ее развития. На более поздних этапах опухолевого процесса аутофагия способствует дальнейшему развитию опухоли [1]. Это связано с тем, что аутофагия используется опухолевыми клетками как механизм выживания в стрессовых ситуациях, к которым относятся ограничение количества питательных веществ, гипоксия и т.д. [17].

Важное значение имеет раскрытие основных сигнальных путей, регулирующих аутофагию и, в то же время, контролирующих развитие опухоли [13]. В настоящее время изучается ряд белков — супрессоров опухоли в качестве важных регуляторов аутофагии, истощение или мутация которых способствует образованию опухоли. К таким опухолевым супрессорам относятся p53 и белковый продукт альтернативной рамки считывания локуса CDKN2A — p14ARF. Пути p53, ARF и аутофагии функционально переплетены и это имеет важное значение для стрессовых реакций, метаболизма и рака [1, 22].

Важную роль в процессе аутофагии играет ключевой белок — супрессор опухоли p53. Установлены модуляторные функции ядерного p53, направленные на активацию аутофагии. В тоже время физиологический уровень белка p53, локализованного в цитоплазме, оказывает ингибирующее действие на аутофагию [4, 19]. Генотоксический стресс или активация онкогенов, сопрово-

ждающиеся активацией p53 в ядре клетки, стимулируют аутофагию [1]. Вместе с тем накапливаются данные, что дефицит p53 в цитоплазме клетки активирует аутофагию [2, 4]. Показано, что гипоксия и голодание запускают протеосомную деградацию p53 в цитоплазме, необходимую для активации аутофагии в клетках, переживающих различные виды стресса [17]. Таким образом, экспериментальные данные убедительно свидетельствуют, что p53 может выступать как активатор, так и ингибитор аутофагии в зависимости от его субклеточной локализации. Это имеет особое значение, так как дефицит p53 или мутантные варианты p53, накапливающиеся в цитоплазме опухолевых клеток, способствуют активации аутофагии и прогрессированию опухоли [11, 18].

Супрессор опухоли человека p14ARF, который незначительно экспрессируется в нормальных клетках, но экспрессируется в опухоли, также обладает способностью контролировать аутофагию, проявляя супрессивное действие на опухоль [3, 15]. Причем способностью индуцировать аутофагию обладает как полноразмерный белок — супрессор p14ARF, так и его укороченная форма [20]. В настоящее время хорошо изучена основная функция ARF в клеточном цикле, которая сводится к стабилизации опухолевого супрессора p53, что приводит к активации p53-опосредованного апоптоза или блокады клеточного цикла [1, 13]. С другой стороны показано, что p53 транскрипционно подавляет ARF, а опухолевые клетки с мутацией p53 часто экспрессируют высокие уровни ARF [1]. В последние годы широко исследуются независимые от p53 функции ARF как в нормальных, так и злокачественных опухолевых клетках [3, 9, 21, 24]. В тоже время недостаточно изучены вопросы взаимного влияния p53 и ARF в индукции аутофагии. В связи с этим нами предпринята попытка рассмотреть некоторые механизмы такого влияния p14ARF и p53 в активации неselectивной аутофагии.

Цель исследования

Целью исследования явилось изучение взаимного влияния экспрессии опухолевых супрессоров ARF и p53 на регулируемую ими аутофагию.

Материалы и методы

В работе использована клеточная линия карциномы легких H1299 и эмбриональные фибробласты (MEF) мышей дикого типа (wt MEF) и с полной делецией гена ARF (arf^{-/-}). Для нокдауна генов TP53 и ARF в клетках использовали ретровирусные векторы, экспрессирующие малые интерферирующие РНК (short hairpin RNA) [15, 19]. Для получения полноразмерной и укороченной формы p14ARF использовали клетки опухоли поджелудочной железы Саран 2. На основе мРНК, выделенной из клеток

Саран 2, получали кДНК p14ARF полноразмерной формы ARF(1–173). Используя полученную кДНК в качестве матрицы, с помощью полимеразной цепной реакции и специфических праймеров была генерирована укороченная форма ARF (42–173). Полноразмерную и укороченную формы ARF клонировали в плазмиду pGEM-I Easy (pGEM-I Easy Vector System, Promega, США). Полученные векторы трансфецировали в клетки карциномы легких H1299 для создания двух различных клеточных линий. Чтобы добиться регулируемой экспрессии генов для каждого варианта ARF (1–173, 42–173) были созданы клеточные линии карциномы H1299, содержащие тетрациклин-регулируемую систему экспрессии генов. Инкубация клеток в присутствии доксициклина приводит к повышению экспрессии гена белка ARF, что облегчает изучение этого опухолевого супрессора [6, 14]. Экспрессию исследуемых белков в клеточных лизатах определяли методом Вестерн-блоттинга с использованием соответствующих антител к белкам. Активность аутофагии оценивали по уровню белков LC3 и p62. Активация аутофагии приводит к деградации адаптора аутофагии белка p62 и смещению соотношения между белками LC3-I и LC3-II в сторону повышения LC3-II. В этой связи белки p62 и LC3 являются хорошими маркерами для изучения динамики процесса аутофагии [12, 25]. Уровень аутофагии определяли также методом иммуноцитофлуоресцентного анализа. С этой целью клетки H1299 трансфецировали плазмидой GFP-LC3, кодирующей зеленый флуоресцентный белок GFP (Green Fluorescent protein), слитый с белком аутофагосом LC3. При активации аутофагии белок LC3 накапливается в аутофагосомах, что приводит к накоплению GFP в цитоплазматических вакуолях-аутофагосомах. Формирование аутофагосом анализировали с помощью конфокальной микроскопии. Скопление аутофагосом в клетках исследовали и методом трансмиссивной электронной микроскопии с расчетом среднего значения аутофагосом в клетке. Статистическую достоверность различий оценивали путем расчета *t* критерия Стьюдента в программе SigmaProt V.10. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Для изучения возможного влияния p53 на ARF-опосредованную аутофагию была исследована способность ARF индуцировать аутофагию при отсутствии p53 в клетке. С этой целью были использованы клетки аденокарциномы легких человека H1299, в которых белок p53 отсутствует. В связи с тем, что в обычных условиях уровень ARF в клетках низок, мы предварительно в клетки карциномы H1299 трансфецировали векторы экспрессии полноразмерного белка ARF человека (1–173) и укороченной формы ARF (42–173) для создания клеточных линий с доксициклин-регулируемой экспрессией генов ARF.

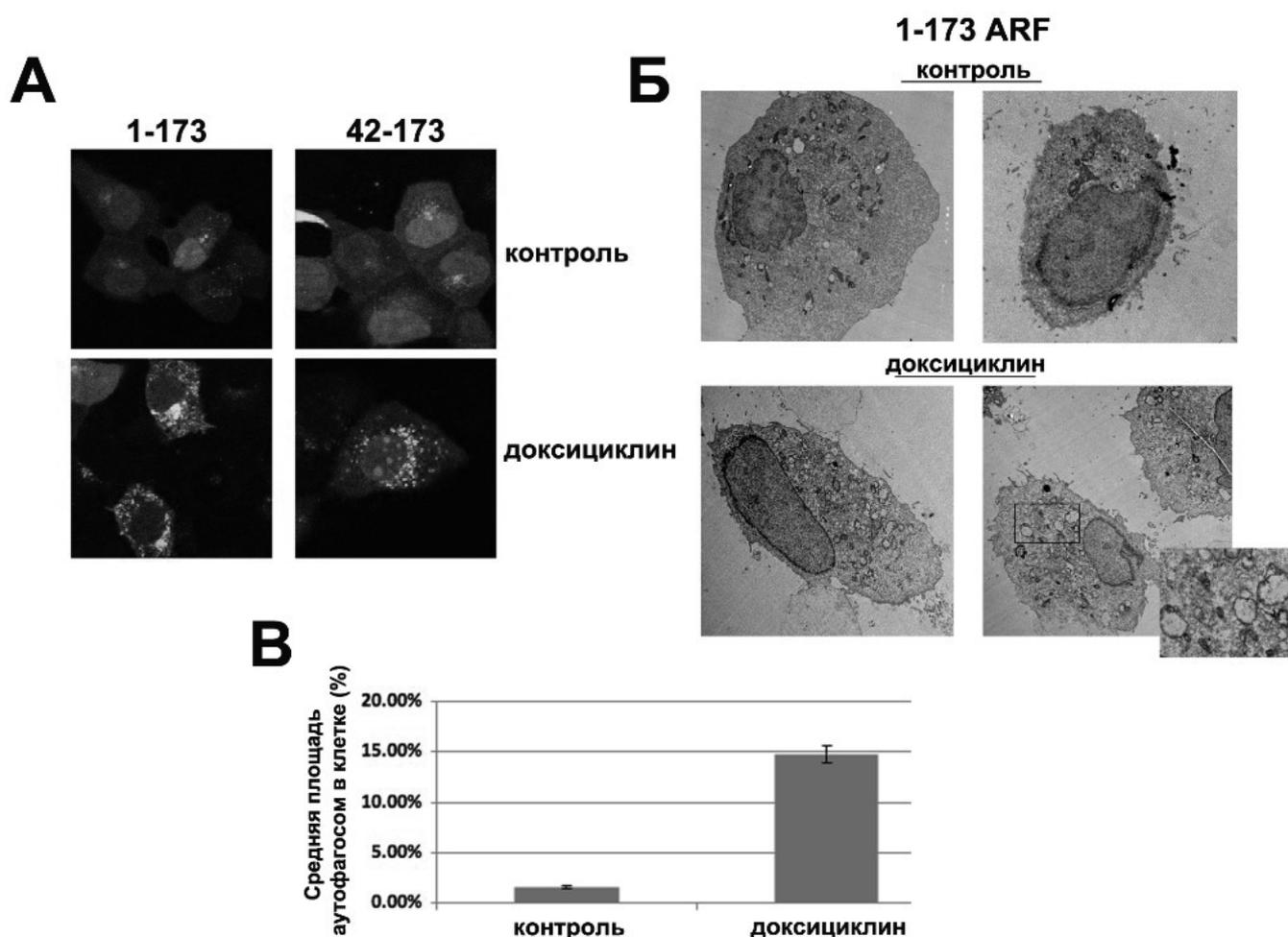


Рис. 1. Определение уровня аутофагии в клетках H1299 до и после индукции ARF доксициклином.

Для выявления аутофагии исследовали накопление аутофagosом в клетках H1299. С этой целью клетки трансфицировали вектором GFP-LC3, содержащим белок аутофagosом LC3 с зеленой меткой GFP. С использованием конфокальной микроскопии было выявлено, что активация обеих форм ARF доксициклином в клетках H1299 стимулировала накопление GFP-LC3 позитивных вакуолей, что характерно для аутофагии (рис. 1А). При электронной микроскопии установлено, что экспрессия 1–173 и 42–173 ARF в клетках H1299 увеличивало число двумембранных аутофagosом в цитоплазме клеток, что подтверждает ARF-опосредованный характер аутофагии (рис. 1Б). Средняя площадь аутофagosом в каждой клетке возросла примерно в 5 раз по сравнению с контрольными не стимулированными доксициклином клетками (рис. 1В).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что отсутствие p53 в клеточной линии H1299 не влияет на способность ARF к активации аутофагии. Активация неселективной аутофагии опухолевым су-

прессором p14ARF не зависит от экспрессии p53 в клетке.

Чтобы доказать, что аутофагия при подавлении экспрессии p53 опосредована именно белком ARF в следующей серии экспериментов мы получили эмбриональные фибробласты (MEF) от мышей дикого типа (wt MEF) и от мышей с полной делецией гена ARF (arf -/-). Затем в MEF дикого типа и arf -/- MEF блокировали экспрессию гена TP53 с помощью специфической для него малой интерферирующей РНК. С этой целью клетки инфицировали ретровирусом, экспрессирующим короткую шпильку shPHK (short hairpin RNA).

Нокдаун гена TP53 в MEF дикого типа вызвал повышение экспрессии ARF и активировал деградацию p62, что свидетельствует об активации аутофагии. Однако нокдаун гена TP53 в клетках с отсутствием ARF не приводил к индукции аутофагии (рис. 2А). Подобные результаты при исследовании влияния нокдауна гена TP53 на индукцию аутофагии в wtMEF и arf -/- были получены при

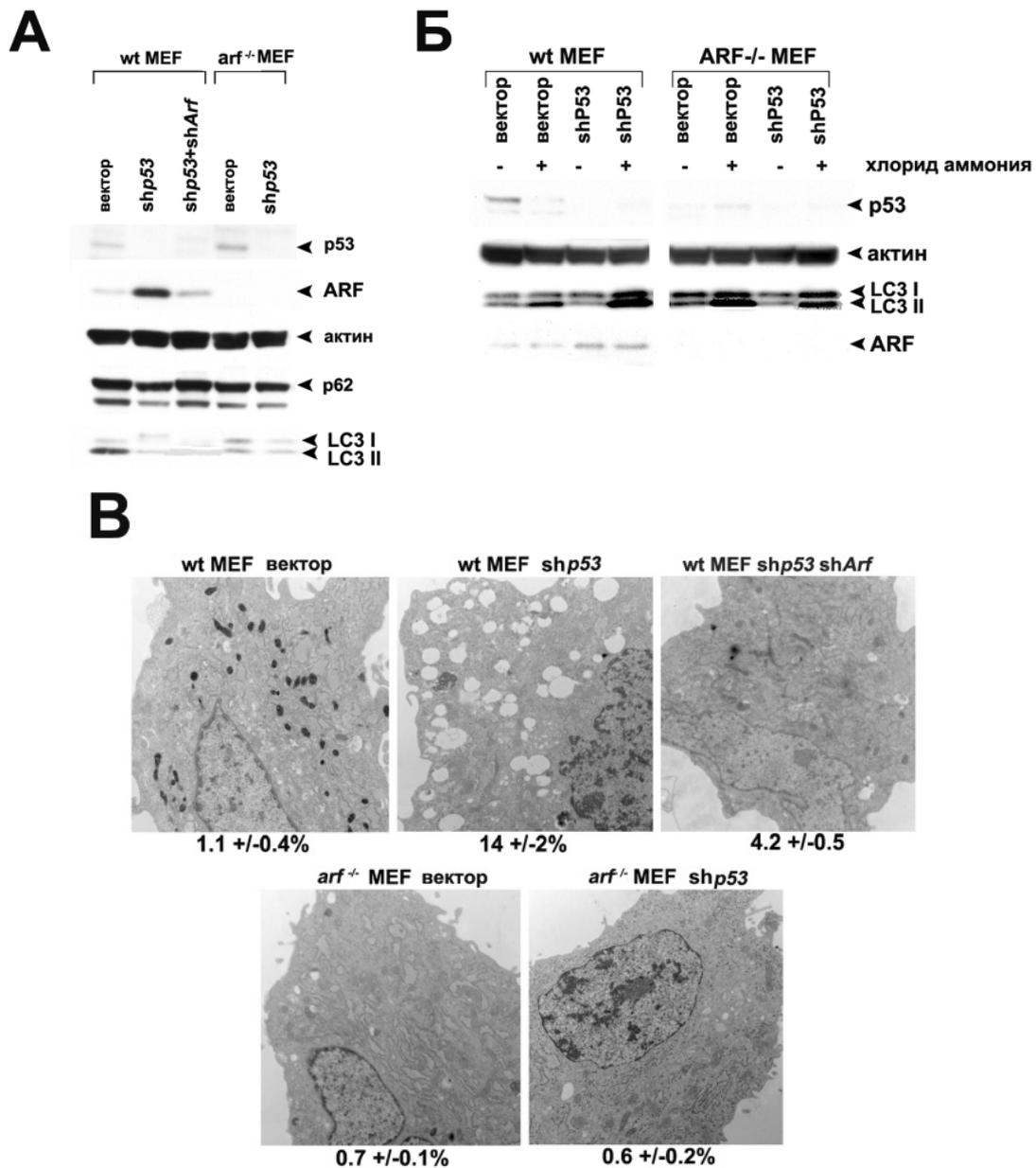


Рис. 2. Исследование влияния экспрессии p53 на ARF — опосредованную аутофагию.

изучении накопления LC3-II. Так как соотношение LC3-I и LC3-II не всегда отражает истинный уровень аутофагии, мы измерили уровень изоформы LC3-II в клетках в присутствии или отсутствии ингибитора лизосом NH₄Cl. Нокдаун гена TP53 в MEF дикого типа в присутствии ингибитора сопровождался значительной аккумуляцией LC3-II (рис. 2Б). Это указывало на то, что ARF активировал продукцию LC3-II (а значит и аутофагию) до того, как деградация белка лизосомами была заблокирована. Однако нокдаун гена TP53 в клетках с отсутствием ARF и инкубированных в присутствии хлорида аммония не показал дополнительного увеличения содержания изоформы LC3-II (рис. 2Б).

Результаты по исследованию уровня маркеров аутофагии белков p62 и LC3-II в клетках дикого типа и arf^{-/-} при нокдауне гена TP53 согласовались с данными электронной микроскопии. Электронная микроскопия выявила образование аутофагосом в wtMEF после блокирования экспрессии p53, чего не наблюдалось в arf^{-/-} MEF (рис. 2В). Более того, деградация p62 и аккумуляция аутофагосом полностью прекращалась при одновременном нокдауне генов TP53 и ARF в нормальных MEF. Полученные результаты явствуют, что подавление экспрессии опухолевого супрессора p53 активирует неселективную аутофагию вследствие индукции ARF, по крайней мере, в эмбриональных фибробластах мыши.

Заключение

На основании проведенных экспериментов по оценке взаимного влияния опухолевых супрессоров p53 и ARF на регулирующую ими аутофагию можно конста-

тировать, что активация неселективной аутофагии опухолевым супрессором p14ARF не зависит от экспрессии p53 в клетке. Подавление экспрессии опухолевого супрессора p53 активирует аутофагию вследствие индукции ARF.

ЛИТЕРАТУРА

- Balaburski G.M., Hontz R. D., Murphy M. E. p53 and ARF: unexpected players in autophagy // *Trends Cell Biol.* — 2010. — № 20 (6). — P. 363–369.
- Comel A., Sorrentino G., Capaci V., et al. The cytoplasmic side of p53's oncosuppressive activities // *FEBS Lett.* — 2014. — № 588 (16). — P. 2600–2609.
- Fontana R., Vivo M. Dynamics of p14 ARF and focal adhesion kinase-mediated autophagy in cancer // *Cancers.* — 2018. — № 10. — P. 221.
- Green D.R., Kroemer G. Cytoplasmic functions of the tumour suppressor p53 // *Nature.* — 2009. — № 458. — P. 1127–1130.
- Han J., Goldstein L. A., Lu C., et al. Involvement of protective autophagy in TRAIL resistance of apoptosis-defective tumor cells // *Biol. Chem.* — 2008. — № 283. — P. 19665–19677.
- Humbey O, Pimkina J, Zilfou JT, et. al. The ARF tumor suppressor can promote the progression of some tumors // *Cancer Res.* — 2008. — № 68 — P. 9608–9613.
- Karsli-Uzunbas G, Guo JY, Price S., et al. Autophagy is required for glucose homeostasis and lung tumor maintenance // *Cancer Discov.* — 2014. — № 4 (8). — P. 914–927.
- Kenzelmann Broz D, Spano Mello S, Biegging KT, et al. Global genomic profiling reveals an extensive p53-regulated autophagy program contributing to key p53 responses // *Genes Dev.* — 2013. — № 27 (9). — P. 1016–1031.
- Kotsinas A, Papanagnou P, Evangelou K., et al. ARF: a versatile DNA damage response ally at the crossroads of development and tumorigenesis // *Front Genet.* — 2014. — 5:236.
- Mizushima N, Komatsu M. Autophagy: renovation of cells and tissues // *Cell.* — 2011. — № 147 (4). — P. 728–741.
- Morselli E., Tardemir E., Maiuri M. C., et. al. Mutant p53 protein localized in the cytoplasm inhibits autophagy // *Cell Cycle.* — 2008. — № 7 (19). — P. 3056–61.
- Moscat J., Karin M., Diaz-Meco M.T. P62 in cancer: signaling adaptor beyond autophagy // *Cell.* — 2016. — № 167 (3). — P. 606–609.
- Mrakovic M., Frohlich L. F. P53-mediated molecular control of autophagy in tumor cells // *Biomolecules.* — 2018. — № 8 (14).
- Pimkina J., Murphy M. E. ARF, autophagy and tumor suppression // *Autophagy.* — 2009. — № 5 (3). — P. 397–399.
- Pimkina J., Humbey O., Zilfou J. T., et al. ARF induces autophagy by virtue of interaction with Bcl-xl // *Journal of biological chemistry.* — 2009. — № 5 (284). — P. 2803–2810.
- Singh SS, Vats S, Chia AY., et al. Dual role of autophagy in hallmarks of cancer // *Oncogene.* — 2018. — № 37 (9). — P. 1142–1158.
- Tasdemir E., Maiuri M. C., Galluzzi L., et al. Regulation of autophagy by cytoplasmic p53 // *Nat Cell Biol.* — 2008. — № 10 (6). — P. 676–687.
- Tasdemir E., Maiuri M. C., Orhon I., et al. P53 represses autophagy in cell cycle-dependent fashion // *Cell Cycle.* — 2008. — № 7 (19). — P. 3006–3011.
- Tasdemir E., Maiuri M. C., Morselli E., et al. A dual role of p53 in the control of autophagy // *Autophagy.* — 2008. — № 4 (6). — P. 810–814.
- Ueda Y., Koya T., Yoneda-Kato N., et. al. Small mitochondrial ARF (smARF) is located in both the nucleus and cytoplasm, induces cell death, and activates p53 in mouse fibroblasts // *FEBS Lett.* — 2008. — № 582. — P. 1459–1464.
- Vivo M, Fontana R, Ranieri M, et al. P14 ARF interacts with the focal adhesion kinase and protects from anoikis // *Oncogene.* — 2017. — № 6 (4). — P. 4913–4928.
- White E. Autophagy and p53 // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine.* — 2016. — № 6 (4).
- White E. The role for autophagy in cancer // *The journal of Clinical Investigation.* — 2015. — № 125 (1). — P. 42–46.
- Zhao R., Choi B. Y., Lee M. H., et al. Implications of genetic and epigenetic alterations of CDKN2A [p16 INK4a] in cancer // *EBioMedicine* — 2016. — № 8. — P. 30–39.
- Zhang H.M., Li S. P., Yu Y., et. al. Bi-directinal roles of IRF-1 on autophagy diminish its prognostic value as compared with Ki 67 in liver transplantation for hepatocellular carcinoma // *Oncotarget.* — 2016. — № 7 (25). — P. 37979–37992.

© Соловьев Александр Семенович (Aleksolo46@yandex.ru), Будина Анна Павловна, Анащенко Татьяна Александровна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕЙРОНОВ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ БЕЛЫХ КРЫС

A STUDY OF THE HISTOLOGICAL AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF NEURONS OF THE MOTOR PATHWAYS IN THE ALBINO RATS

**O. Shubina
N. Dudenkova
M. Egorova
O. Komusova
O. Kirdyashkina**

Summary. It is known that the regulation of movements is associated with pyramidal neurons of the V layer of the cerebral cortex, axons of which form a pyramidal pathway. In the motor cortex begins, and extrapyramidal system which includes the cerebellum [1, 2].

The study is devoted to histological and morphometric study of pyramidal neurons and Purkinje cells of the motor pathways of the brain of white rats. It is shown that in rats the numerical density of pyramidal neurons of the inner pyramidal layer of the motor cortex (field M1) exceeds the numerical density of these cells of the sensory-motor cortex (field Sml) and Purkinje cells of the ganglionic layer of the cerebellum cortex. At the same time, the area of the cerebellum cortex Purkinje cells is much larger than the area of pyramidal neurons of the motor cortex (field M1) and pyramidal neurons of the sensorimotor cortex (field Sml).

Keywords: morphometry, pyramidal neurons, Purkinje cells, sensorimotor cortex.

Шубина Ольга Сергеевна

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

Дуденкова Наталья Анатольевна

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

Егорова Марина Владимировна

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

Комусова Ольга Ивановна

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

Кирдяшкина Ольга Викторовна

Старший лаборант, ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Мордовский государственный
университет имени Н. П. Огарева» (г. Саранск)
sigma.ov@yandex.ru

Аннотация. Известно, что регуляция движений связана с пирамидными нейронами V слоя коры больших полушарий, аксоны которых образуют пирамидный путь. В моторной коре начинается, и экстрапирамидная система, в которую входит мозжечок [1, 2].

Исследование посвящено гистологическому и морфометрическому изучению пирамидных нейронов и клеток Пуркинье двигательных путей головного мозга белых крыс. Показано, что у крыс численная плотность пирамидных нейронов внутреннего пирамидного слоя моторной зоны коры (поле M1) превышает численную плотность данных клеток сенсомоторной зоны коры (поле Sml) и клеток Пуркинье ганглионарного слоя коры мозжечка. В тоже время площадь клеток Пуркинье коры мозжечка значительно больше площади пирамидных нейронов моторной зоны коры (поле M1) и пирамидных нейронов сенсомоторной коры (поле Sml).

Ключевые слова: морфометрия, пирамидные нейроны, клетки Пуркинье, сенсомоторная кора.

Введение

Пирамидный двигательный путь начинается аксонами пирамидных клеток лобной доли коры больших полушарий и внутреннего пирамидного слоя клеток переднетеменной коры. Часть аксонов проводит условные нервные двигательные импульсы, обеспечивающие контроль за работой мускулатуры туловища, верхних и нижних конечностей во время совершения точных дифференцированных движений. Кроме того, данный путь осуществляет тормозные импульсы от корковых центров к эфферентным путям спинного мозга.

Второй путь — экстрапирамидная система не проходит через пирамидную систему, но, тем не менее, регулирует и контролирует движения. Соответственно, это часть двигательной системы. Нейронная сеть этого пути формируется в таких частях головного мозга, как Варолиев мост заднего мозга и продолговатый мозг, завершается на передних рогах спинного мозга. Есть доказательства того, что на работу экстрапирамидной системы влияет кора больших полушарий и мозжечок [3, 4]. Экстрапирамидные пути проводят безусловные рефлексы, участвующие в управлении движениями, регулируют тонус скелетных мышц, отвечают за равновесие.

Цель выполнения исследования

Получение новых данных о гистологическом и морфометрическом состоянии пирамидных нейронов внутреннего пирамидного слоя моторной зоны коры (поле M1) и пирамидных нейронов сенсомоторной коры (поле Sml), а так же клеток Пуркинье ганглионарного слоя коры мозжечка самцов белых крыс.

Материал и методы

Эксперимент проводился на 20 беспородных половозрелых самцах белых крыс. Согласно приказа № 267 РФ от 19.06.2003 г. об обеспечении принципов гуманного обращения с животными, декапитация проводилась под эфирным наркозом. Головной мозг животных фиксировался в формалине, после чего заключался в парафин, а затем готовили срезы толщиной 5–7 мкм (на уровне — 3,0 и –12,0 мм от брегмы), и окрашивали стандартным методикам [5]. Анализ численной плотности нейронов и их площади проводили с использованием микроскопа Axio Imager.M2 (ZEISS, Япония) с программным обеспечением для анализа изображений AxioVision SE64 Rel. 4.8.3 и ZEN2011, с последующей обработкой изображения в Adobe Photoshop Elements 11. Разрешение полученных изображений 1280×1024 пикселей. Идентификацию зон мозга осуществляли при помощи атласа G. Paxinos и C. Watson [6]. Измерение площади и плотности проводи-

ли только клеток с видимым ядрышком при увеличении об. 100 × ок. 10. Вычисление плотности нейронов приведено в 0,001 мм веществе мозга, при рамке поля зрения микроскопа H= 0,13 мм, W=0,26 мм и объеме одного поля зрения V=0,0002 мм³, с учетом поправки Абберкромби [7]. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики учитывая уровень значимости $p \leq 0,05$ [8].

Результаты и обсуждение

Исследование показало, что V слой лобной доли коры больших полушарий белых крыс состоит из многочисленных клеток пирамидной формы, превышающих визуально размеры пирамидных нейронов V слоя сенсомоторной коры. Пирамидные нейроны внутреннего пирамидного слоя моторной зоны коры белых крыс (поле M1) и аналогичного слоя сенсомоторной коры (поле Sml) содержали большое количество нормохромных нейронов. Нейроциты имели округлую форму с хорошо окрашенной цитоплазмой и ядром. Темноокрашенное ядро занимало большую часть тела клетки (рис. 1).

Средний слой коры мозжечка образован клетками Пуркинье, имеющими грушевидную форму, которые выстроены в один ряд над наружным молекулярным слоем и ориентированы вертикально по отношению к поверхности коры мозжечка. Ядра светлые, округлые, содержали базофильное ядрышко, расположенное в центре. Цитоплазма клетки имела крупнозернистую структуру. Среди нейронов коры мозжечка преобладал нормохромный тип нейронов (рис. 2).

Морфометрические исследования выявили разнонаправленные показатели плотности и площади пирамидных нейронов моторной (поле M1), сенсомоторной (поле Sml) зон коры больших полушарий и клеток Пуркинье коры мозжечка белых крыс (табл. 1). Морфометрия нейронов проводилась только на участках коры головного мозга и коры мозжечка, содержавших типичные нормохромные нейроны. Установлено, что в сенсомоторной зоне коры больших полушарий (поле Sml) общая численная плотность нейронов была статистически ниже общей численной плотности нейронов моторной зоны (M1) на 42% ($p \leq 0,05$). Общая численная плотность клеток Пуркинье была меньше общей численной плотности пирамидных клеток моторной зоны (M1) на 17% ($p \leq 0,05$).

Площадь пирамидных клеток поля Sml была на 20% меньше площади пирамидных клеток поля M1 ($p \leq 0,05$). Площадь клеток Пуркинье коры мозжечка превышала площадь пирамидных клеток поля M1 на 60% ($p \leq 0,05$) (табл. 1).

Полученные в ходе гистологического и морфометрического исследования данные позволяют углубить

Таблица 1. Морфометрические показатели нейронов моторной и сенсомоторной зон коры больших полушарий и клеток Пуркинье коры мозжечка

Участки головного мозга	Плотность клеток (на 0,001 мм ³ вещества мозга)	Площадь клеток (мкм ²)
V слой коры больших полушарий внутреннего пирамидного слоя моторной зоны коры (поле M1)	52,23±4,35	62,46±5,13
V слой коры больших полушарий сенсомоторной зоны переднетеменной доли коры (поле SmI)	30,50±3,22*	49,93±3,96*
Клетки Пуркинье коры мозжечка	43,13±2,18*	102,00±3,91*

Примечание: * — различия статистически значимы в сравнении с полем M1 при $p \leq 0,05$.

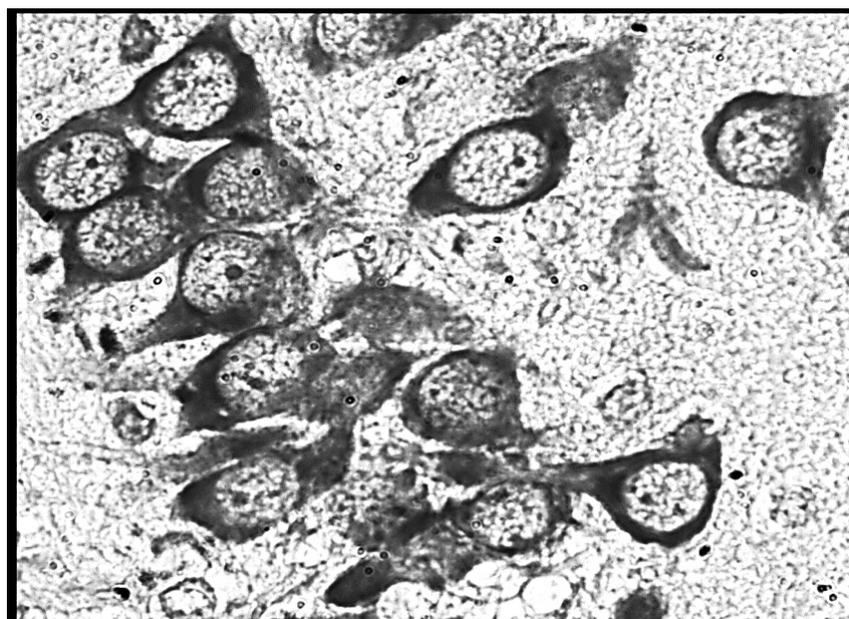


Рис. 1. Пирамидные нейроны в слое V сенсомоторной коры белых крыс. Окраска гематоксилин-эозин. Об. 100 × ок. 10.

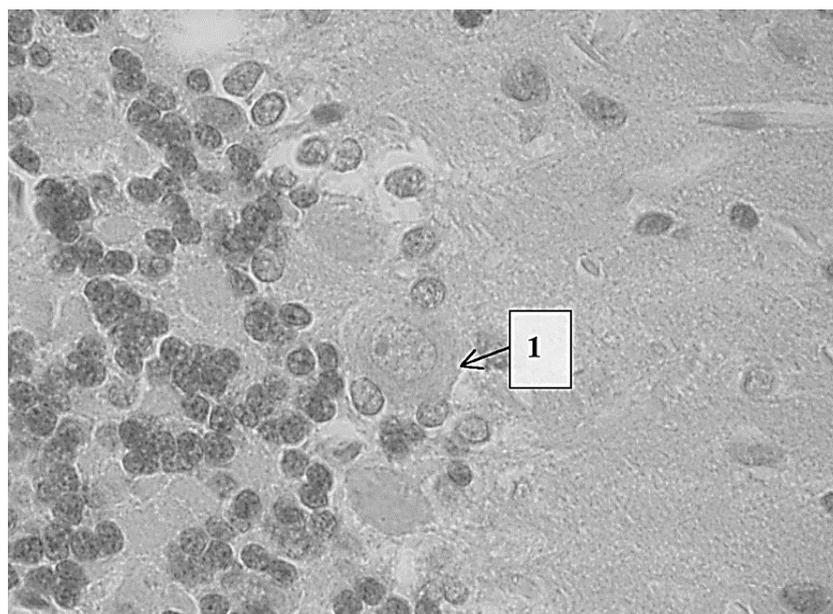


Рис. 2. Слой клеток грушевидных нейроцитов коры мозжечка головного мозга белых крыс: 1 — клетки Пуркинье. Окраска крезильовым фиолетовым по Нислю. Об. 100 × ок. 10.

понимание структурно-функциональных особенностей пирамидных нейронов моторной и сенсомоторной зон коры полушарий и клеток Пуркинье коры мозжечка, являющимися нейронами пирамидных и экстрапирамидных путей двигательной активности у млекопитающих.

Выводы

1. Морфологическое исследование моторной, сенсомоторной зон коры больших полушарий и клеток Пуркинье коры мозжечка белых крыс показало различие их морфологического и морфометрического строения.

2. Для моторной зоны коры больших полушарий (поле М1) выявлена высокая плотность пирамидных клеток, превышающая плотность пирамидных клеток сенсомоторной зоны коры больших полушарий (поле Sml) и клеток Пуркинье ганглионарного слоя коры мозжечка.

3. Площадь клеток Пуркинье коры мозжечка достоверно выше площади гигантских пирамидных клеток моторной зоны коры (поле М1).

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

ЛИТЕРАТУРА

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

© Шубина Ольга Сергеевна (o.shubina@mail.ru), Дуденкова Наталья Анатолиевна (dudenkova_nataly@mail.ru),
Егорова Марина Владимировна (egorowa.marina@mail.ru), Комусова Ольга Ивановна (timoshkina03@mail.ru),
Кирдяшкина Ольга Викторовна (sigma.ov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева

РАЗВИТИЕ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМОКАЛИЕВЫХ КВАСЦОВ

DEVELOPMENT OF POTENTIALS FOR THE USE OF ALUMINA ALUM

V. Adamyan
E. Andreeva
G. Sergeeva

Summary. The article discusses the possibility of using aluminum-potassium alum in various areas of the economy such as food, textile, paper industry. Aluminum-potassium alum is widely used in cosmetology and medicine. Based on aljumokalievyh alum developed methods of obtaining hemostatic — styptic matches — where on the surface of skin has an antiseptic effect with an instant insulation cuts and abrasions of the polypeptide film.

The study of the kinetics of dehydration and desulfurization of aluminum alum allowed to use them in the methods of composing the composite composition of the extinguishing powder, which includes aluminum alum. Currently, the behavior of powder components is at the stage of studying the mechanism of their behavior in the firing system.

Keywords: aljumokalievyh alum, a hemostat, styptic match, composite structure, fire-extinguishing powder.

Адамян Владимир Лазаревич

*К.т.н., доцент, Донской государственный
технический университет, г. Ростов-на-Дону
Vla1345@yandex.ru*

Андреева Елена Сергеевна

*Д.г.н., доцент, Донской государственный
технический университет, г. Ростов-на-Дону*

Сергеева Галина Александровна

*К.г.н., доцент, Донской государственный
технический университет, г. Ростов-на-Дону*

Аннотация. В статье рассматриваются возможности использования алюмокалиевых квасцов в различных областях народного хозяйства таких как пищевая, текстильная, бумажная промышленности. Широкое применение находят алюмокалиевые квасцы в косметологии, медицине. На основе алюмокалиевых квасцов разработаны методы получения гемостатического средства — кровоостанавливающих спичек, — при использовании которых на поверхности кожи оказывается антисептическое действие с мгновенной изоляцией порезов и ссадин полипептидной пленкой.

Изучение кинетики дегидратации и десульфуризации алюмокалиевых квасцов позволило использовать их в методах составления композитного состава огнетушащего порошка, в состав которого включены алюмокалиевые квасцы. В настоящее время поведение компонентов порошка находится на стадии изучения механизма их поведения в огневой системе.

Ключевые слова: алюмокалиевые квасцы, гемостатическое средство, кровоостанавливающая спичка, композитный состав, огнетушащий порошок.

В современной формации государства выделяются управленческие, экономические и технические инновации.

Суть управленческих инноваций характеризуется новыми административными процессами и организационными структурами.

Экономическая формация тесно связана с общественной, поэтому справедливо рассматривать не отдельной взятую экономическую, а общественно-экономическую формацию, характеризующуюся определенным инновационным способом производства.

Отсюда вытекает, что техническая инновация является следствием двух предыдущих и вызывает технические и экономические изменения.

В постиндустриальный период развитие технологий значительно изменило наш образ жизни и стиль общения. Инновационные технологии в медицине появляются

с небывалой скоростью, открываются новые патенты на изобретения. Например, алюмокалиевые квасцы, возможности применения которых далеко не исчерпаны.

Алюмокалиевые квасцы используются в пищевой промышленности в качестве регулятора кислотности, стабилизатора, в текстильной промышленности для производства огнестойких тканей, а также для крашения тканей, в кожевенной отрасли для дубления кожи, в бумажной промышленности для проклейки бумаги писчих сортов [1].

Способность алюмокалиевых квасцов поглощать влагу используется в борьбе с повышенной потливостью, уменьшая патогенную микрофлору.

Алюмокалиевые квасцы являются одним из компонентов многих лекарственных препаратов. Одним из последних и интересных работ с алюмокалиевыми квасцами является изобретение кровоостанавливающих спичек [2]. Изобретение разработано автором данной

Таблица 1. Оптимальный состав кровоостанавливающих спичек

Компоненты смеси	Масса, г.
Натрия хлорид	0,58–0,71
ε-аминокапроновая кислота	2,14–3,25
Вода очищенная	60,93–73,98
Алюмокалиевые квасцы	19,65–32,84
Ланолин	1,77–2,93

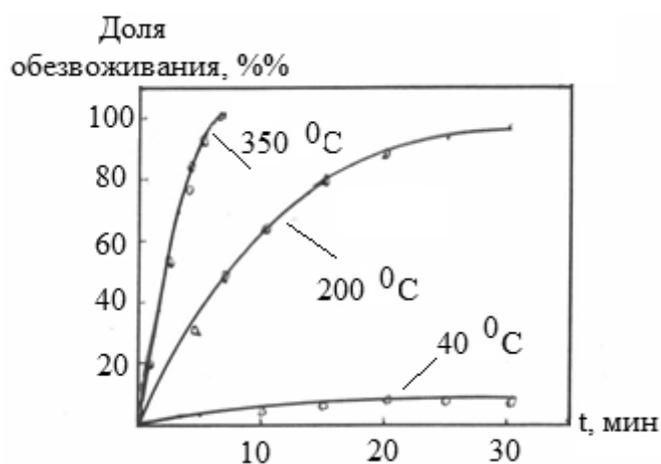


Рис. 1. Кинетические кривые дегидратации алюмокалиевых квасцов при различных температурах

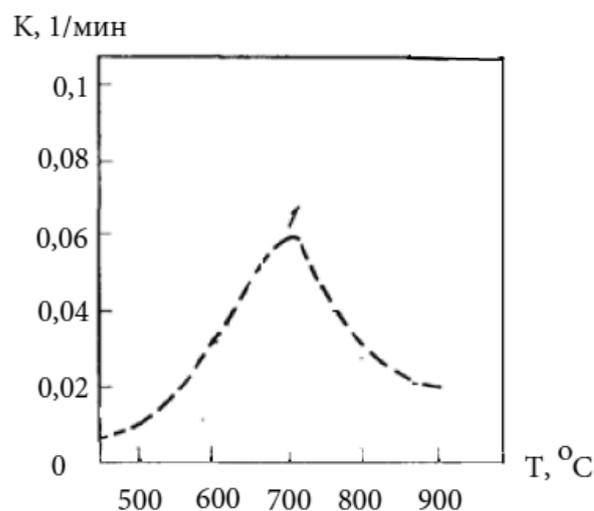


Рис. 2. Кинетическая кривая десульфуризации алюмокалиевых квасцов в инертной атмосфере

статьи и относится к химико-фармацевтической промышленности. В работе приводится способ получения гемостатического средства для использования при малых порезах на основе алюмокалиевых квасцов, с дополнительным составом, включающим в себя хлорид натрия, ε-аминокапроновую кислоту, воду дистиллированную или очищенную, а также ланолин. В отличие от кровоостанавливающего карандаша, спичка одноразовая и не вызывает аллергии и каких-либо посторонних ощущений жжения.

При малых порезах спичка смачивается водой и проводится по раненной поверхности. При этом алюмокалиевые квасцы действуют на поверхности кожи как антисептическое средство, ε-аминокапроновая кислота в процессе поликонденсации образует на поверхности кожи полипептидную пленку, герметизирующую порез. Хлорид натрия в расчетном количестве в дистиллированной воде образует физиологический раствор, осмотическое давление которого равно осмотическому давлению крови.

Экспериментальные данные показывают, что наиболее оптимальным является состав, представленный в таблице 1.

Ланолин в данном составе выполняет роль водоотнимающего агента, при этом, как видно структурная сопротивляемость спички плотная и время сушки составляет 2 часа, за счет чего увеличивается суточный объем продукции.

Не меньший интерес представляет возможность использования алюмокалиевых квасцов в пожарном деле [3, 4].

В основе причин использования алюмокалиевых квасцов лежат их физико-химические свойства.

Основой природных алюмокалиевых квасцов — алуниита — является калий. Алюмокалиевые квасцы представляют полупрозрачные кристаллогидраты $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$ с температурой плавления $92^\circ C$.

Кинетические кривые дегидратации алюмокалиевых квасцов при температурах 40 °С, 200 °С и 350 °С приведены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, даже при 200 °С дегидратация осуществляется на 97%. Полная дегидратация достигается при температуре 350 °С течение 10 минут. Далее протекает разложение сульфата алюминия (рис. 2).

Полная десульфуризация алюмокалиевых квасцов в инертной атмосфере достигается при температуре 900 °С. Дальнейший разогрев системы приводит к незначительному (до 6%) образованию алюмината. Эти физико-химические свойства алюмокалиевых квасцов

явились основой для разработки композитного состава огнетушащего порошка, обладающего высокими эксплуатационными характеристиками.

Для придания порошкам высокой текучести и снижения склонности к слеживанию проведены работы в двух параллельных направлениях: процессы измельчения и механохимическое унифицирование. Такие композитные смеси позволяют быстро ингибировать пламя за счет торможения диффузии кислорода в зону горения. В настоящее время огнетушащий порошок, в состав которого включены алюмокалиевые квасцы, находится на стадии изучения механизма поведения компонентов порошка в огневой системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лидин Р.А., Молочко В. А., Андреева Л. Л. Химические свойства неорганических веществ. Химия, М., 2000, 480 с.
2. Кровоостанавливающая спичка: Патент Ru 2 501 556 С1/ В. Л. Адамян, Шестоперова Н. А., Анисимова Н.Б; заявл. 06.10.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11.
3. Адамян В.Л. Порошковое огнетушение продуктов органического синтеза и нефтепереработки /Адамян В.Л., Сергеева Г. А., Удовенко И.Н., Золотарев А. В. // Актуальные проблемы науки и техники. 2018: материалы нац. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 12–14 марта 2018 г. / Дон. гос. техн. ун-т.— Ростов н/Д.: ДГТУ, 2018.
4. Огнетушащий порошковый состав: Патент Ru 2615715С1 / В. Л. Адамян, Д. А. Бутко, Н. В. Благородова, Н. В. Кондратенко, Д. В. Тоцкий; заявл. 18.02.2016; опубл. 07.04.2017. Бюл. № 10.

© Адамян Владимир Лазаревич (Vla1345@yandex.ru), Андреева Елена Сергеевна, Сергеева Галина Александровна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Донской государственный технический университет

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

DEVELOPMENT AN INTEGRATED PROCESS PLANNING SYSTEM FOR A FLEXIBLE PRODUCTION ENVIRONMENT

K. Alkhaled

Summary. The main aim of this study is to propose a methodology and develop a system for a flexible process plan in with the Non-linear approach process planning (NLPP) based on the conditions in the workshop, which called flexible process plan, for all details before they enter the workshop.

Keywords: automation, information support, software, CAD, technological processes, non-linear process planning.

Аль-Халед Халед Али Хуссейн

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
khaledalkhaled89@mail.ru

Аннотация. Основная цель данного исследования состоит в том, чтобы предложить методологию и разработать систему формирования гибкого плана процесса в соответствии с Нелинейным подходом к планированию процессов (НЛПП) на основе условий в цехе, так называемых гибких планов процесса, для всех деталей перед их поступлением в цех.

Ключевые слова: автоматизация, информационное обеспечение, программное обеспечение, САПР, технологические процессы, нелинейное планирование процессов.

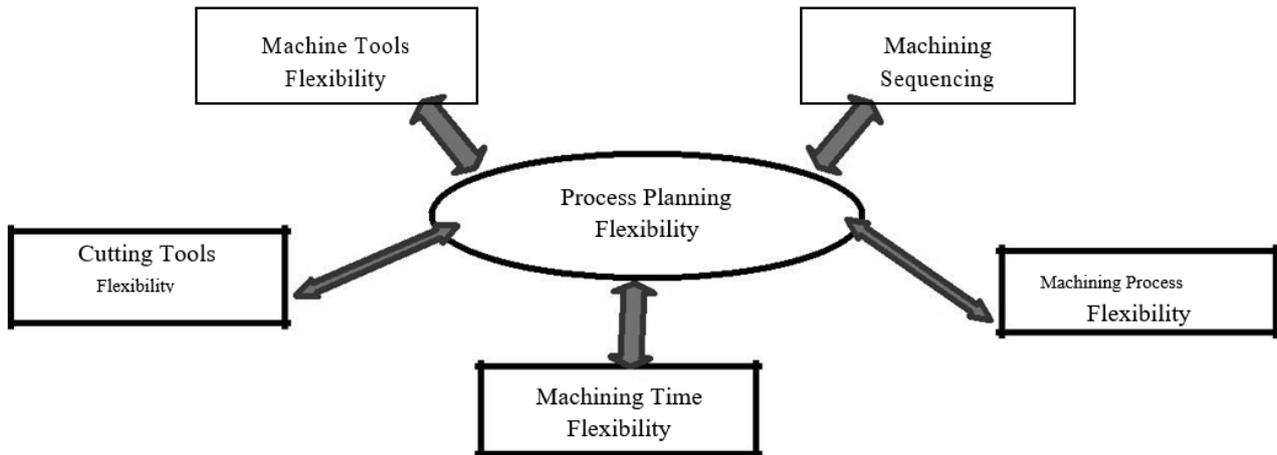
Введение

Планирование процесса представляет собой задачу, включающую в себя широкий спектр функций и действий по изготовлению детали посредством проектирования и разработки соответствующего производственного процесса. Общие действия, связанные с планированием процесса, включают толкование конструкции детали, выбор производственных процессов, определение операций, последовательности операций, получение данных обработки, геометрических размеров и допусков. С производственной точки зрения, выполнение планирования процессов независимо от производственной деятельности или в последовательном порядке после нее приводит к целому ряду проявлений неэффективности. К ним относятся невыполнимые планы процессов, нехватка ресурсов и перегрузки, высокие производственные расходы и большие затраты времени, несбалансированная загрузка ресурсов, появление станков, определяющих собой производительность всей линии, снижение общего использования ресурсов и низкие показатели своевременной поставки. Таким образом, это ограничивает альтернативы более ранними решениями, принятыми на этапе планирования процесса. Цель данного исследования состоит в том, чтобы предложить новый метод формирования гибкого плана процесса, имеющий интеграцию переносимости с другими видами операций в комплексном автоматизированном производстве (СІМ); предлагаемый метод достигается за счет создания

и развития ряда математических моделей, которые обеспечивают математические решения для деятельности по планированию процессов, а также за счет разработки системы, которая способна генерировать базовый план процесса и его альтернативы. Система предназначена для совершенствования нескольких задач, которые являются крайне важными для производственной системы, за счет сокращения производственного времени, сокращения числа машин, определяющих собой (и ограничивающих) производительность всей линии, увеличения общего использования машин, сведения к минимуму задержек в работе, сокращения времени задержки, насколько это возможно, путем предоставления альтернативных способов выполнения рабочих операций и возможности свободного вмешательства человека. Эта статья состоит из нескольких разделов, включая обзор литературы, связанной с исследованиями, посвященными новым разработкам. Представлена предлагаемая новая методология нелинейного планирования процессов. Даны пояснения основным модулям и блок-схемам разработки автоматизированной системы планирования процессов, реализованной и прошедшей испытания, на примере конкретного случая, с результатами и выводами.

Обзор литературы

Компьютеризованное планирование процесса (САРР) справедливо рассматривается как интеграционный материал для СІМ (компьютерно-интегрированного произ-



водства) в рамках его связи с проектированием и производством, интеграцией планирования процессов с CAD (системой автоматизированного проектирования) или CAM (системой автоматизированного производства), обеспечиваемой многосторонними исследованиями:

Александар и др. (Aleksandar et al., 2011) предложили новую модель использования возможностей установленного программного обеспечения для обмена информацией, полученной от процессов, с которыми оно связано. Полученная информация используется для генерирования оптимального плана процесса для модуля CAPP. Модульные решения CAPP создаются и настраиваются в соответствии с потребностями различных производственных предприятий, с учетом затрат и времени, необходимых для внедрения, с использованием представленной концептуальной основы.

Цзюань и Сяньго (Juan and Xianguo, 2012) предложили многоагентную систему планирования процессов для производства на основе стандарта STEP-NC (системы подготовки УП с помощью стандарта ИСО для обмена данными по изделиям). Рассмотрены особенности планирования процесса, ориентированного на производство деталей, и методы распределенного искусственного интеллекта. Для проведения процесса планирования детали применялось совместное многоагентное планирование процесса. Система многоагентного планирования процессов включает три типа автономных агентов, а именно агенты глобального управления, агенты планирования и агенты производственных ресурсов. Планирование процесса может быть осуществлено автоматически на основе взаимодействия нескольких агентов. Каждый агент способен взаимодействовать с другими агентами посредством улучшенного языка управления знаниями и запросов к знаниям (KQML), а также использования технологии распознавания характеристик, основанной на макрокодовых производственных функциях, при использовании носителей информации,

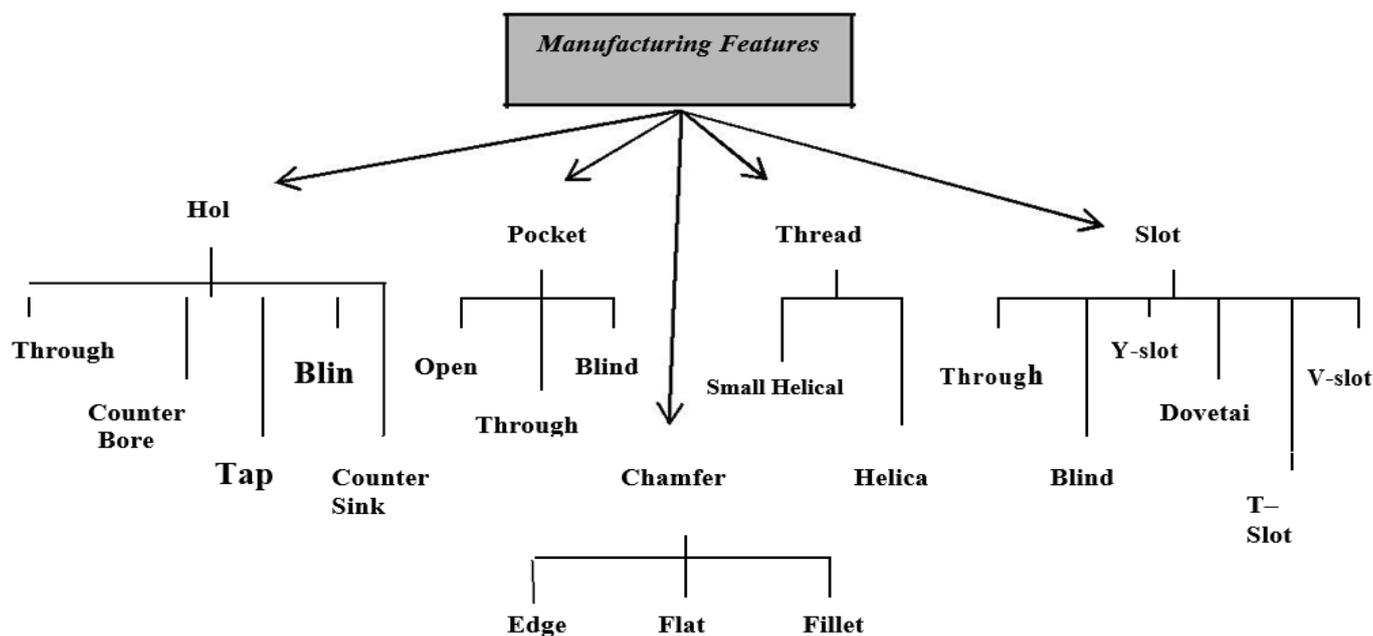
передающих ее с этапа проектирования на этап планирования процессов и обработки деталей на станках с ЧПУ.

Матс Багге (Mats Bagge, 2014) предложил новый метод, охватывающий многие виды деятельности по планированию процессов, в том числе возможность прогнозирования результатов предлагаемого производственного процесса. Это достигается путем комбинирования вспомогательных методов, пригодных для управления как качественными, так и количественными характеристиками, а также анализом производственного процесса.

Сатиш Кумар и др. (Satish Kumar et al., 2015) представили новую модель продукта, основанную на объектно-ориентированном подходе, которая используется для поддержки задачи CAPP. Представлена модель продукта на основе AP 203 и AP 224. Описание использованных объектов EXPRESS представлено в файле STEP part21. Была представлена карта соотношения характеристик конструктивного решения с характеристиками элементов, а именно, AP 224. Реализация модели продукта на основе иерархии классов объектов также представлена с примером, демонстрирующим применение модели.

Предлагаемая методология гибкого планирования процессов

В данном исследовании разработана новая методология для автоматизированного формирования планирования процессов. Предлагаемый метод предназначен для реализации в соответствии с нелинейным подходом к планированию процессов (НЛПП), который основан на статическом состоянии цеха (так называемых множественных или гибких планах процессов) для каждой детали перед ее поступлением в цех. Можно рассмотреть четыре типа гибкости в связи с процессом изготовления детали, как показано на Рисунке (1).



Первой является гибкость построения последовательности, под которой понимается возможность изменения порядка необходимых производственных операций в последовательности. Второй — гибкость обработки, определяемая возможностью производства одной и той же производственной функции с альтернативными процессами. Третья, гибкость станочных систем, определяется возможностью выполнения операции более чем на одной машине, а последней разновидностью является гибкость режущих инструментов, под которой подразумевается возможность осуществления производственной функции с применением альтернативного режущего инструмента. Исследователь разрабатывает новую математическую модель деятельности по планированию процессов для обеспечения математического решения каждой из них. С точки зрения планирования процесса, проектирование деталей обеспечивает важные входные данные, поэтому его определению должно уделяться большое внимание. Производственные особенности дизайна детали — это расширение класса характеристик, подкласса характеристик, местоположения элементов, размеров, отделки поверхности и размера допуска. Сложность проектирования и изготовления обычно определяется количеством и типом элементов формы, необходимых для представления детали или объекта для его производства. Характеристики можно разделить на первичные и вторичные (или классы и подклассы). Дерево производственных характеристик показано на рисунке (2).

Предлагаемая методология генерации предназначена для реализации в соответствии с нелинейным подходом планирования процессов (НЛПП), который основан на статическом состоянии цеха (так называемых мно-

жественных или гибких планах процессов) для каждой детали перед ее поступлением в цех. Модуль планирования процесса разделен на пять подчиненных модулей, которые работают одновременно и в соотношении с модулем проектирования продукта, в соответствии с несколькими математическими моделями, следующим образом.

Гибкость в построении последовательности характеристик обработки

Модуль планирования процесса генерирует последовательность характеристик и определяет процесс обработки, станок и режущий инструмент с указанием альтернатив для конструкции детали в целях создания базового плана технологического процесса и его альтернатив. Математически факториал неотрицательного целого числа n , обозначаемый $(n!)$ и присутствующий в уравнении (1), является произведением всех положительных целых чисел, меньших или равных n . Этот факториал используется для генерации последовательности обработки. Генерация последовательности характеристик машинной обработки основана на ряде признаков, относящихся к конструкции детали, и на предшествующих ограничениях последовательности (технологических и геометрических).

$$S = n! \tag{1}$$

где:

S = количество возможных последовательностей

n = количество характеристик, включенных в конструкцию детали.

Гибкость при выборе технологий обработки

Второй шаг, после описания детали, состоит в выборе подходящих процессов для обработки этой детали. Процедура выбора технологии зависит от типа элемента (щель, карман, отверстие и т.п.). Если элемент имеет простую форму (щель, карман, отверстие и т.п.), для изготовления этого элемента будет задан соответствующий процесс, но если элемент носит комплексный характер (например, резьбовое отверстие), то он будет разделен на два подчиненных элемента: отверстие и резьба, и для них будут в независимом порядке выбираться подходящие технологические процессы. В этом случае используется модель Элемент — Процесс (FP). Ее математическое определение указано в уравнении (2). Параллельно модели FP применяются два ограничения. Первое является ограничением, определенным для группы, которое устанавливает для выбранной группы только одну технологию и одну характеристику; а технологическое ограничение используется для исключения групп, в которых присутствуют процессы, не соответствующие форме, допуску и обработке поверхности, требуемым для изготовления элемента, выбранного для данного процесса.

$$(FP) = \frac{\left[\frac{p!}{r!(p-r)!} \right]^g}{g! \left[\left(\frac{p!}{r!(p-r)!} \right)^g - g \right]} \quad (2)$$

где:

p = количество процессов и элементов.

r = группа комбинаций процессов (Процесс + Элемент)

g = группа выбора процессов (Процесс¹- Элемент¹) — (Процесс²- Элемент²) ... (Процесс^N — Элемент^N).

Гибкость при выборе инструмента для обработки (станка)

Наличие более чем одной машины для обеспечения одного и того же (процесса обработки элемента изделия) с одинаковой точностью считается важным моментом с точки зрения гибкости планирования процесса, поскольку это дает альтернативы при выборе станка. Приоритизация выбора инструмента для машинной обработки (станка) основана на выборе лучших вариантов с точки зрения наиболее раннего запуска (EPS), наиболее раннего завершения процесса (EPF) и кратчайшего времени обработки (SPT). Модель Элемент — Процесс — Машина (FPM), математически определенная в уравнении (3), используется для задания машин, отвечающих требуемым параметрам ранее выбранных статусов (процессов обработки элемента изделия). Ограничения в отношении выбранной группы и станков используются для устранения возможностей, которые не включают в себя

один (процесс обработки элемента изделия) и одну машину в данной группе, а также возможности, включающие в себя машины, которые не могут обеспечить выбранные (процессы обработки элемента изделия).

$$(FPM) = \sum_{k=1}^n \frac{\left[\frac{(FP^{(k)+m})!}{b!((FP^{(k)+m})-b)!} \right]^x}{x! \left[\left(\frac{(FP^{(k)+m})!}{b!((FP^{(k)+m})-b)!} \right)^x - x \right]} \quad (3)$$

где:

(FPM) = Элемент — Процесс — Машина.

m = Количество подходящих машин.

FP^(k) = FP⁽¹⁾ (процессы обработки элемента изделия), FP⁽²⁾, FP⁽³⁾ FP^(N) Выбранные.

b = группа, выбранная из [(Процессы обработки элемента изделия) — Станок].

x = Группа выбора машины (Процесс¹-Элемент¹-Машина¹) — (Процесс²- Элемент²-Машина²)... (Процесс^N — Элемент^N — Машина^N).

Гибкость при выборе режущего инструмента

Для точного изготовления элемента может потребоваться другой тип производственных процессов. Для каждого процесса и станка требуется особый режущий инструмент, совместимый с их параметрами.

Модель Элемент — Процесс — Машина — Инструмент (FPMT) используется для обеспечения математического решения для выбора инструментов, которое определяется математически, что указано в уравнении (4).

Ограничение для выбранной группы используется для исключения возможностей, которые не содержат один инструмент и одну модель (Элемент — Процесс — Машина) в одной группе. Ограничение режущего инструмента исключает возможности, которые включают группы, содержащие инструменты, не соответствующие требуемому параметру модели (Элемент — Процесс — Машина), который был выбран.

$$(FPMT) Model = \sum_{k=1}^n \frac{\left[\frac{(FPm^{(k)+t})!}{z!((FPm^{(k)+t})-z)!} \right]^y}{y! \left[\left(\frac{(FPm^{(k)+t})!}{z!((FPm^{(k)+t})-z)!} \right)^y - y \right]} \quad (4)$$

где:

(FPMT) = Элемент — Процесс — Машина — Инструмент

t = количество подходящих режущих инструментов и указанных альтернатив.

FPm^(k) = FPm⁽¹⁾(Элементы — Процессы — Машина), FPm⁽²⁾, FPm⁽³⁾ FPm^(N)

z = группа, выбранная из [Элемент — Процессы — Станок) — Режущий инструмент]

u = группа выбора инструмента (Элемент¹-Процесс¹-Машина¹-Инструмент¹) — (Элемент²-Процесс²-Машина²-Инструмент²) ... (Элемент^N — Процесс^N-Машина^N-Инструмент¹).

Гибкость расчета времени обработки

Последним видом деятельности в процессе планирования является расчет времени обработки, при этом время обработки получается путем расчета по уравнению (5). Как правило, время установки и время обработки рассматриваются на основе типов станков, режущих инструментов и приспособлений, а также планировки завода и оборудования, используемого для перемещения деталей.

$$MT = PCT + (HT * n^1) + (CT * n^2) + PST \quad (5)$$

где:

MT = время обработки.

PCT = время процесса, которое рассчитывается с помощью специального уравнения для каждого процесса.

HT = время обработки детали.

n^1 = количество перемещений детали с одной машины на другую.

CT = время установки режущего инструмента.

n^2 = количество замен режущего инструмента для обработки детали.

PST = время наладки детали.

Как уже отмечалось, генерирование гибкости процесса планирования базируется на последовательности, технологии, особенностях станка и гибкости режущего инструмента, поэтому все генерируемые возможности сочетают в себе истинные модели FPMТ, вследствие чего результаты для каждой из них будут заменяться последовательностями, формируемыми в первую очередь, а затем генерируется комбинация из двух элементов (FPMТ-последовательность) в соответствии с моделью Элемент — Процесс — Машина — Инструмент — последовательность (FPMТS), определенной математически, как показано в уравнении (6). Реализация ограничения плана технологического процесса в отношении выбранной группы должно состоять из (Функции, Процесса, Машины, Инструмента, Последовательности)], чтобы ограничить область выполнения и исключить неприемлемые планы технологического процесса.

$$(FPMТS) = \frac{A!}{v!(A-v)!} \quad (6)$$

где:

FPMТ=Элемент – Процесс – Машина – Инструмент – Последовательность.

A=количество альтернативных последовательностей, процессов, станков и режущих инструментов.

V=группа, выбранная из [(FPMТ-последовательность)].

Система разработки планирования процессов с использованием компьютерных программ (САРР)

В данном исследовании была разработана система САРР, основанная на двух основных функциональных модулях: модуле проектирования изделий и модуле планирования процессов. Для работы системы требуется взаимодействие между пользователем и функциональными модулями. Расположение функциональных модулей позволяет потребителю реализовать функциональные модули, не оказывая никакого влияния на общую структуру системы. Модуль проектирования изделия считается первой ступенью системы, на Рисунке (3) показан рабочий механизм этого модуля. Второй этап системы представляет собой модуль планирования процессов, который разделен на пять суб-модулей следующим образом.

Суб-модуль построения последовательности машинной обработки

Последовательность формирования характеристик обработки основана на некотором числе элементов конструкции детали и предшествующих ограничениях последовательности (связанных с технологическим процессом и геометрией). На рисунке (4) показана блок-схема модуля последовательности обработки элементов.

Суб-модуль выбора технологических процессов обработки

После построения последовательности обработки элементов следующим шагом является выбор подходящего технологического процесса для обработки каждого из них. Если элемент описан как формирующий в базе данных, система напрямую выбирает подходящий процесс для такого элемента, но если это составной элемент, в этом случае процесс будет частично удовлетворять требованиям и будет выбираться как процесс-кандидат для элемента, а неудовлетворенное требование будет определено как новый элемент, которой снова принимается в базу данных, и для его изготовления будет выбран соответствующий процесс. На рисунке (5) показана пошаговая последовательность модуля выбора процесса.

Суб-модуль выбора инструмента машинной обработки (станка)

Модуль выбора станка указывает определенную машину и альтернативы, отвечающие требуемым параметрам.

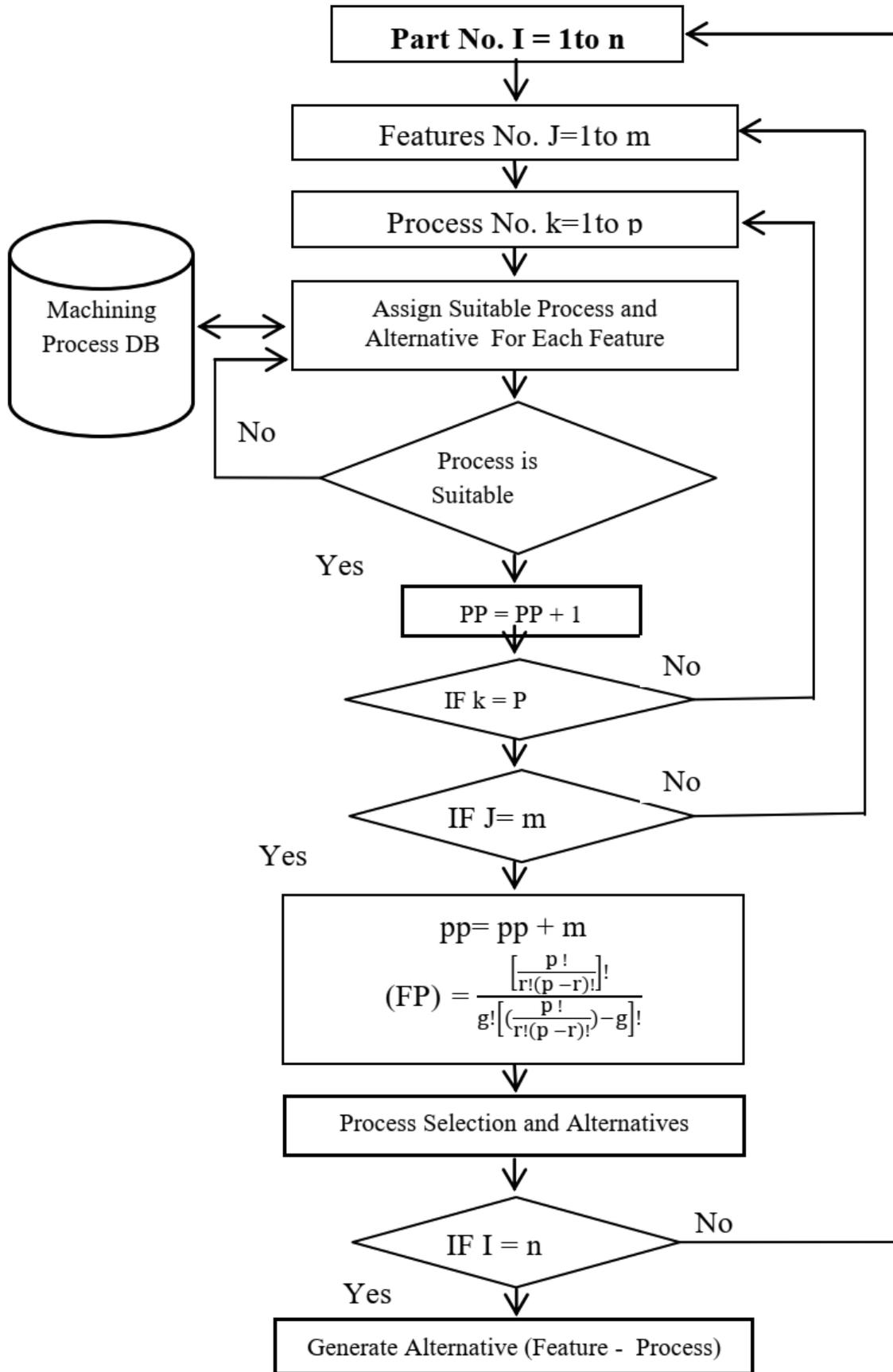


Figure (3): работающий механизм модуля проектирования изделий.

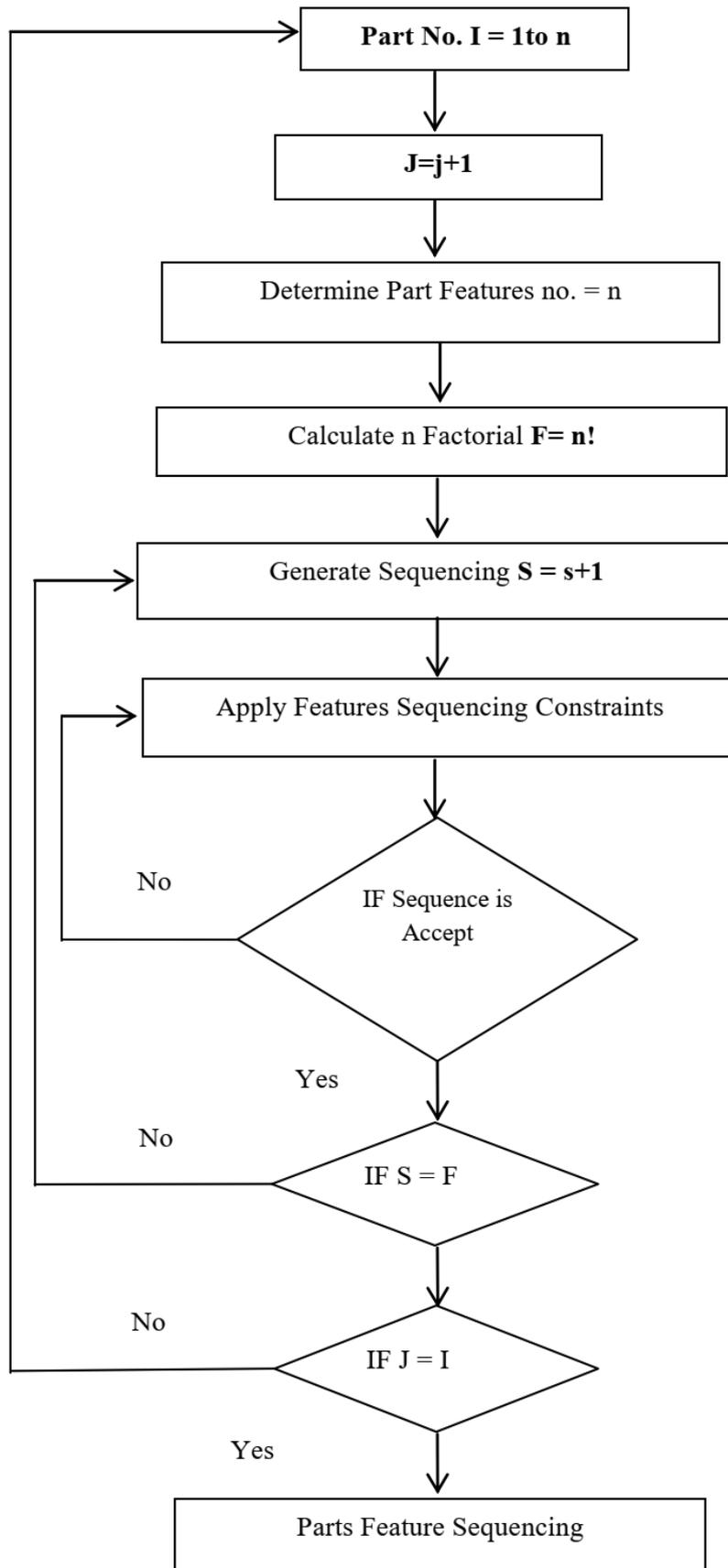


Figure (4): блок-схема суб-модуля построения последовательности машинной обработки

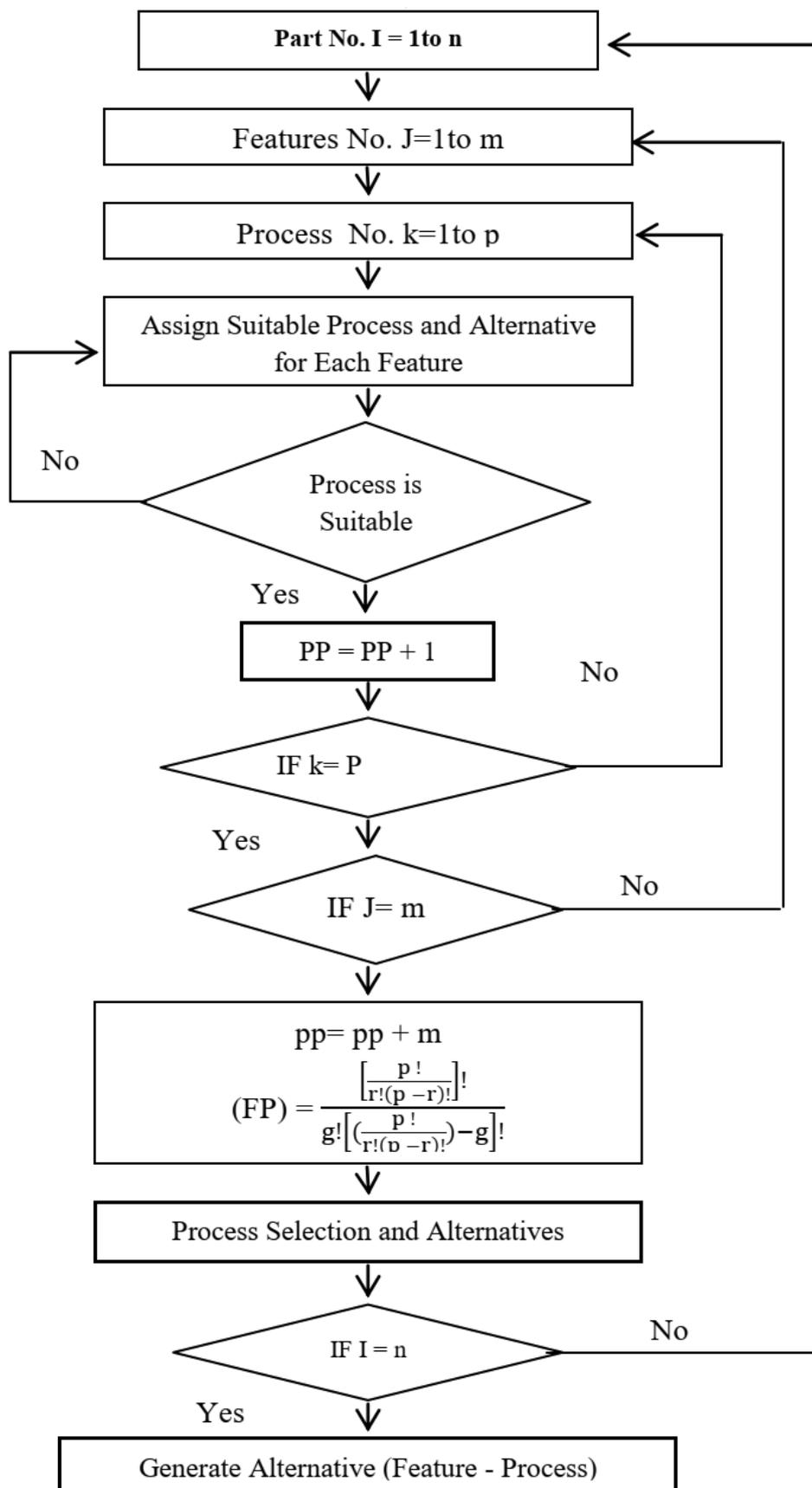


Figure (5): блок-схема суб-модуля обработки процессов

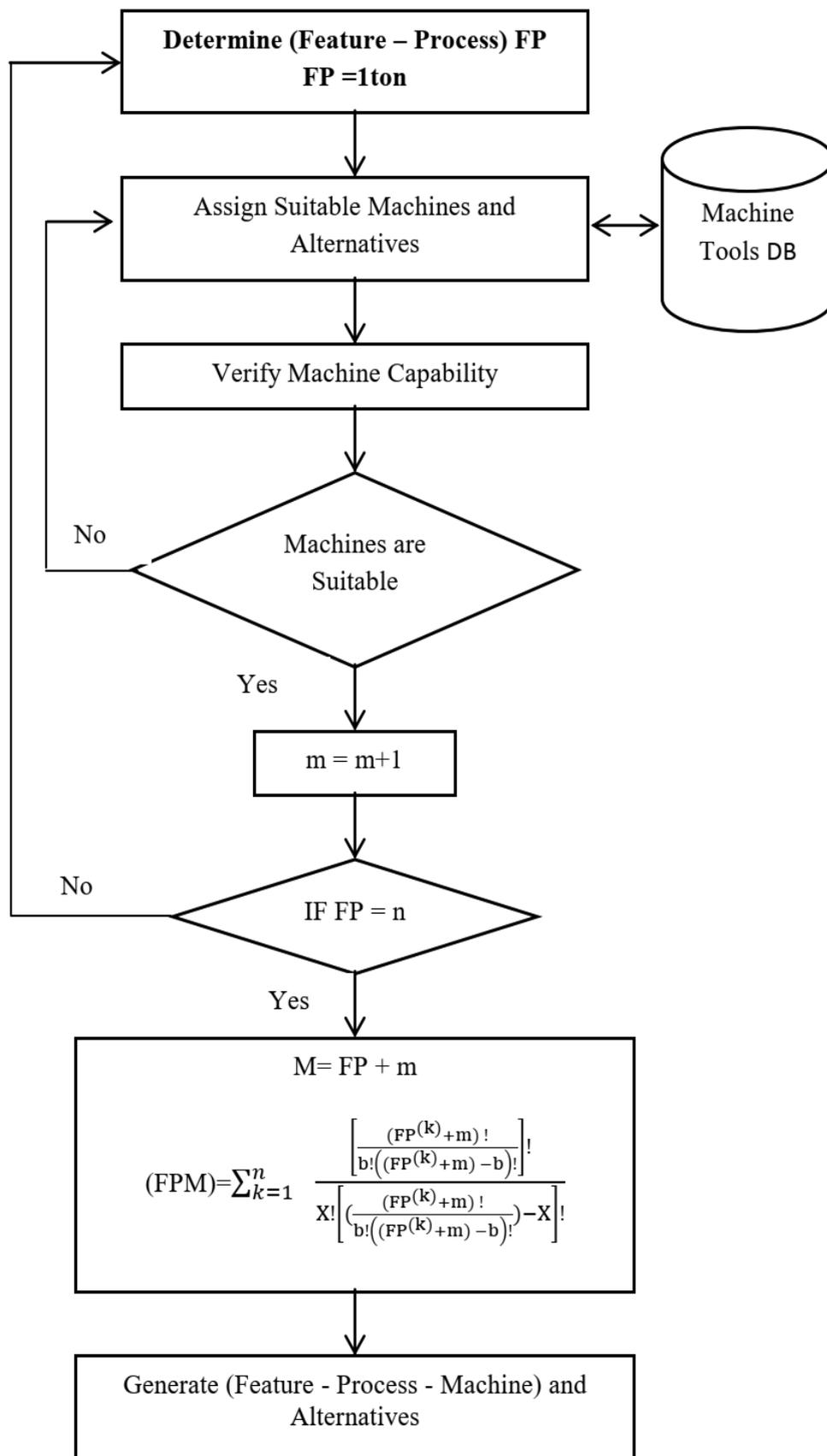


Figure (6): блок-схема суб-модуля выбора инструмента машинной обработки (станка)

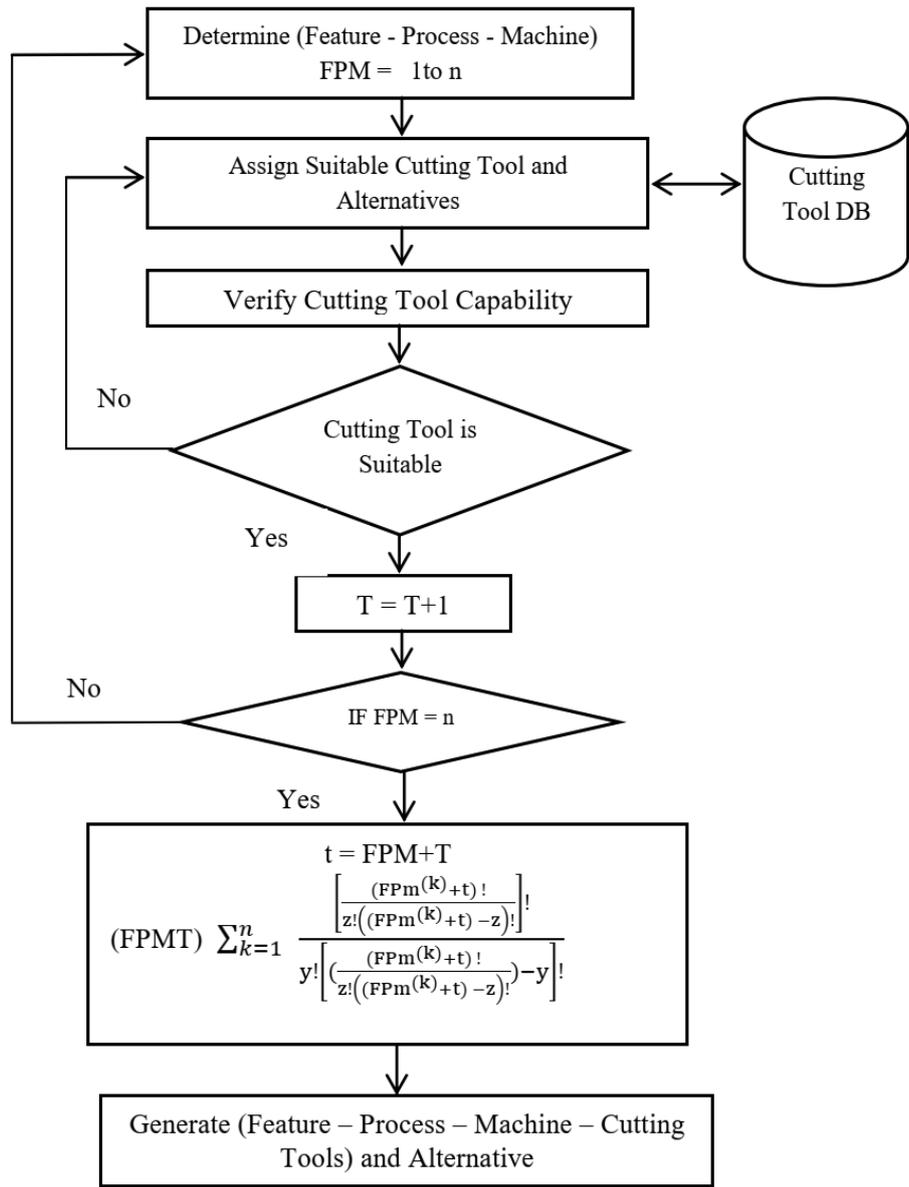


Figure (7): блок-схема суб-модуля выбора режущего инструмента

трам статусов (процессов обработки элемента изделия), выбранных в модуле выбора процесса. Наличие более чем одной машины для обеспечения одного и того же (процесса обработки элемента изделия) с одинаковой точностью считается важным моментом с точки зрения гибкости планирования процесса, поскольку это дает альтернативы при выборе станка. На рисунке (6) показана блок-схема модуля последовательности обработки в отношении конкретных элементов

Суб-модуль выбора режущего инструмента

Выбор режущего инструмента осуществляется согласно некоторой данной информации, в том числе о типе

процесса (сверление, фрезерование, шлифовка и т.п.), свойствах элемента, типах резки (непрерывный, прерывистый), особенностях машины (скорость резки, скорость подачи, размеры) и др., и на основе этой информации будут выбраны подходящие инструменты. На рисунке (7) показана блок-схема модуля выбора режущего инструмента.

Суб-модуль расчета времени обработки

В зависимости от альтернативных типов станков, режущих инструментов, процессов обработки, время обработки изменяется в соответствии с отличиями вышперечисленного, то есть увеличивается или уменьшается. На рисунке (8) показана блок-схема модуля расчета

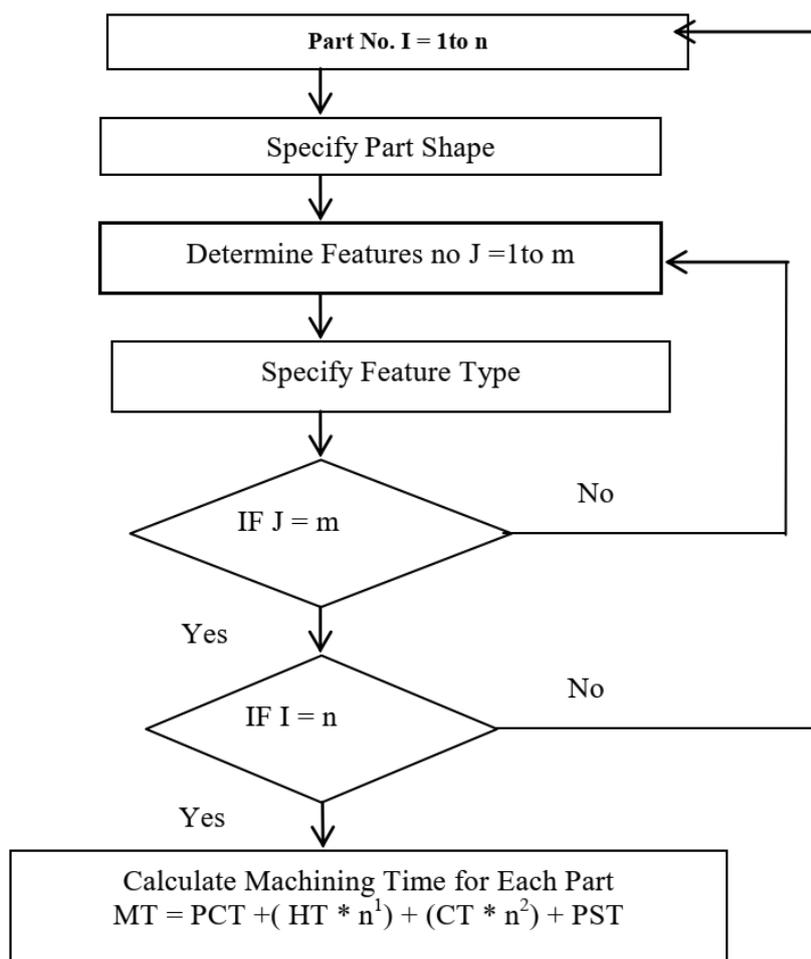


Figure (8): блок-схема суб-модуля расчета времени обработки

времени обработки. При наличии больше чем одного инструмента, при различных характеристиках (диаметр резца, количество зубцов, глубина резки) появляются возможности выбора разных инструментов.

Заключение

Предлагаемая методология генерации предназначена для реализации в соответствии с нелинейным подхо-

дом планирования процессов (НЛПП), который основан на статическом состоянии цеха (так называемых множественных или гибких планах процессов) для каждой детали перед ее поступлением в цех. Модуль планирования процесса разделен на пять подчиненных модулей, которые работают одновременно и в соответствии с модулем проектирования продукта, в соответствии с несколькими математическими моделями, следующим образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Henriques E. "Towards The Integration of Process and Production Planning: an Optimisation Model for Cutting Parameters" The International Journal of Advanced Manufacturing Technology VOL.28, PP.117–128, 2006.
2. Золотарев А.А., Методы оптимизации распределительных процессов. М.: Инфра-Инженерия, 2014. с. 69–71.
3. Firman R. Xu X. Guangyu L. A framework for machining optimisation based on STEP-NC[J]. International Journal of Intelligent Manufacturing, 2012, 23: 423–441.
4. X. Xu, P. Klemm, F. Proctoret S. H. Suh. STEP-compliant process planning and manufacturing[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2006, 19(6): 491–494.

МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГЕПАТИТА ПО СТЕПЕНИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

METHODS OF CLASSIFICATION OF DRUGS FOR THE TREATMENT OF HEPATITIS BY DEGREE OF EFFECTIVENESS

A. Astafyev

Summary. The paper deals with a mathematical model of a neural network that assesses the effectiveness of drugs used to treat hepatitis by periodically assessing the patient's condition. The paper analyzes the use of a neural network trained by a recurrent algorithm to assess the effectiveness of drugs. Input data were selected and analyzed for use in the assessment of the state, the output values were selected to assess the degree of efficiency. The contribution of individual input factors to the output values of the system was compared.

Keywords neural network, evaluation of treatment effectiveness, decision support system, data classification.

Астафьев Андрей Николаевич

Ассистент, Липецкий государственный технический университет
a.n.astafyev@gmail.com

Аннотация. В работе рассматривается математическая модель нейронной сети оценивающая эффективность применяемых лекарственных препаратов для лечения гепатита путем периодической оценки состояния пациента. В работе проведен анализ использования нейронной сети обучающейся по рекуррентному алгоритму для оценки эффективности препаратов. Входные данные проходили выбор и анализ для использования в оценке состояния, выходные значения проходили подбор для оценки степени эффективности. Проводилось сравнение вклада отдельных входных факторов на выходные значения системы.

Ключевые слова: нейронная сеть, оценка эффективности лечения, система поддержки принятия решения, классификация данных.

Введение

Выбор и подбор лекарственного препарата для проведения наиболее лучшего лечения является сложной задачей, поскольку принятие решения зависит от полноты информации, методов учета, большого количества методик лечения, вариаций заболеваний и разнообразия медицинских препаратов [1].

Принятие решения связано также с обработкой большого количества данных, вариабельностью решений, с многовариантностью возможных решений, отсутствию четкости во входной информации, сложной задачей перехода из множества признаков ситуации в отображении на множество принимаемых решений. Каждая ситуация, образ, как правило, представляет собой многомерный нечеткий вектор, которому соответствует множество решений, в том числе и правильных.

Оценка эффективности лечения можно разбить на подзадачи, среди которых оценка состояния тяжести состояния пациента в течении определённого периода времени, учет которого позволит выявить эффективность лечения и препарата. Оценку состояния необходимо провести при использовании математических алгоритмов [2], поскольку только так возможно получить наиболее объективную информацию оценки набора данных. Наиболее сильное распространение получили нейросетевые методы оценки состояния пациента, или

схожей задачей классификации. В решения поставленной задачи необходимо [2] использовать модели с обратной связью, в качестве решения задачи предлагается использование модульной рекуррентной нейронной сети.

1. Постановка задачи

В качестве входных факторов предлагается использование двадцати пяти факторов, характеризующих состояние пациента в текущий момент времени, таких как физиологические данные, данные лабораторных анализов и другие. В качестве отклика системы используется пятибалльная оценка эффективности состояния пациента.

Применение алгоритмов нейронных сетей для классификации данных доказывают свою эффективность, однако стоит обратить внимание на формирование обучающей выборки, поскольку именно с ней возможно использование алгоритма с наибольшей эффективностью. Обучение нейронной сети заключается в расчёте весовых коэффициентов методом Качмажа для решения систем линейных уравнений [3]. Нейронные сети можно рассмотреть, как граф с взвешенными связями, где нейроны — узлы.

Предлагаемая методика состоит в настройке топологии нейронной сети в процессе обучения, обу-

чающая выборка должна содержать основной набор существующих состояний тяжести. Построение топологии нейронной сети заключается в обнаружении сообществ или кластеров единиц с похожими схемами соединения.

В процессе строится структура модели перед тренировкой с несколькими разделенными нейронными сетями внутри, после обучения сеть содержит наименьшее и необходимое количество узлов для решения данной задачи, то есть усложнение происходит исходя из необходимости [3, 4].

2. Математические методы

Общую задачу перед нейронной сетью можно представить как системы линейных уравнений, для решения наиболее лучшую эффективность показал алгоритм С. Качмажа [3, 5]. Последовательность, полученная по методу итераций С. Качмажа, сходится к решению систем линейных уравнений $Au = f$ [5].

Расчетные донные при решении получаются путем решения с использованием итеративной формулы:

$$u^{k+1} = u^k + \lambda_k \frac{f_{j(k)} - (a_{j(k)}, u^k)}{\|a_{j(k)}\|^2} a_{j(k)}, \quad (1)$$

где

$A = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T \in R^{m \times n}$, $u \in R^m$, $f = (f_1, f_2, \dots, f_m) \in R^m$, уравнение проекционной последовательности

$$j(k) = (k \bmod m) + 1, k = \overline{0, \infty}, \quad (2)$$

где k — номер итерации, u^0 — первоначальное приближение, λ_k — параметр релаксации для избегания локальных минимумов.

Проводя анализ уравнений (1), (2) на сходимость для конкретных несовместных случаев, не всегда можно получить единственное решение. Рассматривая случай совместной системы условие сходимости составляет:

$$0 < \liminf_{k \rightarrow \infty} \lambda_k < \limsup_{k \rightarrow \infty} \lambda_k < 2, \quad (3)$$

Огромное влияние на сходимость (3) оказывает выбор параметра релаксации λ_k , а также способ задания последовательности $j(k)$. Геометрически решения можно представить как аппроксимирующие гиперплоскости.

Рассмотренные уравнения (1)–(3) можно использовать для формирования модульной сети, а именно для формирования соединения модулей. В модульной ней-

ронной сети $x \in R^M$, $y \in R^N$, а функции плотности вероятности $q(x, y)$ на $R^M \times R^N$. Обучающий набор данных представляет $\{X_i, Y_i\}_{i=1}^n$ выборка n генерируется независимо от $q(x, y)$. Функция $f(x, w)$ от $x \in R^M$, $w \in R^L$ до R^N слоистой нейронной сети, которая оценивает выход y по входу x и параметру w .

Для слоистой нейронной сети $w = \{w_{ij}^d, \theta_i^d\}$, где w_{ij}^d — вес соединения между i -м блоком в глубине d -слоя и j -м блоком в глубине $d + 1$ слоя и θ_i^d — это смещение i -го блока в слое глубины d . Слоистая нейронная сеть с D слоями представлена следующей функцией:

$$f_j(x, w) = \sigma\left(\sum_i w_j^{D-1} o_i^{D-1} + \theta_j^{D-1}\right), \quad (4)$$

$$o_j^{D-1} = \sigma\left(\sum_i w_j^{D-2} o_i^{D-2} + \theta_j^{D-2}\right), \quad (5)$$

⋮

$$o_j^2 = \sigma\left(\sum_i w_j^1 x_i + \theta_j^1\right), \quad (6)$$

Ошибка обучения $E(w)$ и ошибка обобщения $G(w)$ определяются

$$E(w) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|Y_i - f(X_i, w)\|^2, \quad (7)$$

$$G(w) = \int \|y - f(X_i, w)\|^2 q(x, y) dx dy, \quad (8)$$

где $\|\cdot\|$ — евклидова норма R^N .

Алгоритм завершает обучение при достижении заданной ошибки обучения, в противном случае завершается или закикливается получение весовых коэффициентов и формирование структуры сети. Простая структура системы представлена на рисунке 1.

Применяемая методика показывает эффективность для ситуаций, характеризуемых большим объёмом информации при дефиците времени на принятие решения [6]. Общая оценка должна сравниваться с оценкой специалиста, в общем случае необходимо производить сравнение совпадения (S) двух ситуаций.

Признак сравнения должен характеризовать минимальную степень совпадения, общее уравнение для анализа совпадения имеет вид (9).

Отсюда следует, что степень совпадения двух ситуаций будет минимальной при (10).

Процесс сравнения позволяет характеризовать степень обучения системы, который характеризует связь между множеством значений параметров входных факторов и множеством значений решений путём расчёта весовых коэффициентов.

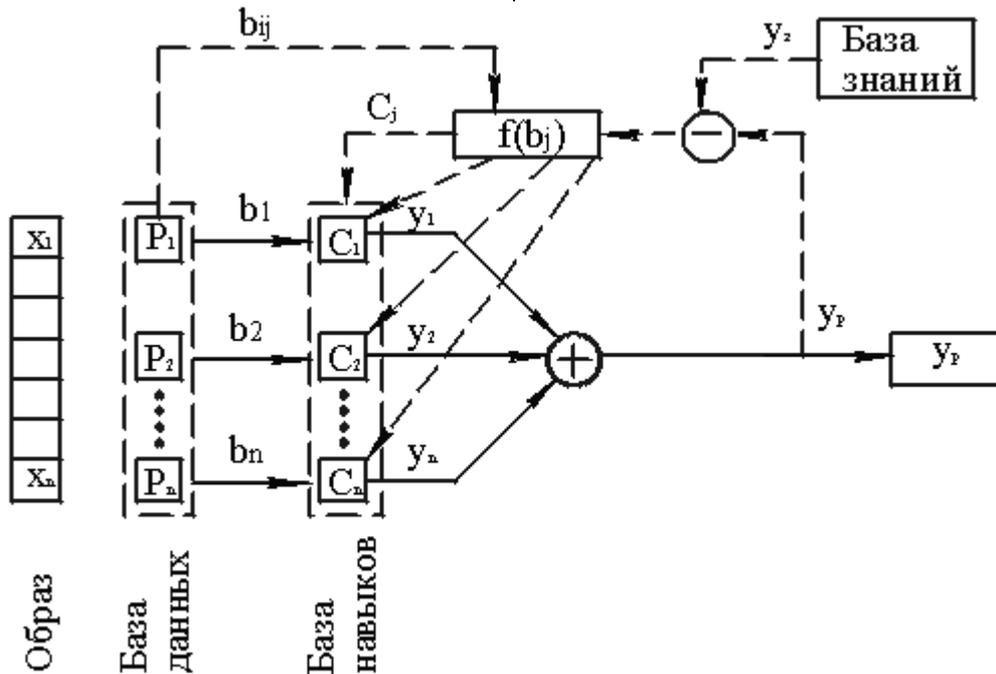


Рис. 1. Структурная схема простой системы.

3. Полученные результаты

В процессе настройки системы были произведены исследования в результате которых получены результаты, по методике обучения:

- ♦ обучающая выборка должна содержать не менее 10 примеров для каждого значения состояния тяжести пациента;
- ♦ величина ошибки обучения системы должна составлять не более 5%, для обучающей выборки;
- ♦ обучающая выборка должна дополняться «кластерно», с последовательным включением примеров с наибольшим отклонением от заданного отклика.

Была проведена оценка значимости каждого используемого фактора, который участвует в процессе получения выходного значения. Оценка происходит при оценке величины весового коэффициента, исследование проводилось на двух ситуациях, рассматривая весовые коэффициенты, после обучения системы получаются фиксированные значения весов.

При проведении сравнительных оценок можно выявить факторы, которое оказывают наиболее сильное влияние на достоверность принятия решения для каждой ситуации и факторы, не оказывающие никакого влияния. Сравнения системы и специалиста представлены на рисунке 2, 3.

$$S_i = \frac{\left(\sum_{i=1}^m b_{i,1} \cdot b_{m,2} + b_{m+1}^2 \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^m b_{i,1}^2 + b_{m+1}^2 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^m b_{i,2}^2 + b_{m+1}^2 \right)} \tag{9}$$

$$b_{m+1} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^m b_{i,1}^2 + \sum_{i=1}^m b_{i,2}^2 \right) \cdot \sum_{i=1}^m b_{i,1} \cdot b_{i,2} - 2 \sum_{i=1}^m b_{i,1}^2 \cdot \sum_{i=1}^m b_{i,2}^2}{\left(\sum_{i=1}^m b_{i,1}^2 + \sum_{i=1}^m b_{i,2}^2 \right) - 2 \sum_{i=1}^m b_{i,1} \cdot b_{i,2}}} \tag{10}$$

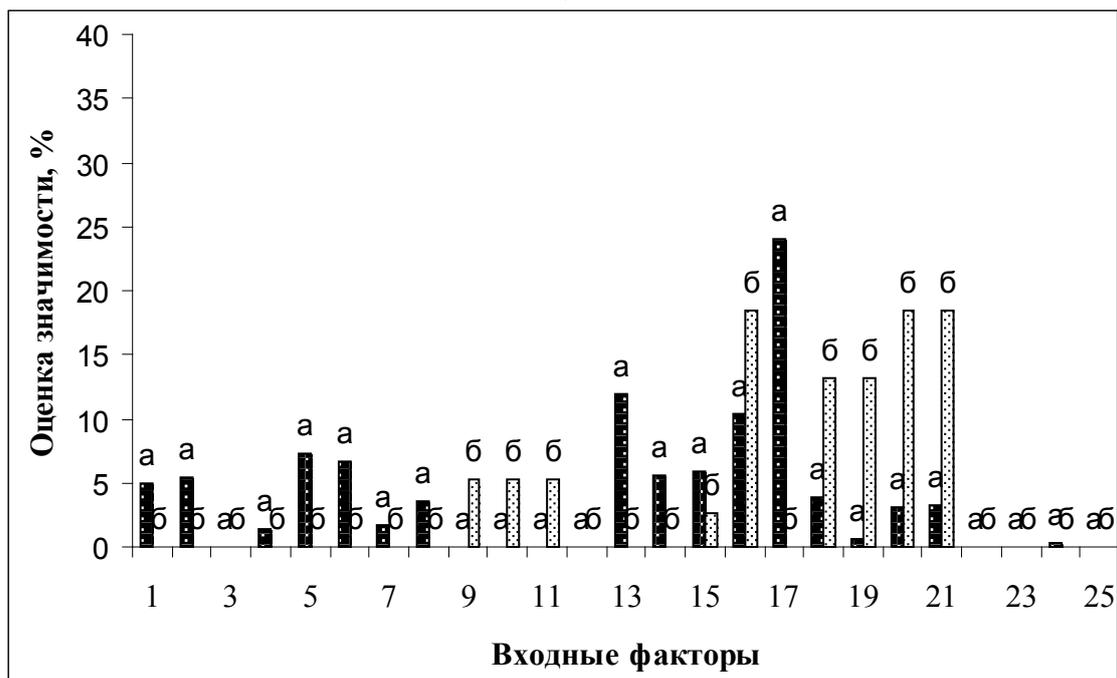


Рис. 2. Оценка значимости факторов ситуации № 1: а — оценка системы; б — оценка экспертов.

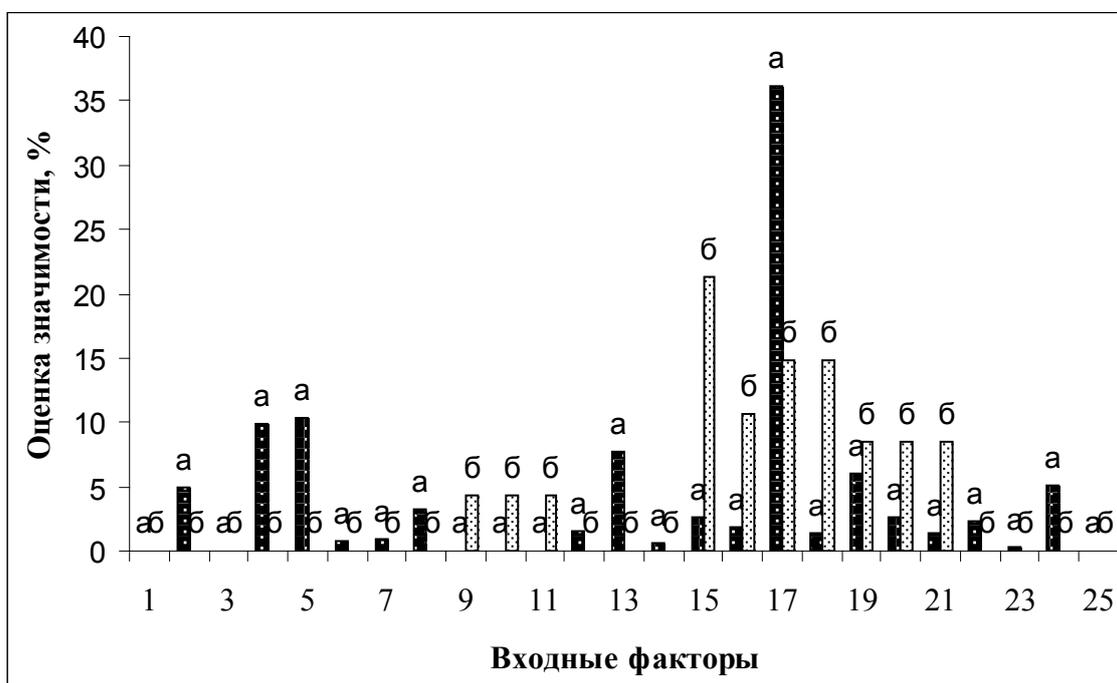


Рис. 3. Оценка значимости факторов ситуации № 2: а — оценка системы; б — оценка экспертов.

По оценке значимости факторов ситуации № 1 и № 2 можно сделать выводы:

- ♦ по оценкам системы факторы 9, 10, и 11 в обеих ситуациях не оказывают влияния на достовер-

ность принятия решения, а по оценкам специалистов влияние имеется;

- ♦ по оценкам специалистов факторы с 1 по 8, с 12 по 14 и с 22 по 25 в обеих ситуациях не оказыва-

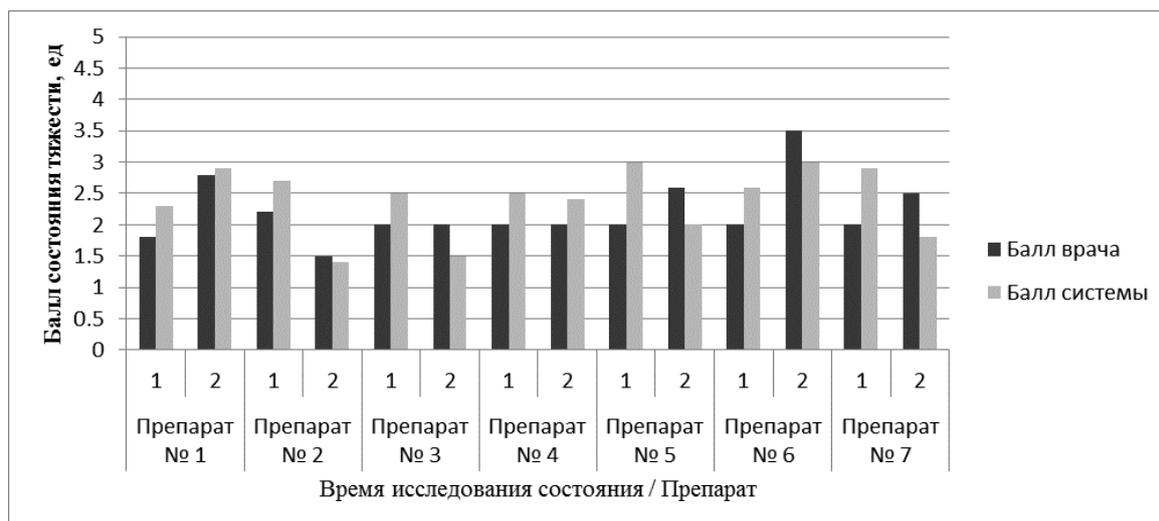


Рис. 4. Гистограмма сравнения состояния пациентов

ют влияния на достоверность принятия решения, но по оценкам системы, наоборот, оказывают влияние и, кроме того, разное в каждой ситуации.

- ♦ фактор 17 по оценкам системы в обеих ситуациях оказывает наибольшее влияние на достоверность принятия решения, но по оценкам экспертов влияние совсем разное, поэтому нельзя сказать, что фактор наиболее значимый.

Апробирование рассмотренной методики модульных нейронных сетей обучаемых по алгоритму Качмажа происходило при определении эффективности лечения гепатита, обучение и тестирование происходило по данным 93 пациентов. Количество входных факторов — 25, откликов — 5. На основании медицинских карт пациентов за период с 2014 по 2015 г. создана электронная база

данных, основываясь на которой происходит обучение системы и автоматическое формирование базы весовых коэффициентов.

Сравнение оценок данных врачами и системой представлено на рисунке 4.

При сравнении оценок коэффициент корреляции между оценками врача и системы составляет 0,8, но который можно повысить путем округления оценок.

В связи с всеобщей информатизацией существует необходимость внедрения систем классификации медицинских данных, которая в режиме «советчика» будет помогать врачу, решения систем могут быть объяснены пользователю на качественном уровне, при помощи анализа значений весовых коэффициентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неронов В. А. Комплексное лечение и новый подход к оценке эффективности терапии хронического вирусного гепатита С // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2009. — № 2.
2. Геращенко С.И., Геращенко С. М., Янкина Н. Н., Енгальчев Ф. Ш. Использование нейросетевого классификатора для идентификации новообразований // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. — 2008. — № 9. — С. 77–80.
3. Иванов А. А. Решение задачи полиномиальной аппроксимации с использованием итерационного метода Качмажа // Вестник СГАУ. — 2008. — № 2. — С. 179–182.
4. Ильин В. П. Об итерационном методе Качмажа и его обобщениях // Сибирский журнал индустриальной математики — 2006. — Т. 9. — № 3. — С. 39–49.
5. Дмитриев Г.А., Астафьев А. Н. Система поддержки принятия решений при определении нозологической формы гепатита // Программные продукты и системы. — 2017. — № 4.
6. Геращенко С.И., Мартынов И. Ю., Янкина Н. Н., Геращенко С. М. Использование рейтинговых оценок для выбора структуры нейросетевого классификатора в джоульметрических системах распознавания состояния биологических объектов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. — 2005. — Т. 1. — С. 465–467.

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛИ СТОКСА В РАСЧЕТАХ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ

LIMITS OF APPLICABILITY OF THE STOKES MODEL IN THE CALCULATIONS OF SLIDING BEARINGS

V. Akhmetov

Summary. Viscous incompressible fluid flow in sliding bearings is calculated numerically. The main attention is paid to the study of flow separation regimes in the axial region of the flow with the formation of recirculation zones. The critical values of the parameters for the occurrence of separation are determined. The calculations are compared with the available data in which the Stokes model was used.

Keywords: swirling flows, viscous fluid, lubrication theory, finite-difference method, recirculation zones.

Ахметов Вадим Каюмович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный

университет»

vadim.akhmetov@gmail.com

Аннотация. В рамках полной системы уравнений Навье-Стокса проведены расчеты течений вязкой несжимаемой жидкости для опор скольжения. Основное внимание уделено изучению режимов с отрывом потока в приосевой области течения и образованием рециркуляционных зон. Определены критические значения параметров для возникновения отрыва. Проведено сравнение расчетов с имеющимися исследованиями, в которых использовалась модель Стокса.

Ключевые слова: закрученные потоки, вязкая жидкость, теория смазки, конечно-разностный метод, рециркуляционные зоны.

При исследовании гидродинамики течений в опорах скольжения в большинстве случаев используется модель Стокса. В ней полностью исключаются из рассмотрения нелинейные члены в левой части уравнений движения. В настоящее время в опорах скольжения вращение происходит с достаточно большой скоростью. Поэтому даже при малой толщине смазочного слоя число Рейнольдса оказывается большим и использование модели может приводить к существенным ошибкам при расчете конструкций.

В представленной работе используется полная система уравнений Навье-Стокса для исследования гидродинамики течений в опорах скольжения. Результаты полученных расчетов сравниваются с имеющимися данными исследований, проведенных в рамках классической теории смазки.

1. Формулировка задачи и метод численного решения

Рассмотрим модель опоры скольжения в виде цилиндрической области радиуса R с вращающимся верхним основанием с заданной угловой скоростью ω_1 и открытой боковой поверхностью. Подача жидкости осуществляется через отверстие ($0 \leq r \leq R_0$) в неподвижном нижнем основании с постоянной скоростью V , а ее отток — через боковую поверхность.

Течения вязкой несжимаемой жидкости в предположении ламинарности и осесимметричности описываются системой уравнений Навье-Стокса. Используя цилиндрическую систему координат r, φ, z , ось z которой направлена по направлению входа потока, и вводя в качестве неизвестных величин функцию тока Ψ , завихренность Ω и азимутальную скорости V_φ , запишем эти уравнения в следующем виде:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} \right) = -\Omega \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} (V_z \Omega) + \frac{\partial}{\partial r} (V_r \Omega) = \\ = \frac{1}{\text{Re}} \left[\frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\Omega}{r} \right) \right] + \frac{1}{r} \frac{\partial (V_\varphi)^2}{\partial z} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V_\varphi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} (V_z V_\varphi) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r V_r V_\varphi) + \frac{V_r V_\varphi}{r} = \\ = \frac{1}{\text{Re}} \left[\frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} \right) - \frac{V_\varphi}{r^2} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

$$V_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial z}, \quad V_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r}, \quad \Omega = \frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial r} \quad (4)$$

Здесь все переменные представлены в безразмерной форме. Толщина слоя H взята за характерный линейный размер. В качестве характерной скорости берется величина $W = \omega_1 R$, к которой отнесены V_z , V_r и V_φ . Решение

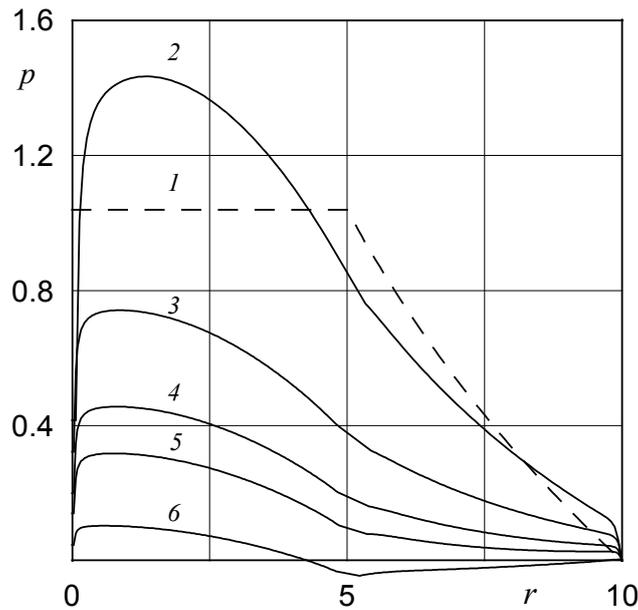


Рис. 1. Распределение давления при $z = 0, h = 0.1, V_0 = 0.1, \beta = 2, \gamma = 0, Re = 10$ в теории (кривая 1) и расчетах при $Re = 10, 20, 30, 40, 100$ (2–6)

задачи зависит от следующих четырех безразмерных параметров: числа Рейнольдса $Re = WH / \nu$ и коэффициентов $h = H / R, V_0 = V / W, \beta = R / R_0$, где ν — кинематическая вязкость,

Проведем исследование гидродинамики течения в цилиндрической области $D (0 \leq z \leq 1, 0 \leq r \leq r_k)$, $r_k = R / H$. Краевыми условиями для поставленной задачи являются классические условия, применяемые в численных расчетах подобного типа, обеспечивающие симметрию потока, прилипание жидкости на твердых границах и равенство нулю первых производных от скорости потока в выходном сечении:

$$\psi = f_1(r), \quad V_\varphi = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0, \quad 0 \leq r \leq r_0, \quad z = 0 \quad (5)$$

$$\psi = \psi_1, \quad V_\varphi = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0, \quad r_0 \leq r \leq r_k, \quad z = 0 \quad (6)$$

$$\psi = 0, \quad V_\varphi = \omega_1 r, \quad \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0, \quad 0 \leq r \leq r_k, \quad z = 1 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial r} = \frac{\partial \Omega}{\partial r} = \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} = 0, \quad r = r_k, \quad 0 \leq z \leq 1 \quad (8)$$

$$\psi = 0, \quad V_\varphi = 0, \quad \Omega = 0, \quad r = 0, \quad 0 \leq z \leq 1 \quad (9)$$

где $f_1(r) = 0.5V_0 r^2, \psi_1 = f(r_0), r_0 = R_0 / H$.

Система уравнений (1) — (4) с краевыми условиями (5) — (9) полностью позволяет описать гидродинамику

исследуемого течения. Аналитическое решение поставленной задачи не представляется возможным. Численное решение осуществлялось методом конечных разностей с применением для уравнения Пуассона (1) метода неполной редукции, являющимся комбинацией метода Фурье и редукции, и итерационного метода установления для уравнений переноса (2) — (3). Данный метод апробирован при расчетах закрученных течений в [1].

2. Результаты расчетов

Диапазон параметров исследования рассматриваемых течений составлял: $0 \leq Re \leq 2000, 0.05 \leq h \leq 0.2, -1 \leq \gamma \leq 1, 0.05 \leq V_0 \leq 0.3, 1 \leq \beta \leq 20$.

В случае малых чисел Рейнольдса (например, при $Re = 10$) течение является безотрывным. В классической теории смазки распределение скорости в этом случае имеет вид [2]:

$$V_r(z) = \frac{1}{2\mu} (z - H) z \frac{dp}{dr}, \quad \frac{dp}{dr} = -\frac{6\mu Q}{\pi r H^3} \quad (10)$$

где Q — расход, μ — динамическая вязкость жидкости. Учитывая введенные выше безразмерные параметры, выражение (10) может быть записано в форме:

$$V_r(z) = -3V_0 r_0^2 (z - 1) z \quad (11)$$

В стоксовом приближении для определения давления в рассматриваемой области, а также для значений

Таблица 1

β	1.5	2	2.5	3
h	$V_0=0.1$			
0.05	128.64	105.58	79.56	70.12
0.1	109.94	86.90	59.89	44.10
	$V_0=0.2$			
0.05	73.31	61.35	53.45	44.36
0.1	71.14	58.13	50.14	39.41

подъемной силы P смазочного слоя, в [2] получены выражения:

$$R_0 \leq r \leq R: \quad p(r) = p_1 \frac{\ln(R/r)}{\ln(R/R_0)}$$

$$0 \leq r \leq R_0: \quad p = p_1$$

$$p_1 = \frac{6\mu Q}{\pi H^3} \ln \frac{R}{R_0}, \quad P = p_1 \frac{\pi(R^2 - R_0^2)}{2 \ln(R/R_0)} \quad (12)$$

где p_1 — давление на входе в камеру.

После введения безразмерного коэффициента подъемной силы $\Phi_p = P/(R^2 \rho W^2)$ и с учетом введенных обозначений, выражение (12) примет вид:

$$p(r) = p_1 \frac{\ln(r_k/r)}{\ln \beta}, \quad p_1 = \frac{6}{Re} V_0 r_0^2 \ln \beta,$$

$$\Phi_p = \frac{3}{Re} V_0 r_0^2 \pi \left(1 - \frac{1}{\beta^2}\right) \quad (13)$$

На рис. 1 (кривая 1) показана зависимость распределения давления (13). Численное решение краевой задачи (1) — (9) соответствует кривой 2. Исходя из сравнения двух представленных зависимостей, можно сделать вывод, что характер распределения давления отличается только в начальной области при входе в камеру ($0 \leq r \leq r_0$), а далее практически совпадает.

При больших значениях числа Рейнольдса давление начинает уменьшаться (кривые 3–6). Это приводит к снижению значений значения коэффициента подъемной силы. При использовании приближения Стокса, как это следует из формулы (13), значение Φ_p асимптотически приближается к нулю при $Re \rightarrow \infty$. В случае числен-

ного решения полной системы уравнений Навье-Стокса существует некоторое критическое значение числа Рейнольдса Re_c , при котором Φ_p становится равным нулю.

Для $Re < Re_c$ линии тока показывают безотрывный характер течения. При $Re > Re_c$ происходит отрыв потока в приосевой части течения и создается замкнутая рециркуляционная область, имеющая тороидальную структуру, и приближение Стокса не работает. Такой эффект в данном случае является аналогом распада вихря в закрученных потоках [3, 4].

Критические значения чисел Рейнольдса, полученные при решении краевой задачи (1) — (9), представлены в табл. 1.

Заключение

Выполненные численные исследования показывают ограниченность применения модели Стокса и возможность ее использования только при значениях чисел Рейнольдса, не превосходящих некоторого критического значения Re_c . Проведенными расчетами установлено, что это критическое значение составляет $Re_c = 40 - 130$.

При больших значениях $Re > Re_c$ в опорах скольжения формируются зоны рециркуляции с обратным течением жидкости и дальнейший расчет конструкций в этом диапазоне чисел Рейнольдса возможен только с применением полной системы уравнений Навье-Стокса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 18-01-00762).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов В.К., Шкадов В.Я. Численное моделирование вязких вихревых течений для технических приложений. М.: АСВ, 2009. 176 с.
2. Чернавский С.А. Подшипники скольжения. М.: Машгиз, 1963. 244 с.
3. Lucca-Negro O., O'Doherty T. Vortex breakdown: a review. Progr. in Energy and Comb. Sci. 2001. V. 27. P. 431–481.
4. Ахметов В.К., Шкадов В.Я. Устойчивость свободных и ограниченных закрученных течений с зонами рециркуляции // Инженерная физика. 2008. № 6. С. 6–13.

РОЛЬ ЦЕННОСТНЫХ ОРИЕНТИРОВ СТУДЕНТОВ И ВЫПУСКНИКОВ В ФОРМИРОВАНИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ¹

ROLE OF VALUABLE GUIDELINES OF STUDENTS AND GRADUATES IN THE FORMATION OF MANAGEMENT DECISIONS IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION

S. Ashmarina
E. Kandrashina
L. Lebedeva
A. Izmailov

Summary. The conditions in which the higher education system of the Russian Federation is developing are characterized by a number of features, including a decrease in the level of interest on the part of applicants, which can be traced in the dynamics of recent years. Under such circumstances, the university's place in the strategic development plan largely depends on those managerial decisions that will be made and implemented in the very near future. The formation and implementation of solutions is closely linked with the interests and value guidelines of key stakeholders, among which students are studying undergraduate and specialty programs, as well as graduates of undergraduate and specialty programs that continue to study at the master's program. We conducted a sociological study aimed at identifying the role of value orientations of undergraduate (or specialty) students, as well as undergraduate and graduate graduates who already have a diploma of higher education and are employed in the labor market, however, continuing their studies in the magistracy, in the formation of managerial decisions in higher education system of the Russian Federation.

The study was carried out as part of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 26.940.2017 / PC, the project "Management of changes in the higher education system based on the concept of sustainable development and harmonization of interests".

Keywords: universities; higher education; education; higher education system; stakeholders; Contact audiences value reference points; management decisions; managerial decision making.

Ашмарина Светлана Игоревна

*Д.э.н., профессор, ректор, Самарский
государственный экономический университет
asisamara@mail.ru*

Кандрашина Елена Александровна

*Д.э.н., профессор, Самарский государственный
экономический университет
kandrashina@sseu.ru*

Лебедева Людмила Геннадьевна

*Старший преподаватель, Самарский
государственный экономический университет
ludleb@mail.ru*

Измайлов Айрат Маратович

*К.э.н., доцент, Самарский государственный
экономический университет
airick73@bk.ru*

Аннотация. Условия, в которых развивается система высшего образования Российской Федерации характеризуется целым рядом особенностей, среди которых в том числе снижение уровня заинтересованности со стороны абитуриентов, прослеживающаяся в динамике последних лет. При таких обстоятельствах место вуза в стратегическом плане развития во многом зависит от тех управленческих решений, которые будут приняты и реализованы в самой ближайшей перспективе. Формирование и реализация решений плотно сопряжено с интересами и ценностными ориентирами ключевых стейкхолдеров, среди которых студенты обучающиеся по программам бакалавриата и специалитета, а также выпускники программ бакалавриата и специалитета, продолжающих обучение в магистратуре. Нами проведено социологическое исследование, направленное на выявление роли ценностных ориентиров студентов обучающихся на бакалавриате (или специалитете), а также выпускников бакалавриата и специалитета уже имеющих диплом о высшем образовании и трудоустроенных на рынке труда, однако, продолжающих обучение в магистратуре, в формировании управленческих решений в системе высшего образования РФ.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ № 26.940.2017/ПЧ, проект «Управление изменениями в системе высшего образования на основе концепции устойчивого развития и согласования интересов».

Ключевые слова: вузы; высшее образование; образование; система высшего образования; стейкхолдеры; контактные аудитории; ценностные ориентиры; управленческие решения; принятие управленческих решений.

¹ Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ № 26.940.2017/ПЧ, проект «Управление изменениями в системе высшего образования на основе концепции устойчивого развития и согласования интересов».

Положение дел в системе высшего образования (ВО) России на сегодняшний день подвержено динамичным изменениям. Главным образом это связано с изменением отношения к ВО основных стейкхолдеров, к которым относятся в том числе студенты бакалавриата (специалитета), а также выпускники бакалавриата и специалитета, вышедшие на рынок труда с наличием высшего образования, но продолжающих обучение в рамках магистратуры.[1] Как считают В. А. Архипов и А. В. Чаевич это обусловлено рядом причин, главной из которых является проблема изменения ценностных регуляторов, низкая востребованность духовно-нравственных ценностей у современной молодежи. [2,3]

Далее по статье под категорией выпускников будет пониматься группа трудоустроенных специалистов, имеющих диплом обо окончании специалитета или магистратуры, но, продолжающих обучение в магистратуре.

Если в советское время полученный диплом о ВО можно было монетизировать на протяжении всей экономически активной жизни, то сегодня дипломированный специалист вынужден регулярно переучиваться и актуализировать знания. Соответственно, угол зрения к ВО у потребителей сегодня также существенно отличается от того, который был еще несколько десятилетий назад.

Прежде всего стоит сказать о ценности ВО для основных контактных аудиторий. Согласно исследованиям, проведенным ВЦИОМ, больше половины опрошенных россиян (56%) оценивают качество подготовки в российских вузах как среднее, примерно так же его оценивают работодатели (55%), а среди молодых специалистов так думает только треть (36%). По мнению 22% граждан, уровень подготовки выпускников в отечественных университетах и институтах высокий. Такую точку зрения разделяют большинство молодых специалистов (58%) и только каждый десятый работодатель (13%). В низком уровне подготовки профессиональных кадров уверены 16% россиян, четверть работодателей (28%) и только 5% «вчерашних выпускников». [4]

В условиях, при которых заинтересованность контактных аудиторий в ВО снижается, вузы вынуждены прикладывать дополнительные усилия для обеспечения необходимого уровня интереса к своим услугам. Соответственно, управленческие решения, принимаемые руководством важно для вуза как с точки зрения правильного позиционирования при привлечении абитуриентов, так и в контексте развития образования «через всю жизнь».

Мнение стейкхолдеров представляет для вузов чрезвычайную важность прежде всего с точки зрения управления, как мнение непосредственных потребителей,

которые могут оценить качество и результативность современного образования.

Понимание факта влияния ценностных ориентиров на происходящие в системе образования процессы представляет большую ценность для руководства вузов и аналитики процессов, происходящих в системе ВО.

Нами проведено социологическое исследование, в рамках которого одной из задач было изучение ценностных ориентиров студентов бакалавриата (специалитета), а также трудоустроенных выпускников вузов. Исследование было подготовлено, организовано и проведено группой авторов, летом 2018 года на территории Самарской области.

Из числа представителей бакалавриата и специалитета больше всего опрошенных обучались на четвертом и втором курсах. Если говорить о возрасте опрошенных, то, необходимо отметить, что из числа опрошенных бакалавров и специалистов возраст 20–21 год явился наиболее распространенным, в то время как меньше всего опрошенных входило в диапазон 24–25 лет. Если говорить о возрасте выпускников, принявших участие в опросе, то, следует отметить, что основной массе опрошенных на момент исследования еще не было 24 лет.

Студенты, обучающиеся в вузах, главным образом намерены освоить программу подготовки по определенному направлению, с целью дальнейшего трудоустройства. Однако, на вопрос о том насколько важен вузовский диплом для трудоустройства на высокооплачиваемую работу представители разных групп опрошенных ответили по-разному. Решительно положительный ответ на указанный вопрос дали половина опрошенных бакалавров и специалистов, и практически все опрошенные выпускники. Неуверенный, но положительный ответ на данный вопрос дали треть бакалавров и десятая часть выпускников. Сторонниками того, что получение диплома о высшем образовании не является залогом трудоустройства на высокооплачиваемую работу явилась пятая часть опрошенных студентов. Среди выпускников сторонников данной позиции не нашлось.

Исходя из вышесказанного можно отметить, что положительное отношение выпускников к вопросу получения диплома о высшем образовании существенно выше, чем это прослеживается у представителей бакалавриата и специалитета. Объяснить данную ситуацию можно с двух позиций: во-первых возраст выпускников несколько выше, чем у бакалавров и специалистов, соответственно и отношение к трудоустройству намного серьезнее. Во-вторых, дипломированные выпускники в абсолютном большинстве своем являются уже трудоустроенными сотрудниками различных компаний,

имеющих понимание и более глубокое представление о необходимости диплома о высшем образовании для высокооплачиваемой работы.

Как представители бакалавриата (специалитета) так и представители группы исследованных выпускников выбирали направление профессиональной подготовки с определенным расчетом. К примеру, чуть более половины опрошенных бакалавров (специалистов) отмечают, что выбранная профессия в обозримом будущем принесет им материальное благополучие, в то время как у выпускников наиболее популярным ответом оказалось то, что получение диплома о высшем образовании станет основой для престижной работы. Реализация творческих способностей на месте трудоустройства, которым способен обеспечить диплом о высшем образовании, на втором месте по популярности ответов у бакалавров. За важность этого аспекта высказались чуть менее половины опрошенных студентов. У выпускников же на втором месте по степени популярности ответов находится именно материальное благополучие, за которое высказались чуть больше трети опрошенных. Возможность реализовать свои творческие способности благодаря получению диплома о высшем образовании у выпускников на третьем месте по степени популярности. Данной позиции придерживается треть опрошенных выпускников.

Четверть опрошенных студентов и десятая часть опрошенных выпускников высказались за то, что им сложно выразить свою точку зрения относительно поставленного вопроса. Делая вывод, здесь стоит сказать, что основными мотивами получения профессии в стенах университета являются материальное благополучие и получение престижной профессии. Фактором, также имеющим существенное влияние на решение поступать в университет, является возможность реализации своих творческих способностей благодаря полученной профессии.

Делая выбор между тем или иным вузом представители обеих исследованных групп людей, как правило, рассматривали параллельно несколько вариантов. Однако, присутствие альтернативы присуще именно студентам (более 60% опрошенных), в то время как из числа опрошенных выпускников параллельное рассматривали обучение в другом университете только треть. Отсюда следует, что выпускники, как правило, обладают более устойчивой позицией относительно получения высшего образования. Затруднений в ответе на данный вопрос практически ни у кого не возникло.

Существование альтернатив как правило обусловлено определенными причинами. Данные причины по-разному мотивируют группы исследуемых. К примеру, более дешевая стоимость обучения наиболее существенная причина существования альтернатив

у студентов, в то время как у выпускников важную роль играет престижность вуза и наличие подходящей специальности в спектре возможных программ обучения. Сложности с ответом на данный вопрос возникли более чем у трети выпускников, в то время как у бакалавров и специалистов таковых практически не встречалось.

Мнения респондентов, дававших ответ на вопрос о причинах желая поступать в другой университет, часто сходились на наличии причин, не представившихся в списке возможных ответов на вопрос. Среди таковых встречалось множество различных вариантов, в том числе размер стипендии, сложность процесса обучения, город в котором находится вуз, а также наличие военной кафедры. Список всевозможных причин, из-за которых у поступающих возникали мысли пойти в другой вуз достаточно широк, однако, если объединить их в категории, то можно сказать, что как для опрошенных студентов, так и для выпускников важным представляется локация вуза, качество обучения, инфраструктура университета, а также наличие стипендии.

Разница в позициях разных групп исследуемых оказывает влияние не только на вышеописанные аспекты образовательной деятельности, но, также и на оценку достоинств учебного заведения, в котором обучаются опрошиваемые. Рассмотрим сначала рейтинговый порядок достоинств, обозначенных бакалаврами и специалистами.

Наибольшее количество голосов было отдано за высокий уровень теоретической подготовки (более половины опрошенных), в то время как с некоторым отрывом идет возможность получения обучающимся сразу двух дипломов (чуть более трети опрошенных). Наличие возможности обучаться на переводческом отделении, а также привитие студентам стремления к саморазвитию в равной мере оцениваются третью бакалавров и специалистов. Хорошо организованный учебный процесс и высокий уровень практической подготовки положительно оценен каждым пятым участником исследования. Каждый пятый оценил в качестве неоспоримого достоинства высокий уровень профессорско-преподавательского состава. Далее, примерно в равной степени каждым десятым опрошенным положительно оценены такие аспекты работы вуза как воспитание у студентов готовность трудиться по полученной специальности, хорошая компьютерная подготовка, хорошая организация ученой и производственной практик, а также условия досуга для студентов университета.

Отсюда можно сделать вывод о том, что студентам из числа бакалавров и специалистов в приоритетной важности такие аспекты учебного процесса как теоретическая подготовка и возможности дополнительного обучения, гарантирующего получение двух дипломов и изучение языков.

К сравнению, участники исследования из числа выпускников на первое место из достоинств вуза ставят именно высокий уровень профессорско-преподавательского состава (каждый третий опрошенный). Высокий уровень теоретической подготовки положительно оценен каждым пятым выпускником. Следующим по приоритетности достоинством вуза, по мнению трудоустроенных выпускников, идет высокий уровень практической подготовки (положительный ответ дан каждым десятым опрошенным).

Далее, примерно одинаковым количеством положительных ответов (каждый десятый участник) отмечены такие достоинства в обучении студентов как: высокий уровень практической подготовки, привитие студентам стремления к саморазвитию и самообразованию. Каждый двадцатый опрошенный высказался положительно за такие аспекты как возможность получения двух дипломов, хорошая материально-техническая база вуза, возможность реального отбора учебных дисциплин по выбору, воспитание у студентов готовности работать по избранной специальности.

Наименее популярные достоинства среди имевшихся в представленном респондентам списке явились такие как хорошо организованный учебный процесс и благоприятно организованные условия для проведения досуга.

Исходя из вышесказанного можно сказать, что выпускники отличаются большей прагматичностью в отношении к процессу своего обучения, и делают большую ставку на уровень и качество профессорско-преподавательского состава и уровень теоретической подготовки.

Если сделать вывод по ответам обеих групп исследованных, то напрашивается тезис о том что бакалавры и специалисты больше нацелены на результат своего обучения в вузе в виде получения диплома и обучения иностранным языкам. Выпускники же в свою очередь больше ориентированы на качество самого процесса обучения, качества и уровня подготовки преподавательского состава.

Лица, затруднившиеся с ответом на вышеобозначенный вопрос, нашлись только среди студентов. Среди выпускников таковых не выявлено.

Немаловажным вопросом, фигурировавшим в рамках проведения социологического исследования следует считать вопрос о степени удовлетворенности от поступления в вуз. Решительно положительный ответ дала половина опрошенных обучающихся на бакалавриате, и практически две трети выпускников. Большая уверенность в своих ответах присуща именно представителям

дипломированных выпускников. Треть опрошенных представителей бакалавриата выразили некоторое сомнение в своем ответе, сказав, что скорее удовлетворены, чем не удовлетворены, в то время как среди выпускников только пятая часть склонна выражать сомнение в своем ответе относительно степени удовлетворенности. Уверенность в ответах присущая выпускникам отразилась не только на положительных ответах к поставленным вопросам. Выпускники также в большей мере склонны выражать уверенность в недовольстве и неудовлетворенности тем, что поступили в тот вуз, в котором они обучаются. Если среди бакалавров и специалистов недовольство было выражено каждым пятидесятым участником опроса, то время магистрантов — каждым двадцатым. Трудности с ответом на данный вопрос возникли у равного количества участников из обеих исследуемых групп людей. Каждый двадцатый опрошиваемый затруднился дать ответ.

Неудовлетворенность своим выбором как правило рождает мысли о пользе поступления респондента в другой вуз. Отметим, что бакалавры и специалисты более склонны таким мыслям, чем выпускники. Если среди выпускников каждый пятый опрошенный считает, что ему было бы полезно попробовать поступить в другой вуз, то среди бакалавров и специалистов численность практически в два раза выше. В то же время доля отрицательных ответов на вопрос о желании и пользе поступления в другой вуз намного выше именно в среде выпускников, в то время как среди бакалавров и специалистов данный показатель значительно ниже. В то же время выпускники, по сравнению со студентами больше склонны были оставлять данный вопрос без ответа. Отсюда следует вывод, что выпускники, как правило, более осознанны в выборе и облают большим пониманием своих желаний и стремлений относительно получения высшего образования и освоения профессии. Бакалавры же склонны размышлять о пользе поступления в другой вуз.

Как говорилось выше, развитие общества сегодня предполагает получение образования на протяжении всей жизни. Однако, будет ли человек придерживаться данной концепции зависит в том числе от уровня удовлетворенности образованием, полученным в вузе. Участникам исследования было предложено оценить степень своей удовлетворенности образованием. Отметим, что решительное подтверждение своей удовлетворенности качеством образования в стенах выбранного вуза выразили около половины опрошенных студентов и более половины выпускников. Численность удовлетворенных своим образованием выпускников превалирует над аналогичным показателем из числа обучающихся. С одной стороны, это может быть обусловлено поколенческим аспектом, формирующим разный взгляд на данный во-

прос. С другой стороны, нельзя исключать еще не сформировавшиеся представления о своем образовании у студентов и вероятность объективного снижения качества предоставляемого образования самим вузом.

Помимо уверенных утверждений касательно степени удовлетворенности качеством предоставляемого образования, следует также выделить долю людей из обеих групп исследованных, которые выразили положительное, но неуверенное утверждение относительно удовлетворенности качеством предоставляемого образования. Студенты больше склонны к неуверенным положительным ответам чем это можно сказать о выпускниках. Из числа опрошенных студентов численность неуверенных положительных ответов достигает практически половины, в то время как доля выпускников с неуверенными положительными ответами чуть превышает треть. Неопределенность в данном аспекте присуща именно студентам (каждому пятому участнику опроса), нежели выпускникам (каждый десятый опрошенный).

Неудовлетворенность качеством получаемого образования выразило одинаковое количество исследованных из обеих групп. В то же время, отметим, что суммарная доля таковых не превышает 4% по обеим группам.

На принятие решений контактными аудиториями влияет в том числе уровень тревоги в повседневной жизни. Изучая точку зрения исследуемых групп людей, было выявлено, что основным фактором, являющимся причиной высокого уровня тревоги у обучающихся студентов, является вопрос будущего трудоустройства после окончания обучения в вузе. Более половины опрошенных высказались именно за этот вариант ответа.

Популярность ответов на данный вопрос в рядах групп опрошенных различается. Вопрос трудоустройства, например, у выпускников находится на втором месте, уступая положению в стране. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что выпускники ввиду своего уже существующего трудоустройства склонны значительно реже беспокоиться об этом, в то время как положение дел в государстве наиболее существенно влияет на выбор выпускников.

Более трети опрошенных из группы студентов ощущает чувство тревоги в связи с личными проблемами, в то время как только каждый пятый выпускник испытывает тревогу в связи с наличием личных проблем. Положение дел в стране является причиной тревоги у трети опрошенных бакалавров (специалистов) и данный фактор находится на третьем месте по популярности. У выпускников на третьем месте по популярности является вопрос о необходимости диплома по получаемой про-

фессии на фактическом месте обучения (каждый пятый опрошенный).

Учитывая то, что на сегодняшний день образование в РФ является двухуровневым, многих студентов тревожит вопрос способности оплачивать дальнейшую учебу в магистратуре (17% опрошенных из числа специалистов). У выпускников, уже имеющих место работы присутствует такой вопрос как возможность поступать в аспирантуру. Данный вопрос является основой для тревоги чуть более чем десятой части опрошенных выпускников.

Отметим, что присутствуют в том числе лица, выразившие полное отсутствие всяких причин и факторов тревоги. В обеих исследованных группах людей численность подобных ответов составляет не более 5% от общей совокупности опрошенных.

Важным представляется выявленная тенденция четкого намерения работать по полученной специальности, как среди опрошенных бакалавров, так и среди опрошенных выпускников.

Делая выводы по исследованию, можно сказать, что для обучающихся студентов важным представляется будущее материальное благополучие и возможности реализации своих творческих способностей после получения образования. Как правило, студенты при поступлении имеют склонность рассматривать сразу несколько вузов, в поисках наиболее доступных цен на обучение. Студенты больше ориентированы на получение диплома о высшем образовании, нежели озабочены качеством своего образования. Выпускники же фокусируются именно на возможности получения престижной работы после окончания вуза, и обретение материального благополучия. Выпускникам не так важен сам факт получения диплома о высшем образовании, как качество получаемого образования. Удовлетворенность образованием среди выпускников существенно выше, чем среди обучающихся студентов. В то же время, среди опрошенных выпускников выявлено намного больше уверенных ответов на поставленные вопросы, чем у обучающихся студентов.

Результаты исследований, отраженные в представленной статье, могут найти применение в формировании тактических и стратегических управленческих решений администрацией вузов.

Отраженные в статье материалы получены в результате исследований, выполненных в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ № 26.940.2017/ПЧ, проект «Управление изменениями в системе высшего образования на основе концепции устойчивого развития и согласования интересов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кон И.С. (1971) Студенчество на западе как социальная группа: вопросы философии // Вопросы философии 1971. — № 9. 72 с
2. Архипов В. А. (2012) Ценностные ориентации и нравственные установки современной российской молодежи/В.А. Архипов, А. В. Чаевич//Сервис в России и за рубежом. —2012. -Т. 30, № 3. -С. 50–57.
3. Сидоров Д. Г. (2013) Динамика ценностных ориентаций студентов в период обучения//Приволжский научный журнал. —2013. -№ 1. -С. 150–153.
4. Высшее образование: контроль не ослаблять, качество повышать. (2016) <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=115775>

© Ашмарина Светлана Игоревна (asisamara@mail.ru), Кандрашина Елена Александровна (kandrashina@sseu.ru),
Лебедева Людмила Геннадьевна (ludleb@mail.ru), Измайлов Айрат Маратович (airick73@bk.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ОБЗОР ПО ДИСКРЕТНЫМ СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ

OVERVIEW OF DISCRETE MANAGEMENT SYSTEMS

**A. Boryaev
Zhu Yuqing**

Summary. The review presents the scope of discrete control systems. The mathematical apparatus used in the theory of discrete automatic control systems for aircraft is considered. Transformations are presented, including the discrete Laplace transform, its connection with the Laplace transform of continuous functions, elements of the theory of difference equations. The definition of mathematical models of discrete automatic systems is given. The concepts of transfer functions and frequency characteristics of discrete systems, methods for their determination are considered. The methods of analysis and synthesis of discrete systems are described. The analysis of stability and quality of discrete systems is given.

Keywords: discrete control systems; mathematical model; analysis methods.

Боряев Александр Александрович

*К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
Политехнический университет им. Петра Великого;
доцент, Санкт-Петербургский Государственный
архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург
Sasa1953@yandex.ru*

Чжу Юйцин

*Аспирант, Санкт-Петербургский Политехнический
университет им. Петра Великого, г. Санкт-Петербург*

Аннотация. В обзоре представлена область применения дискретных систем управления. Рассмотрен математический аппарат, применяемый в теории дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов. Представлены преобразования, в том числе дискретное преобразование Лапласа, его связь с преобразованием Лапласа непрерывных функций, элементы теории разностных уравнений. Дано определение математических моделей дискретных автоматических систем. Рассмотрены понятия передаточных функций и частотных характеристик дискретных систем, способы их определения. Изложены методы анализа и синтеза дискретных систем. Приводится анализ устойчивости и качества дискретных систем.

Ключевые слова: дискретные системы управления; математическая модель; методы анализа.

Введение

Втехнике управления наряду с непрерывными широко применяются дискретные системы, в которых контур управления замыкается только на определенные промежутки времени, осуществляя воздействие на исполнительный орган импульсами (1–4). В паузах между импульсами цепь управления остается разомкнутой.

Рассмотрим некоторые примеры дискретных систем автоматического управления летательными аппаратами.

Автодальномер — автоматическая система определения дальности до обнаруженного объекта, применяемая в радиолокационных станциях импульсного типа.

Принцип радиолокационного измерения дальности основан на определении промежутка времени τ от момента посылки зондирующего импульса передатчиком до момента прихода отраженного импульса от объекта (эхо-импульса)

$$\tau = 2L/c,$$

где L , — дальность до объекта, c — скорость распространения электромагнитного излучения.

Импульсные системы широко применяются в радиолокационных установках, предназначенных для обнаружения подвижных объектов и определения их координат. Использование импульсного радиоизлучения позволяет увеличить дальность обнаружения и резко сократить габариты и массу радиолокационной аппаратуры, что особенно важно для бортовых радиолокационных систем.

Цифровая комплексно-автоматизированная система управления. Рассмотрим основные задачи, которые решает бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) в процессе подготовки пуска и в течение полета летательного аппарата (ЛА).

На БЦВМ возлагается обслуживание целого ряда зависимых и независимых каналов управления. При этом БЦВМ выполняет функции многоканального регулятора, обслуживающего последовательно во времени отдельные подсистемы, образующие в совокупности комплексно-автоматизированную систему управления. Кроме того, во время предстартовой подготовки БЦВМ используется для проверки самого ЛА и его системы управления. Сформированные БЦВМ управляющие сигналы преобразуются в непрерывные и поступают на рулевые приводы управляющих органов самого ЛА, в результате чего обеспечивается движение по заданной траектории с требуемой точностью.

Назначение, принципы построения и основные особенности дискретных систем управления

Современная тенденция развития систем управления основана на использовании в качестве устройств управления специализированных или универсальных компьютеров (5). Компьютерные системы управления имеют ряд важных преимуществ:

- ◆ минимальное потребление энергии;
- ◆ малые габариты и масса устройств управления;
- ◆ возможность реализации любых сложных законов управления, в том числе многоканальных, оптимальных и адаптивных;
- ◆ универсальная программная реализация произвольных законов управления.

В системе управления летательного аппарата присутствуют устройства состояние и поведение которых характеризуется сигналами с принципиально разным характером изменения: объект управления, измерительные и исполнительные устройства — непрерывного действия; устройство управления — дискретного действия.

Для учета особенностей процессов в таких системах при решении задач их анализа и синтеза используют специальный математический аппарат (6).

Рассмотрим основные виды систем автоматического управления (САУ) с устройствами дискретного действия.

Дискретные САУ — это системы, в которых содержится одно или несколько звеньев, производящих квантование непрерывного сигнала в дискретный.

В зависимости от вида квантования различают релейные, импульсные и цифровые системы. В релейных системах осуществляется квантование по уровню, в импульсных — по времени, в цифровых — по времени и уровню. Импульсными называются системы, включающие в себя хотя бы один импульсный элемент.

Релейными называются системы, включающие в себя хотя бы один релейный элемент. Здесь сигнал, поступающий на непрерывную часть системы с релейного элемента может принимать только фиксированные значения (уровни), определяемые характеристикой релейного элемента. В этом случае преобразование сигнала, выполняемое релейным элементом, является квантованием по уровню.

В системах компьютерного управления (цифровых автоматических системах) устройство управления строится на основе микропроцессоров, характерными особенностями которых являются работа в дискретном времени и представление сигналов в цифровой (дис-

кретной) форме — в виде двоичных кодов. Следовательно, в цифровых системах управления присутствуют оба вида квантования сигнала: по времени и по уровню,

Следовательно, компьютерная или цифровая система управления должна рассматриваться как нелинейная дискретная система, что приводит к усложнению математического аппарата, применяемого для ее анализа или синтеза (7). Для таких систем применяется термин «дискретные системы».

Виды модуляции сигнала. Выполняемое импульсным элементом преобразование сигнала из непрерывной в импульсную форму (квантование по времени) называют также модуляцией сигнала. Перечислим основные виды модуляции.

Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) — формирование последовательности импульсов постоянной частоты и длительности, амплитуда которых пропорциональна величине входного сигнала.

Частотно-импульсная модуляция (фазоимпульсная модуляция — ФИМ) — формирование последовательности импульсов постоянной амплитуды и длительности, частота следования (или интервал дискретизации) которых пропорциональна величине входного сигнала.

Выбор такта квантования по времени. В результате квантования непрерывного сигнала по времени неизбежна потеря информации о входном сигнале импульсного элемента, так как значения сигнала внутри такта не влияют на его выходной сигнал.

Выбор величины такта T_0 или частоты квантования

$$\omega = \frac{2\pi}{T_0}$$

обычно осуществляется на основе теоремы Котельникова — Шеннона, определяющей условие теоретической возможности восстановления исходного непрерывного сигнала по дискретной последовательности его значений. В соответствии с указанной теоремой при известной максимальной частоте, ограничивающей спектр непрерывного сигнала ω_{\max} , точное его восстановление возможно при условии $\omega > 2\omega_{\max}$. Отсюда получаем условие для выбора величины такта: $T_0 < \pi/\omega_{\max}$.

Основные сведения о математическом аппарате, применяемом для импульсных и дискретных систем

Математическая модель импульсного элемента обычно рассматривается в форме последовательного

соединения ключа, замыкающегося и размыкающегося с периодом T_0 , и непрерывной части (8). Принимается, что ключ замыкается на время, значительно меньшее по сравнению с T_0 . Поэтому сигнал на выходе ключа может рассматриваться как решетчатая функция, значения которой совпадают со значениями входного сигнала $x(t)$ в моменты времени $t = nT_0$, где

$$n = 0, 1, 2, \dots (x[nT_0]).$$

Непрерывная часть импульсного элемента (экстраполятор) обеспечивает формирование импульсов определенной формы и длительности

$$(x^*(t)).$$

Импульсы можно классифицировать по форме: прямоугольные, треугольные, синусоидальные и т.д.

Несмещенная решетчатая функция $f[nT_0]$, в сокращенной записи $f[n]$, — это функция, значения которой определены в дискретные моменты времени $t = nT_0$, где n — номер такта, $T_0 = \text{const}$ — период дискретности.

Роль первой производной непрерывной функции для решетчатой функции может выполнять первая

$$\Delta f[n] = f[n+1] - f[n]$$

или первая обратная разность

$$\nabla f[n] = f[n] - f[n-1].$$

Роль второй производной для решетчатой функции выполняют вторая прямая разность:

$$\begin{aligned} \Delta^2 f[n] &= \Delta f[n+1] - \Delta f[n] = \\ &= f[n+2] - 2f[n+1] + f[n] \end{aligned}$$

или вторая обратная разность:

$$\begin{aligned} \nabla^2 f[n] &= \nabla f[n] - \nabla f[n-1] = \\ &= f[n] - 2f[n-1] + f[n-2]. \end{aligned}$$

Высшие прямая и обратная разности определяются с помощью рекуррентных соотношений;

$$\begin{aligned} \Delta^k f[n] &= \Delta^{k-1} f[n+1] - \Delta^{k-1} f[n], \nabla^k f[n] = \\ &= \nabla^{k-1} f[n] - \nabla^{k-1} f[n-1]. \end{aligned} \tag{1}$$

При вычислении обратных разностей значения $f[m]$ для $m < 0$ следует брать равными нулю.

Роль определенного интеграла для решетчатой функции могут выполнять неполная сумма:

$$\sigma[n] = \sum_{m=0}^{n-1} f[m] = \sum_{l=1}^n f[n-l]$$

или полная сумма:

$$\sigma_0[n] = \sigma[n] + f[n] = \sigma[n+1] = \sum_{m=0}^n f[m]$$

Для смещенных решетчатых функций все перечисленные соотношения аналогичны.

В качестве аналогов дифференциальных уравнений для решетчатых функций используются разностные уравнения (уравнения в конечных разностях) (9). Для прямых разностей может быть составлено неоднородное линейное разностное уравнение

$$b_0 \Delta^m y[n] + b_1 \Delta^{m-1} y[n] + \dots + b_m y[n] = f[n] \tag{2}$$

где $y[n]$ — искомая, $f[n]$ — заданная решетчатые функции. На основе (1) уравнение (2) может быть преобразовано к виду

$$a_0 y[n+m] + a_1 y[n+m-1] + \dots + a_m y[n] = f[n] \tag{3}$$

Уравнения для обратных разностей:

$$\begin{aligned} b_0 \nabla^m y[n] + b_1 \nabla^{m-1} y[n] + \dots + b_m y[n] &= f[n] \\ a_0 y[n] + a_1 y[n-1] + \dots + a_m y[n-m] &= f[n] \end{aligned} \tag{4}$$

Наиболее удобны уравнения вида (3) и (4), так как они легко преобразуются в рекуррентные формулы для пошагового вычисления решетчатой функции $y[n]$, удобные для реализации на компьютере:

$$\begin{aligned} y[n+m] &= \frac{1}{a_0} f[n] - \frac{a_1}{a_0} y[n+m-1] - \dots - \frac{a_m}{a_0} y[n], \\ y[n] &= \frac{1}{a_0} f[n] - \frac{a_1}{a_0} y[n-1] - \dots - \frac{a_m}{a_0} y[n-m]. \end{aligned}$$

При $f[n] = 0$ получим однородные разностные уравнения. Их решение аналогично решению однородных дифференциальных уравнений. Составляется характеристическое уравнение:

$$a_0 z^m + a_1 z^{m-1} + \dots + a_m = 0 \tag{5}$$

и определяются его корни $z_i, i = 1, 2, \dots, m$.

Общее решение однородного разностного уравнения при вещественных некратах корней характеристического уравнения:

$$y[n] = C_1 z_1^n + C_2 z_2^n + \dots + C_m z_m^n, \quad (6)$$

где C_i — произвольные постоянные, определяемые через начальные условия.

Дискретная система устойчива, если все корни ее характеристического уравнения лежат внутри круга единичного радиуса.

Если хотя бы один корень лежит вне круга единичного радиуса, то система неустойчива.

Окружность единичного радиуса представляет собой границу устойчивости.

Второй вариант математического описания импульсного звена предполагает, что на выходе ключа формируется последовательность δ -функций, площадь каждой из которых совпадает со значением входного сигнала звена $x(t)$ в моменты времени $t = nT_0$:

$$x^*[n] = x(t)\delta(t - nT_0), n = 0, 1, 2, \dots$$

Дискретное преобразование Лапласа решетчатой функции $f[n]$ определяется формулой

$$F^*(s) = D\{f[n]\} = \sum_{n=0}^{\infty} f[n]e^{-snT_0}. \quad (7)$$

Как видно из (7), изображение $F^*(s)$ является функцией величины e^{-sT_0} .

На основе подстановки $e^{sT_0} = z$; может быть получено более удобное для решения практических задач z -преобразование:

$$F(z) = Z\{f[n]\} = \sum_{n=0}^{\infty} f[n]z^{-n}.$$

Таким образом, изображения $F^*(s)$ и $F(z)$ взаимно однозначно связаны. Переход от одного из них к другому или обратно осуществляется путем указанной подстановки.

Свойства дискретного преобразования Лапласа и z -преобразования одинаковы. Рассмотрим их на основе z -преобразования.

Свойство линейности:

$$Z\left\{\sum_{k=1}^N c_k f_k[n]\right\} = \sum_{k=1}^N c_k Z\{f_k[n]\}.$$

Теорема смещения

$$Z\{e^{\lambda nT_0} f[n]\} = F\left(\frac{z}{d}\right), d = e^{\lambda T_0}.$$

Изображение первой прямой разности:

$$Z\{\Delta f[n]\} = (z-1)F(z) - zf[0].$$

Изображения прямых разностей второго и более высоких порядков имеют сложный вид и неудобны для практического использования.

Для обратных разностей благодаря $f[m] = 0$ для $m < 0$ изображения имеют простой вид:

$$Z\{\nabla f[n]\} = \frac{z-1}{z} F(z), \quad (8)$$

$$Z\{\nabla^k f[n]\} = \left(\frac{z-1}{z}\right)^k F(z). \quad (9)$$

Отметим, что соотношения (8), (9) аналогичны теоремам дифференцирования для непрерывного преобразования Лапласа в случае нулевых начальных условий.

На основе теоремы запаздывания можно построить процедуру перехода от разностных уравнений к алгебраическим уравнениям для z -изображений решетчатых функций и далее к передаточным функциям, аналогичную известной для дифференциальных уравнений (11).

Рассмотрим линейное разностное уравнение, полученное на основе обратных разностей, в наиболее общем виде:

$$\begin{aligned} a_0 y[n] + a_1 y[n-1] + \dots + a_m y[n-m] = \\ = b_0 f[n] + b_1 f[n-1] + \dots + b_l f[n-l] \end{aligned}$$

Принимая $f[k] = 0$ и $y[k] = 0$ для $k < 0$, получаем

$$\begin{aligned} a_0 y[n] + a_1 y[n-1] + \dots + a_m y[n-m] = \\ = b_0 f[n] + b_1 f[n-1] + \dots + b_l f[n-l] \end{aligned}$$

Теперь изображение искомой решетчатой функции $Y[z]$ можно выразить через изображение заданной для правой части уравнения решетчатой функции $F[z]$:

$$Y[z] = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_l z^{-l}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_m z^{-m}} F[z] = \frac{B[z]}{D[z]} Y[z] =$$

$$= W[z] F[z]$$

Таким образом, введена дискретная передаточная функция $W[z]$ как отношение изображений выходной и входной переменных

$$W[z] = \frac{Y[z]}{F[z]}$$

при нулевых начальных условиях.

Решение разностных уравнений. Перечислим способы решения разностных уравнений.

1. Классический метод:

$$a_0 y[n] + a_1 y[n-1] + \dots + a_m y[n-m] = f[n]$$

дает решение в форме

$$y[n] = y_{\Pi}[n] + y_B[n]$$

где $y_{\Pi}[n]$ — переходная составляющая (свободное движение) находится как общее решение уравнения в соответствии с (5)—(8), $y_B[n]$ — вынужденная составляющая — как частное решение уравнения.

2. Использование рекуррентных формул:

$$y[n] = \frac{b_0}{a_0} f[n] + \frac{b_1}{a_0} f[n-1] + \dots + \frac{b_l}{a_0} f[n-l] - \frac{a_1}{a_0} y[n-1] - \dots - \frac{a_m}{a_0} y[n-m]$$

Переход от изображения известной (заданной) функции $F(z)$ к изображению искомой функции $Y(z)$ и использование таблиц z -изображений для получения оригинала $y[n]$. Если изображение $Y(z)$ получается сложным и не содержится в таблицах, его раскладывают в сумму табличных изображений и получают результат в виде суммы оригиналов в соответствии со свойством линейности z -преобразования.

Формы математических описаний дискретных систем управления

Для дискретных систем автоматического управления применяются все формы математического описания, аналогичные известным для непрерывных систем: структурно-динамическая схема, передаточные функции, разностные уравнения, система разностных уравнений, векторно-матричная форма.

Проведем их обзор, обращая внимание на основные особенности составления моделей дискретных систем, связанные прежде всего с наличием процесса квантования по времени (12).

На практике встречаются системы как полностью состоящие из дискретных звеньев, так и содержащие дискретную и непрерывную части.

В первом случае при получении всех видов передаточных функций системы как для задающих, так и для

возмущающих воздействий сохраняется набор соотношений для вариантов типового соединения звеньев, преобразования структурных схем и получения передаточных функций замкнутых систем, известных из теории непрерывных систем.

При наличии в системе непрерывной части, прежде всего непрерывного объекта управления, необходимо корректно выполнить дискретизацию модели — переход от дифференциальных к разностным уравнениям и от обычных к дискретным передаточным функциям.

Наиболее простым методом дискретизации модели, заданной в форме дифференциальных уравнений, является метод Эйлера. Он основан на приближенном представлении производной непрерывной функции в форме прямой:

$$\dot{x}(nT_0) = \Delta x[nT_0] = \frac{x[(n+1)T_0] - x[nT_0]}{T_0}$$

или обратной разности:

$$\dot{x}(nT_0) = \nabla x[nT_0] = \frac{x[nT_0] - x[(n-1)T_0]}{T_0}$$

Для второй производной указанные соотношения применяются к первой производной и т.д.

Значительная часть задач анализа и синтеза импульсных систем решается с помощью дискретных передаточных функций, так как при их получении полностью учитываются характеристики импульсной части системы, включая шаг дискретизации по времени.

Объединение непрерывных последовательно соединенных звеньев и получение общей передаточной функции должно быть выполнено в рамках преобразования Лапласа, и только потом может быть найдена дискретная передаточная функция всего непрерывного участка системы.

Особенности дискретных передаточных функций проявляются и при описании замкнутых систем. При наличии единичной отрицательной обратной связи передаточные функции замкнутой системы определяются аналогично непрерывным системам.

Основная передаточная функция замкнутой системы

$$\Phi(z) = \frac{Y(z)}{G(z)} = \frac{W(z)}{1 + W(z)}$$

Передаточная функция замкнутой системы по ошибке

$$\Phi_x(z) = \frac{Y(z)}{G(z)} = \frac{1}{1 + W(z)}$$

В случае гибкой обратной связи без дополнительно импульсного элемента в обратной связи указанные

передаточные функции определяются следующим образом:

$$\Phi(z) = \frac{Y(z)}{G(z)} = \frac{W(z)}{1 + W_1(z)}.$$

где $W_1(z) = Z\{W(s)W_{oc}(s)\}$, $\Phi_x(z) = 1 - \Phi(z)$.

Передаточная функция замкнутой системы по возмущению в общем случае может быть получена только при наличии ключа сразу после точки приложения возмущающего воздействия, что на практике встречается редко.

При определении передаточной функции непрерывной части ее рассматривают совместно с экстраполятором. При этом экстраполятор стараются строить таким образом, чтобы ослабить влияние эффекта дискретизации по времени на работу системы (12).

Передаточная функция экстраполятора может быть найдена как изображение по Лапласу его весовой функции, которая имеет вид прямоугольного импульса $1(t) - 1(t - T_0)$. Его изображение с учетом теоремы сдвига для второго слагаемого:

$$F_{и}(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s} \cdot e^{-sT_0} = \frac{1 - e^{-sT_0}}{s} = W_3(s).$$

В экстраполяторе первого порядка сигнал на выходе в течение всего такта изменяется по линейному закону:

$$x_1(t - nT_0) = x[n] + \frac{\nabla x[n]}{T_0}(t - nT_0).$$

В результате в конце такта на выходе экстраполятора будет сигнал

$$x_1[n+1] = x[n] + \nabla x[n] \neq x[n+1],$$

т.е. здесь также есть погрешность восстановления непрерывного сигнала, хотя и меньшая, чем в экстраполяторе нулевого порядка.

Дискретная передаточная функция непрерывной части системы в этом случае должна определяться следующим образом:

$$W(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{(1+T_иs)W_{и}(s)}{T_иs^2} \right\}.$$

$$y[n] = C(zI - A)^{-1} Bu[n].$$

Анализ устойчивости и качества дискретных систем

Если представить дискретную передаточную функцию замкнутой импульсной системы в форме

$$\Phi(z) = \frac{b_0 + b_1z^{-1} + \dots + b_lz^{-l}}{a_0 + a_1z^{-1} + \dots + a_mz^{-m}}, \quad (10)$$

то можно перейти к разностному уравнению, связывающему входной и выходной сигналы системы.

Асимптотическая устойчивость системы определяется корнями характеристического полинома. Для устойчивости дискретной системы необходимо и достаточно, чтобы все корни $z_i, i = 1, 2, \dots, m$ характеристического полинома удовлетворяли условию: $|z_i| < 1$. Область устойчивости на комплексной плоскости будет иметь вид круга единичного радиуса.

Возможность использования математического аппарата для импульсных систем обеспечивается на основе дополнительного преобразования дискретной передаточной функции. Преобразование выполняется на основе подстановки:

$$z = \frac{1+w}{1-w}, \quad (11)$$

где w — новая комплексная переменная.

Может быть так же получена новая дискретная передаточная функция замкнутой системы:

$$\Phi(w) = \frac{d_0w^l + d_1z^{l-1} + \dots + d_l}{c_0w^m + c_1w^{m-1} + \dots + c_m}, \quad (12)$$

с характеристическим полиномом

$$D(w) = c_0w^m + c_1w^{m-1} + \dots + c_m. \quad (13)$$

Определим требование к корням полинома (13) для обеспечения устойчивости системы. Оно может быть получено на основе неравенства

$$|z| = \left| \frac{1+w}{1-w} \right| < 1$$

или

$$|1+w| < |1-w|.$$

С учетом записи $w = \alpha + j\beta$ получим

$$\sqrt{(1+\alpha)^2 + \beta^2} < \sqrt{(1-\alpha)^2 + \beta^2}.$$

Очевидно, что неравенство может быть выполнено только при $\alpha < 0$.

Таким образом, область устойчивости для корней характеристического полинома $D(w)$ импульсной системы совпадает с областью устойчивости для корней характеристического полинома $D(s)$ непрерывной системы.

Необходимое условие устойчивости: все коэффициенты характеристического полинома должны быть одного знака. Для систем с характеристическим полиномом первого или второго порядка это условие является необходимым и достаточным.

Для систем с характеристическим полиномом более высокого порядка при выполнении необходимого условия для обеспечения устойчивости требуется выполнение какого-либо достаточного условия (критерия устойчивости).

Критерий Гурвица и другие алгебраические критерии могут быть использованы для полинома $D(w)$ непосредственно.

Частотный критерий устойчивости Найквиста и связанные с ним методы анализа качества и синтеза систем применяются для импульсных систем с использованием псевдо частотных характеристик, получаемых из передаточной функции разомкнутой системы $W(z)$:

$$w = j \frac{T_0}{2} \lambda.$$

Для оценки качества дискретных систем используется тот же набор показателей качества, что и для непрерывных.

1. Применение алгебраического критерия устойчивости Гурвица для определения устойчивости дискретной САУ

Аналог алгебраического критерия устойчивости Гурвица, разработанный для дискретных систем, позволяет анализировать устойчивость замкнутой системы по ее характеристическому полиному $D(w)$. Удобство применения критерия обусловлено тем, что вся процедура анализа сводится к работе с алгебраическими неравенствами, составляемыми из коэффициентов $D(w)$ по простым правилам (13).

Пусть известен характеристический полином замкнутой системы:

$$D(w) = a_0 w^n + a_1 w^{n-1} + \dots + a_n.$$

Критерий предусматривает работу с матрицей, составленной из коэффициентов полинома $D(w)$ по следующим правилам:

- ◆ матрица квадратная размерностью $n \times n$;
- ◆ главная диагональ заполняется коэффициентами, начиная с a_1 , в порядке возрастания;
- ◆ в строки с четными номерами заносятся коэффициенты с нечетными номерами в порядке возрастания;

- ◆ в строки с четными номерами заносятся коэффициенты с четными номерами, начиная с a_0 , в порядке возрастания;
- ◆ коэффициенты в строках располагают вблизи главной диагонали, остальные элементы матрицы принимают равными нулю:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_{n-2} & a_n \end{vmatrix} \quad (14)$$

При положительном коэффициенте a_0 для устойчивости системы достаточно, чтобы все определители Гурвица были положительны: $\Delta_1 > 0, \Delta_2 > 0, \dots, \Delta_n > 0$

Определители Гурвица — это угловые определители матрицы (14), получаемые по известным правилам:

$$\Delta_1 = |a_1| = a_1, \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}, \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \dots$$

Соответственно определитель $\Delta_{n-1} > 0$ получают, отбрасывая n -й столбец и n -ю строку матрицы; определитель Δ_n соответствует всей матрице.

Отметим следующие свойства определителей Гурвица:

1. Если выполнено необходимое условие устойчивости, то всегда $\Delta_1 > 0$.
2. При раскрытии Δ_n по последнему столбцу получим $\Delta_n = a_n \Delta_{n-1}$, так как все элементы данного

столбца, кроме a_n , равны нулю. Если выполнено необходимое условие устойчивости, то $a_n > 0$. Следовательно, знак Δ_n , совпадает со знаком Δ_{n-1} , и отдельно проверять его также не требуется. В результате применение критерия Гурвица сводится к проверке $n-2$ неравенств, получаемых на основе определителей с Δ_2 по Δ_{n-1} .

На основе критерия Гурвица могут быть обнаружены границы устойчивости. Признаком нахождения системы на Границе устойчивости является равенство нулю последнего определителя ($\Delta_n = 0$). С учетом соотношения $\Delta_n = a_n \Delta_{n-1}$ это может быть вызвано равенством нулю любого из сомножителей. Доказано, что при $a_n = 0$ имеет место апериодическая граница устойчивости, при $\Delta_{n-1} = 0$ — колебательная граница устойчивости.

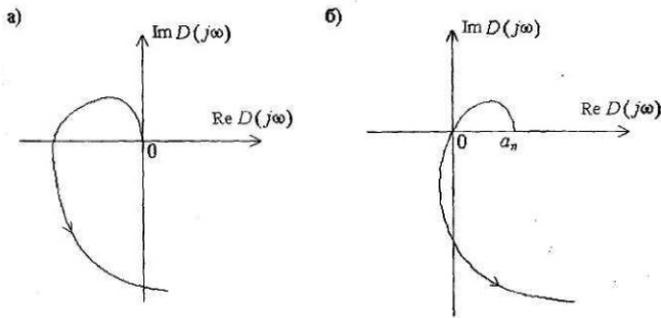


Рис. 1

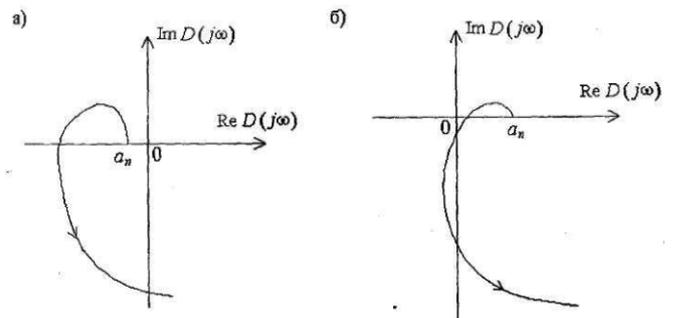


Рис. 2

2. Применение частотного критерия устойчивости Михайлова для определения устойчивости дискретной САУ

Наиболее широкие возможности анализа устойчивости дискретных САУ предоставляют аналоги частотных критериев устойчивости Михайлова и Найквиста.

Аналог критерия устойчивости Михайлова предусматривает работу с характеристическим полиномом замкнутой системы $D(w) = a_0 w^n + a_1 w^{n-1} + \dots + a_n$

В результате некоторых преобразований получим так называемый характеристический комплекс:

$$D(j\lambda) = a_0 (j\lambda)^n + a_1 (j\lambda)^{n-1} + \dots + a_{n-1} j\lambda + a_n = X(\lambda) + jY(\lambda) = D(\lambda) e^{j\varphi D(\lambda)},$$

$$\text{где } X(\lambda) = a_n - a_{n-2}\lambda^2 + a_{n-4}\lambda^4 - \dots,$$

$$Y(\lambda) = a_{n-1}\lambda - a_{n-3}\lambda^3 + \dots,$$

$D(\lambda) = |D(j\lambda)|$, $\varphi_D(\lambda) = \arg D(j\lambda)$, — соответственно вещественная и мнимая части, модуль и аргумент характеристического комплекса.

Для устойчивой системы при изменении частоты от 0 до ∞ полное приращение аргумента характеристического комплекса составит $\Delta\varphi_D = n\pi/2$, где n — порядок характеристического полинома системы, В этом И состоит необходимое и достаточное условие устойчивости замкнутой системы, называемое критерием устойчивости Михайлова (14).

Если обратиться к комплексной плоскости, можно сформулировать рассматриваемый критерий следующим образом: для устойчивости системы необходимо и достаточно, чтобы полный угол поворота изображающего вектора $D(j\lambda)$ на комплексной плоскости при изменении частоты от 0 до ∞ составил $n\pi/2$, где n — порядок характеристического полинома системы.

Выполнение этого условия можно проверять путем построения кривой Михайлова

Для системы, находящейся на аperiодической границе устойчивости ($a_n = 0$), кривая Михайлова выходит из начала координат (рис. 1, а), для системы, находящейся на колебательной границе устойчивости, пройдет через начало координат (рис. 1, б): $D(j\lambda_0) = X(\lambda_0) + jY(\lambda_0) = 0$, т.е. одновременно $X(\lambda_0) = 0$ и $Y(\lambda_0) = 0$.

Примеры кривых Михайлова для неустойчивых систем приведены на рис. 2.

3. Применение частотного критерия устойчивости Найквиста для определения устойчивости дискретной САУ

Критерий Найквиста наиболее широко используется на практике по следующим причинам:

1. передаточная функция и частотные характеристики для разомкнутой системы могут быть получены проще, чем для замкнутой;
2. кроме анализа устойчивости обеспечивается определение ряда показателей качества системы;
3. для анализа устойчивости и качества системы не требуется математическая модель, так как критерий допускает работу с экспериментально полученными частотными характеристиками;
4. критерий Найквиста положен в основу достаточно простых и удобных процедур синтеза систем;
5. «классический» вариант критерия разработан для случая единичной отрицательной обратной связи, но легко распространяется и на общий случай.

Критерий Найквиста проще всего может быть получен как следствие критерия Михайлова.

Отметим следующие обстоятельства:

1. Для системы с единичной отрицательной обратной связью имеет место соотношение

$$1 + W(j\lambda) = \frac{W(j\lambda)}{\hat{O}(j\lambda)} = \frac{R(j\lambda)/Q(j\lambda)}{R(j\lambda)/D(j\lambda)} = \frac{D(j\lambda)}{Q(j\lambda)}.$$

Следовательно, при любом изменении частоты полное приращение аргумента $\Delta\varphi_{1-W}$ комплексной функции $1 + W(j\lambda)$ равно разности полных приращений аргумента $\Delta\varphi_D$ характеристического комплекса замкнутой системы $D(j\lambda)$ и $\Delta\varphi_Q$ характеристического комплекса разомкнутой системы Q : $\Delta\varphi_{1+W} = \Delta\varphi_D - \Delta\varphi_Q$.

2. Для устойчивой замкнутой системы при изменении частоты от $-\infty$ до ∞ полное приращение аргумента $D(j\lambda)$ составит $\Delta\varphi_D = n\pi$.
3. Полное приращение аргумента Q при изменении частоты от $-\infty$ до ∞ составит $\Delta\varphi_Q = n\pi - 2l\pi$, где l — количество корней знаменателя передаточной функции разомкнутой системы, лежащих в правой полуплоскости.

В результате получим необходимое и достаточное условие устойчивости замкнутой системы в следующей форме: полное приращение аргумента $1 + W(j\lambda)$ при изменении частоты от $-\infty$ до ∞ должно составлять

$\Delta\varphi_{1-W} = \Delta\varphi_D - \Delta\varphi_Q = n\pi - n\pi + 2l\pi = 2l\pi$ где l — количество корней знаменателя передаточной функции разомкнутой системы, лежащих в правой полуплоскости.

Таким образом, получаем основную формулировку критерия устойчивости Найквиста: для устойчивости замкнутой дискретной системы необходимо и достаточно, чтобы при изменении частоты $-\infty$ до ∞ , угол поворота изображающего вектора ЧПФ разомкнутой системы $W(j\lambda)$ относительно точки с координатами $(-1; 0j)$ составил $2l\pi$, где l — количество корней знаменателя передаточной функции разомкнутой системы, лежащих в правой полуплоскости.

Заключение

В обзоре представлена область применения дискретных систем управления. Дано определение математических моделей дискретных автоматических систем. Рассмотрены понятия передаточных функций и частотных характеристик дискретных систем, способы их определения. Изложены методы анализа и синтеза дискретных систем. Приводится анализ устойчивости и качества дискретных систем

ЛИТЕРАТУРА

1. Деменков Н. П. Управление в технических системах: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах». / Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 452 с.
2. Дискретные модели в теории управляющих систем: тр. IX Междунар. конф. (Москва и Подмосковье, 20–22 мая 2015 г.) / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова; [отв. ред.: В. Б. Алексеев, Д. С. Романов, Б. Р. Данилов]. — М.: Макс Пресс, 2015. — 284 с.
3. Рубанов В. Г. Проектирование непрерывных и дискретных систем автоматического управления: учеб. пособие для студентов направлений бакалавриата 27.03.04 – Управление в технических системах, 15.03.04 — Автоматизация технологических процессов и производств, 15.03.06 — Мехатроника и робототехника / В. Г. Рубанов, Е. М. Парашук; М-во образования и науки РФ, Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. — 105 с.
4. Севастьянов Б. Г. Теория и практика реализации дискретных систем управления // Материалы XI Межрегион. науч.-практ. конф., (Волжский, 8–11 дек. 2015 г.) / М-во образования и науки РФ; Администрация Волгогр. обл.; Администрация гор. округа г. Волжский. — Волжский, 2015. — С. 9–10.
5. Ермешев М. И. Обзор методов исследования дискретных систем автоматического управления / М. И. Ермешев, В. Ф. Шишлаков // Завалишенские чтения 16, (Санкт-Петербург, 11–15 апр. 2016 г.) / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения: сб. докл. — СПб., 2016. — С. 108–113.
6. Абу-Абед Ф. Н. Моделирование динамических и дискретных систем: учеб. пособие: [для студентов, обучающихся по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника] / Ф. Н. Абу-Абед, В. А. Григорьев; Тверской гос. техн. ун-т (ТвГТУ). — Тверь, 2015. — 151 с.
7. Голик С. Е. Вычислитель вектора состояния дискретных систем управления / С. Е. Голик, А. В. Никоца, А. А. Самсонов // Современные тенденции развития образования, науки и технологий: сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 30 нояб. 2018 г.) / под общ. ред. А. В. Туголукова. — М., 2018. — С. 193–196.
8. Голиков К. А. Алгоритм обучения систем с дискретным управлением // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. — М., 2019. — Т. 23, № 1. — С. 7–38.
9. Даник Ю. Э. Регулирование нелинейных дискретных систем управления // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — Воронеж, 2015. — Т. 3, № 7–1 (18–1). — С. 334–338.
10. Иванов В. А. Теория дискретных систем автоматического управления: учеб. пособие / В. А. Иванов, А. С. Ющенко. — 2-е изд. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. — 352 с.
11. Истратов Р. А. Исследование функционирования непрерывно-дискретных систем управления // Динамические системы в науке и технологиях (DSST-2018): Междунар. конф. (Крым, Алушта, 17–21 сент. 2018 г.): тез. докл. / Крымский федер. ун-т им. В. И. Вернадского [и др.; отв. ред. О. В. Анашкин]. — Симферополь, 2018. — С. 114–115.

12. Минимаксная задача для дискретной модели системы управления с параметрами [Электронный ресурс] / С. Отакулов, Ф. Х. Холиярова, О. П. Жиянов, Э. Б. Курбонов // Точная наука: электронный журнал. — 2018. — № 23. — С. 5–8. — Режим доступа свободный: <https://t-nauka.ru/wp-content/uploads/v23.pdf> (дата обращения 31.05.2019).
13. Пулатова М. И. Определение области притяжения нелинейных дискретных систем управления / М. И. Пулатова., А. Хадиев // Научно-технический прогресс: актуал. и перспектив. направления будущего: VII Междунар. науч.-практ. конф. (Кемерово, 6 марта 2018 г.) / Западно-Сибир. науч. центр: сб. докл.: в 2 т. — Кемерово, 2018. — Т. 2. — С. 47–48.
14. Разностные уравнения дискретных систем / М. В. Жиров, В. В. Макаров., В. Н. Хохловский., А. В. Гончаров // Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. — Темрюк, 2018. — № 7. — С. 21–28.

© Боряев Александр Александрович (Sasa1953@yandex.ru), Чжу Юйцин.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ АУДИТУ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

TRAINING COMPLEX TO PREPARE FOR THE PRACTICAL SECURITY AUDIT

V. Voevodin

Summary. the analysis of the requirements for training undergraduates in the direction of information security specialization "Audit of information security", on the basis of which it was hypothesized that graduates will be able to form the required competence if the learning process will be implemented practical audit tasks relevant to the real object of audit or as close to the real. The final training business game is based on traditional forms of training sessions, which does not allow to make a real situation. To improve training, it was decided to develop an educational and methodical complex (UMK), which is interconnected by a single purpose private techniques, architecture UMK, hierarchical classification of tasks and the procedure of multi-level synthesis. The implementation of the UMC will ensure the required quality of training of both undergraduates and existing auditors, this is especially important in the audit of critical information infrastructure.

Keywords: audit, information security, business game.

Воеводин Владислав Александрович

К.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Зеленоград
vva541@mail.ru

Аннотация. Приведен анализ требований к подготовке магистрантов по специализации «Аудит информационной безопасности», на основании чего была выдвинута гипотеза, что выпускники смогут сформировать требуемые компетенции если в учебный процесс будут внедрены задачи практического аудита актуальные для реального объекта аудита или максимально приближенные к реальной обстановке. Однако, завершающая обучение деловая игра, базируется на традиционных формах учебных занятий, что не позволяет внести реальную обстановку. Для совершенствования обучения принято решение о разработке учебно-методического комплекса (УМК), представляющего собой взаимосвязанные единой целью частные методики, представлена архитектура УМК, иерархическая классификация задач и процедура многоуровневого синтеза. Внедрение УМК позволит обеспечить требуемое качество подготовки как магистрантов, так и действующих аудиторов, особенно это важно при аудите объектов критической информационной инфраструктуры.

Ключевые слова: аудит, информационная безопасность, деловая игра.

В соответствии с правилами аудита, в том числе и аудита информационной безопасности (ИБ), аудитор должен изучить деятельность аудируемого лица [1, 2]. Особую актуальность это положение приобретает для объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ), для которых аудиторские ошибки, из-за недостаточных знаний объекта аудита (ОА), могут нести потенциальную опасность, в том числе и катастрофическую. Однако ситуация имеет явно противоречивый характер — с одной стороны аудиторы должны иметь соответствующую подготовку, которая должна быть объективно оценена до проведения аудита, а с другой стороны каждый объект аудита уникален и требует специальных компетенций [2], которые невозможно приобрести без контакта с ОА. Таким образом, перед органами управления ИБ, в том числе и управления аудитом ИБ, возникают актуальные задачи: а) как подготовить аудитора для реального аудита объектов КИИ? б) как оценить достаточность его компетенций без реального контакта с ОА? в) как организовать сам аудит КИИ. Противоречивая ситуация усиливается тем, что профессиональная подготовка аудиторов ИБ осуществляется в соответствии с [15] по направлению 10.04.01 «Информационная безопасность» по программе магистратуры. Программа подготовки магистров ориентирована,

в том числе, на формирование способности решать профессиональные задачи аудита ИБ *типовых* информационных систем и объектов информатизации, а также аттестации *типовых* объектов информатизации по требованиям ИБ, а объекты КИИ содержат значительную долю индивидуальности и общий подход может вести к ошибочным решениям. Поэтому в качестве предмета исследования были выбраны методы и способы подготовки аудиторов ИБ и оценки их компетенций применительно к объектам КИИ.

Анализ существующих подходов [1, 2, 3, 8, 12, 13, 15] к решению подобных задач, применяемых методов способов подготовки, позволил позиционировать их совокупности как научную проблему, разрешения которой была выдвинута гипотеза, что решение названных задач возможно путем моделирования аудита ИБ как процесса и виртуального моделирования самого ОА, а для подготовки аудиторов использовать способы и приемы максимально приближенные к реальной обстановке, но при этом реальный контакт с ОА исключается. Максимально приблизить процесс и саму подготовку возможно если создать стопроцентный клон такого объекта и процесса. На практике такой подход применяется при подготовке космонавтов, при под-

готовке боевых дежурных смен, но это очень дорого и не оперативно. Для понимания остроты проблемы нужно представить, что для подготовки и оценки потребуется развернуть точно такое же производство, да и пока строим клон, само производство и обстановка уже изменились.

Для разрешения проблемы была выдвинута вспомогательная гипотеза о целесообразности применения для подготовки аудиторов деловой игры. Для подтверждения истинности гипотезы был проведен анализ литературы по организации деловых игр [4, 5, 6, 7, 9, 11, 14], результаты которого позволяют выдвинуть предварительные утверждения, а) что родоначальником этой формы обучения являются российские ученые, которая была развита за рубежом, б) сами технологии достаточно развиты для *конкретных* сфер, в) для сферы аудита ИБ требуется серьезная их адаптация. Подтвердить или опровергнуть эту гипотезу планируется, опытным путем, после внедрения УМК и получения соответствующих статистических данных.

Это следует, прежде всего, из того, что реальный объект аудита (ОА) обладает бесконечным множеством свойств, в том числе и конечным множеством свойств, которые потенциально способен оценить аудитор. Аудитор в силу временных, ресурсных, методических и других ограничений вынужден свести это множество к конечному множеству существенных свойств, которые для вывода достоверного аудиторского заключения, достаточно полно характеризуют ОА. Как обосновать выбор существенных свойств ОА?

Для более глубокого понимания сути проблемы аудита ИБ следует мысленно встать на философские позиции и увидеть две категории: а) истинное состояние ОА и б) эмпирическое (опытное) проявление этого состояния в результатах аудиторских наблюдений, на основании которых аудитор выводит суждение об истинном состоянии ОА.

Истинное состояние ОА аудитор познает посредством количественных и качественных наблюдений за его существенными свойствами (характеристиками), само же истинное состояние ОА для аудитора является идеальным (неизвестным), которое не зависит ни от средств наблюдения (измерения), ни от квалификации аудитора ни от применяемых методов и является для него абсолютной истиной, которую он стремится познать.

Результаты аудиторских наблюдений, напротив, являются продуктами познания ОА, представляя собой оценки наблюдаемых свойств, найденные путем наблюдения (измерения) и зависят не только от квалификации аудитора, но и от метода наблюдения за соответствующим

свойством, от технических средств, с помощью которых проводятся наблюдения (измерение), и от методов обработки результатов аудиторских наблюдений в совокупности.

Разница между результатами измерений, полученных при наблюдении за тем или иным свойством ОА и его истинным значением измеряемой (наблюдаемой) величины характеризует погрешность наблюдения (измерения), что определяет аудиторский риск.

Таким образом, общую технологию организации и проведения ДИ, требуется адаптировать под нужды подготовки аудиторской группы к практическому аудиту ИБ КИИ.

Анализ литературы по организации деловых игр [4, 5, 9, 11] в других областях, особенностей объекта аудита, технологий организации аудита, требований к компетенции выпускника, позволяет утверждать, что необходим специальный образовательный продукт, поддерживающий организацию и проведение ДИ в виде учебно-методического комплекса (УМК), состоящий из отдельных образовательных модулей объединенных единой целью с возможностью построения среды виртуализации информационной и организационной инфраструктуры ОА и возможности её настройки под конкретный ОА.

Важным требованием к УМК является возможность реализации сетевой формы обучения, которая ориентирована на использование ресурсов нескольких организаций: образовательных, научных, производственных. Данный подход позволит значительно снизить стоимость владения УМК, так потребность в этом ресурсе возникает периодически и на относительно короткое время.

Анализ аудита ИБ как технологического процесса [2, 3] позволил принять вспомогательную гипотезу, что задача аудита — в общем, в том числе и аудита ИБ — в частности, имеет относительно самостоятельное значение, но не совсем. Это утверждение было принято исходя из *принципа внешнего дополнения*, который является фундаментальной идеей теории систем [7]. Принятие внешнего дополнения [8] позволило преодолеть гёделевскую трудность и ограничить изучаемый процесс рамками предмета исследования; вычленив из процесса обеспечения ИБ как метапроцесса, некую целостность — подсистему АИБ, обосновать правила поведения субъектов аудита ИБ и перейти к формализованному описанию Аудита на уровне «организация — поведение». Кроме того, *внешнее дополнение* позволило согласовать цель обеспечения ИБ с целью АИБ и задать мотивированные требования к УМК.

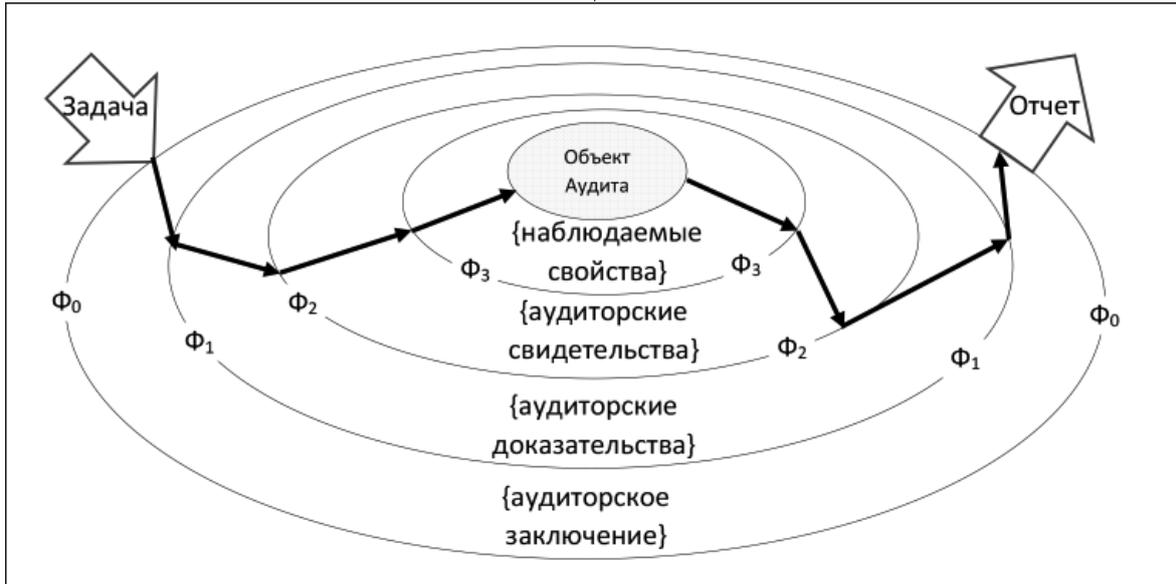


Рис. 1. Обобщенная модель архитектуры УМК

Для проведения дальнейшего исследования УМК был представлен как система (1), представляющая собой множество *наблюдаемых (измеряемых)* свойств — $\{a_i\}$, с каждым наблюдаемым свойством связано множество его *проявлений* — $\{A_i\}$ и множество *варьируемых* параметров — $\{b_j\}$, с каждым варьируемым параметром связано множество его возможных *изменений* — $\{B_j\}$.

$$OA = (\{a_i, A_i\}, i \in N_n, \{b_j, B_j\}, j \in N_m), \quad (1)$$

где $N_n = \{1, 2, \dots, N\}$ — значение индекса наблюдаемого свойства, N — число наблюдаемых (измеряемых) свойств; $N_m = \{1, 2, \dots, M\}$ — значение индекса варьируемого параметра, M — число варьируемых свойств.

На практике во многих случаях множества $\{A_i\}$ и $\{B_j\}$ неизвестны и могут быть получены либо с помощью экспертных методов, либо путем философских построений на основе здравого смысла.

Для построения структуры УМК, был введен канал наблюдения (измерения) [8], с помощью которого реализуется операция, вводящая переменную как образ наблюдаемого (измеряемого) свойства ОА. Формально канал наблюдения задается с помощью отображения (2)

$$o_i: A_i \rightarrow V_b, \quad (2)$$

Считается, что эта функция (2) гомоморфна относительно предполагаемых свойств множеств A_i и V_b , где V_b — множество возможных значений переменной, с помощью которой отражаются соответствующие свойства ОА, принадлежащие множеству — A_i .

Для обоснования структуры УМК, его декомпозиции в соответствии с методическими уровнями, была принята исходная архитектура УМК. Обобщенная модель архитектуры УМК приведена на рисунке 1.

УМК был представлен как сферическая четырехуровневая схема соответствующих методических уровней:

- ◆ первый — аудиторского заключения;
- ◆ второй — аудиторских доказательств;
- ◆ третий — аудиторских свидетельств;
- ◆ четвертый — наблюдаемых свойств объекта аудита.

Методические уровни разделены между собой межуровневыми интерфейсами, представляющие собой методические фильтры Φ . Методические фильтры УМК построены от общего к частному:

Фильтр Φ_0 — позволяет отобразить задачу аудита в требования к содержанию аудиторского заключения (АЗ);

Φ_1 — позволяет отобразить требования к содержанию аудиторского заключения позволяет отобразить в требуемое множество аудиторских доказательств (АД) $\{ad_i\}$, где $i = 1, 2, \dots, N$, N — мощность множества аудиторских доказательств, элементы которого используются для формирования аудиторского заключения;

Φ_2 — позволяет отобразить требования к содержанию соответствующего аудиторского доказательства позволяет отобразить в требуемое множество аудиторских свидетельств (АС) $\{ac_j\}_i$, где j — индекс аудиторского

свидетельства, $j = 1, 2, \dots, N$, N — мощность множества аудиторских свидетельств, элементы которого используются для вывода j -го аудиторского доказательства; $i = 1, 2, \dots, M$, M — мощность множества аудиторских доказательств, элементы которого используются для вывода аудиторского заключения;

Φ_3 — позволяет отобразить требования к содержанию аудиторского свидетельства позволяет отобразить в требуемое множество наблюдаемых свойств (НС) $\{as_k\}_{j,i}$, где $k = 1, 2, \dots, K$, K — мощность множества аудиторских свойств, элементы которого используются для вывода j -го аудиторского.

Содержательно Φ_3 представляет собой множество идентификаторов существенных свойств ОА и множество каналов наблюдения за соответствующими свойствами ОА.

Реализация программы и плана аудита осуществляется от частного к общему:

- ◆ с помощью настроенного фильтра Φ_3 с осуществляется отображение измеренных показателей наблюдаемых свойств в соответствующее множество аудиторских свидетельств;
- ◆ с помощью Φ_2 — множество добытых аудиторских свидетельств отображается в соответствующее аудиторское доказательство;
- ◆ с помощью Φ_1 множество аудиторских доказательств отображается в аудиторское заключение;
- ◆ с помощью Φ_0 — осуществляется преобразование аудиторского заключения в аудиторский отчет и осуществляется интерпретация полученного результата аудита в форму понятную лицу, принимающему решение.

Таким образом, УМК разбивается на четыре методических уровня, для каждого уровня строится своя модель, а взаимодействие между уровнями осуществляется через соответствующий интерфейс. Обобщенная модель архитектуры УМК приведена на рисунке 1. Причем технология обработки данных каждого из уровней скрыта от смежных уровней, реализован принцип инкапсуляции. Принятие данного принципа позволяет снизить сложность УМК.

Для построения структуры УМК взят за основу подход приведенный в [12] который адаптирован к данному предмету исследования и представляет собой многоуровневую совокупность взаимоувязанных частных методик, находящихся между собой в логической и информационной взаимосвязи, позволяющая определять отношения между параметрами i -го уровня и выходными переменными последующего, $(i+1)$ -го, уровня

$$y_{i+1} = F_{i+1}(g_{i+1}, u_{i+1}, u_i, \lambda_i, \lambda_{i+1}), \quad (1)$$

где

F_{i+1} — модель УМК на $(i+1)$ -ом уровне в виде множества методик, которые позволяют отображать $(g_{i+1}, u_{i+1}, u_i, \lambda_i, \lambda_{i+1})$ i в значение y_{i+1} ;

y_{i+1} — выходная переменная, характеризующей выбор $(i+1)$ -го уровня;

g_{i+1} — внутренние переменные характеризующие УМК на $(i+1)$ -ом уровне;

u_{i+1}, u_i — входные переменные, отображающие внешнее дополнение на i -м и $(i+1)$ -ом уровнях соответственно;

λ_i, λ_{i+1} — внутренние переменных на i -м и $(i+1)$ -ом соответственно — варьируемые параметры.

Для правила пригодности $g_i \geq g^0$ и скалярного показателя g_i область G_i^* представляет полуинтервал $[g^0, \infty)$.

Для правила оптимальности $g_i \rightarrow \max$, область вы рождается в точку, соответствующую оптимальному значению параметров внутренних переменных и заданных варьируемых параметров λ_i, λ_{i+1} .

Правило выбора внутренних переменных задает множество значений внутренних переменных $G_i^* \subset G_i$, которое удовлетворяет требованиям к УМК, предъявляемым к выходным переменным на рассматриваемом уровне $g_i \subset G_i^*$. Выбор правила зависит от цели ДИ, которая зависит от внешнего дополнения, и сценария ДИ и задается множеством входных переменных.

Вышеизложенные принципы и правила выбора позволяют построить обобщенную процедуру многоуровневого синтеза УМК:

1. формулирование цели ДИ и её декомпозиция на подцели;
2. определение правил выбора внутренних переменных, отражающих опосредованные воздействия внешней среды;
3. выбор входных, внутренних и выходных переменных, частных методик и методов для реализации различных уровней;
4. возможности комплексирования с другими частными методиками и методами;
5. выбор критерия эффективности, определяющего процедуру выбора эффективной концепции построения ПЗК в составе СЗИ;
6. обеспечение повторного использования алгоритмов.

В соответствии с общей постановкой задачи можно записать условие выбора эффективной структуры УМК и сценария ДИ (3):

$$C(\Delta y) \rightarrow \min, \\ g_m(\lambda, y) = g_m(\lambda, y_0) + \Delta g_m(\lambda, y_0, \Delta y) \geq g_m^0, \\ y \in Y, \quad (3)$$

где Δg_m — прогнозируемое приращение показателя эффективности ДИ.

В этом случае рациональная последовательность уровней (этапов) совершенствования УМК будет определяться с помощью следующих соотношений:

$$\Delta y_1=0, C_1(\Delta y_1)=0, \Delta g_{m1}(\Delta y_1)=0, \\ \Delta y_2=0, C_2(\Delta y_2)=0, \Delta g_{m2}(\Delta y_2)>0, \\ \Delta y_3=0, C_3(\Delta y_3)=0, \Delta g_{m3}(\Delta y_3)=\Delta, \\ \Delta y_4=0, C_4(\Delta y_4)>C_3(\Delta y_3), \Delta g_{m4}(\Delta y_4)=\Delta, \\ \Delta y_n=0, C_n(\Delta y_n)>C_3(\Delta y_{n-1}), \Delta g_{mn}(\Delta y_n)=\Delta.$$

В случае практически реализуемого допущения о монотонности возрастающей функции $C(\Delta y)$ и $\Delta g_m(\Delta y)$ решение задачи необходимо искать на границах неравенства $g_m(y) \geq g_m^0$ путем последовательного увеличения значений соответствующих переменных.

В соответствии с приведенными соотношениями:

1. на первом уровне проверяется соответствие характеристик существующего методического обеспечения требованиям требованиям, предъявляемым со стороны органов управления ИБ;
2. на втором улучшаются только те характеристики, которые не требуют привлечения дополнительных ресурсов;
3. на третьем и последующих уровнях улучшаются характеристики с привлечением внешних ресурсов и строится УМК.

Решение заканчивается на i -м уровне при выполнении условия (4):

$$g_m(y_i, \lambda) = g_m(y_0, \lambda) + \sum_{i=1}^j \Delta g_{mi} \geq g_m^0, \\ g_m(y_{j-1}, \lambda) = g_m(y_0, \lambda) + \sum_{i=1}^{j-1} \Delta g_{mi} < g_m^0. \quad (4)$$

Распределение изменений внутренних переменных и ресурсов осуществляется таким образом, чтобы обеспечить одинаковое приращение показателей эффективности $\Delta g_m(\Delta y_k)=\Delta, k=3, 4, \dots, n$ возрастание приращения затрат при переходе к следующему уровню, т.е. $C(\Delta y_k) > C(\Delta y_{k-1}), k=4, 5, \dots, N$, где N — число исследуемых вариантов.

Данный подход применялся автором при исследовании проблемы доступности в информационной сети [12] и адаптирован к построению УМК, позволил обеспечить минимальные или близкие к минимальным затратам на его построение и дальнейшее совершенствование. Напрашивается гипотеза о некоторой общности предложенного многоуровневого подхода. Действительно, если процесс заканчивается на 1-м и 2-м уровнях, то затраты $C(\Delta y)=0$, если решение получено на третьем и последующих уровнях, будут минимальными в сравнении с другой последовательностью уровней, при таком же приращении эффективности, что в принципе не зависит от предмета оптимизации.

Можно выделить следующие обобщенные уровни совершенствования УМК: исходный, организационный, дополнительных ресурсов.

Уровни разработки сценария УМК:

1. исходный: $g_m(y_0, \lambda) \geq g_m^0, y_1=y_0, C_1=0$,
2. организационный: $g_m(y_2), g_m^0, y_2=y_0, C_1=0$,
3. дополнительных ресурсов: $C(\Delta y_3) \rightarrow \min$ или $C(\Delta y_3) \rightarrow C_0, g_m(y_3, \lambda) \rightarrow g_m^0, y_3, C_3 > 0$.

Проведенные исследования показали, что разработку методического обеспечения необходимо осуществлять в соответствии с подходом уровня 3.

С помощью декомпозиции УМК по методическим уровням была разработана иерархическая классификация задач Аудита, составляющих его организационную основу.

При построении иерархии задач УМК принят принцип инкапсуляции, при котором содержание методики решения задач каждого из методических уровней скрыто от смежных уровней, а взаимосвязь методик осуществляется через соответствующие интерфейсы.

Анализ форм и способов подготовки аудиторов, приведенный в [2, 3], позволяет еще раз подтвердить, что эффективным способом подготовки аудиторов является деловая игра (ДИ), которая позволит; обучать аудиторов на ситуационных задачах, приближенных к реальным; осуществлять объективную оценку подготовки аудиторов, чем снизить аудиторский риск.

Для построения УМК для проведения практического АИБ в инициативном порядке был открыт проект «Учебно-методический комплекс по подготовке к практическому аудиту» (далее — Проект). Реализация Проекта запланирована в три этапа: Первый — разработка среды виртуализации документационного обеспечения ИБ (разработаны учебные политики и регламенты). Первый этап завершен в июне 2018 г. Второй — проведение на-

учно исследовательских изысканий по моделированию ОА, разработке соответствующего методического обеспечения — продолжается на настоящий момент. Завершение — июнь 2019 г. Третий — реализация результатов научно-исследовательских изысканий, сетевой технологии обучения. Срок завершения — июнь 2010 г. Первые два этапа не требовали финансирования и выполнялись силами студентов, в основном выпускникам и магистратуры. Третий этап требует финансирования, поэтому принято решение по участию в конкурсе на получение гранта. Конкурс состоялся в 2019 году, в результате грант получен.

Внедрение УМК позволит повысить эффективность подготовки магистрантов к практическому аудиту, сформировать дополнительные актуальные компетенции, которые востребованы программой цифровой экономики и в явном виде не отражены в ФГОС ВО и определяются способностью:

1. Осуществлять календарное и ресурсное планирование применения сил и средств аудита ИБ с использованием специализированного программного обеспечения.
2. Разрабатывать имитационные модели объекта аудита, игровые модели аудиторских операций, планировать эксперимент с ними и -применять полученные результаты для разработки программы и плана аудита ИБ.
3. Применять апробированные методы проектного управления для организации аудита ИБ.
4. Адаптировать проверенные на практике методы и приемы аудита достоверности финансовой отчетности для целей аудита ИБ.
5. Формулировать требования к сценарию ДИ и базе знаний по предметной области.

Положительный эффект от внедрения УМК заключается в том, что он имеет не только ценность для организации учебного процесса, но и реальную коммерческую ценность для организации практического аудита, а также для формирования стандартов аудиторской деятельности. Наличие стандартов аудиторской деятельности является необходимым условием чтобы таковая была признана аудитом [1].

Результаты проекта жизнеспособны и имеют устойчивый результат так как базируются на апробированном теоретическом фундаменте и на опыте проведения аудита в смежных областях.

Востребованность вузовским и образовательным сообществом определяется тем, что аудит ИБ, как предмет обучения является трудно формализуемым и на текущий момент не имеет достаточной теоретической проработки. В связи с этим аудиторы применяют методическое обеспечение собственной разработки, что отрицательно сказывается на доверие к аудиторскому заключению заинтересованных сторон. Применение УМК позволит выработать задел для стандартизации аудиторских операций.

Деловая игра по традиционному сценарию (без применения УМК) проводилась уже два раза, поэтому имеется определенный методический задел и статистика, касающаяся организационного обеспечения экспертного аудита ИБ; разработаны учебные политики и регламенты по обеспечению ИБ, которые служат объектом экспертного аудита.

Однако, при разработке УМК явно ощущалась потребность теоретических обобщений аудита ИБ как процесса, применения сил и средств аудита — теории аудита ИБ. В связи с этим некоторые утверждения приходилось выдвигать на уровне здравого смысла. Данное положение дел не позволяет в полной мере утверждать о полноте и непротиворечивости разработанного УМК. Непротиворечивость и полнота УМК обеспечивается через задание внешнего дополнения и апробацией на практике и в учебном процессе.

Результаты разработки УМК докладывались участниками Проекта на профильных конференциях.

Образовательный продукт в форме УМК планируется внедрить в апреле 2020 года, а 2021 — доработать как сетевой продукт, ресурс которого будет доступен для других ВУЗов.

Материалы публикации подготовлены с использованием гранта Благотворительного фонда Владимира Потанина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 30.12.2008 N307-ФЗ (ред. от 23.04.2018) «Об аудиторской деятельности», ст. 1 п. 2.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27006—2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Требования к органам, осуществляющим аудит и сертификацию систем менеджмента информационной безопасности. — Введ. 2008—18—12 № 524-ст. — М.: Стандартинформ, 2010. — 35 с.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27004—2012. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент информационной безопасности. Измерения — Введ. 2011—01—12 № 681-ст. — М.: Стандартинформ, 2012. — 55 с.
4. Абрамова Г.С., Степанович В. А. Деловые игры: теория и организация. — Екатеринбург: Деловая книга, 1999. — 192с.
5. Айламазьян А. М. Актуальные методы воспитания и обучения: деловая игра. — М.: Владос — пресс, 2000. — 332с.

6. Дьюи, Дж. Образование консервативное и прогрессивное / Демократия и образование. Пер. с англ. — М.: «Педагогика-Пресс», 2000. — 384 с.
7. Корнели, Д. Данофф, Ч. (2011) Педагогика. Пер. И. Травкина.
8. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. — М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.
9. Панфилова А. П. Игротехнический менеджмент. Интерактивные технологии для обучения и организационного развития персонала. Учебное пособие. — СПб ИВЭСЭП, 2003. — 536 с.
10. Патаракин Е. Д. Социальные взаимодействия и сетевое обучение 2.0 — М.: НП «Современные технологии в образовании и культуре», 2009. — 176 с. С. 34.
11. Платов В. Я. Деловые игры: разработка, организация и проведение: Учебник. — М.: Профиздат, 1991. — 156 с.
12. Воеводин В. А. Сущность и содержание проблемы исследования доступности информационных ресурсов в информационных системах. Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 7–2 (12). С. 51–55.
13. Надежность и эффективность в технике. Том 03. Эффективность технических систем. Справочник в 10-ти томах. — М.: Машиностроение, 1988. — 328 с.
14. Панфилова А. П. Игротехнический менеджмент. Интерактивные технологии для обучения и организации развития персонала — Панфилова А. П. 2003–171 с.
15. Приказ от 1 декабря 2016 г. N1513 Министерства образования и науки РФ. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 10.04.01.

© Воеводин Владислав Александрович (vva541@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПРОСТЕЙШИЙ АЛГОРИТМ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, СМОДЕЛИРОВАННЫЙ НА БАЗЕ КРИТЕРИЯ МИНИМАЛЬНОГО УГЛА ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛЕТА, ПРИ НАЛИЧИИ НА МАРШРУТЕ ЗАПРЕТНЫХ ЗОН

A SIMPLE ALGORITHM FOR DRIVING UNMANNED AIRCRAFT MODELS MODELED ON THE BASIS OF CRITERION OF THE MINIMUM ANGLE TO DEFLECT FROM THE PRESENT TRAJECTORY OF THE AUTOMATIC FLIGHT, IF IT IS NOT AVAILABLE ABOUT MARCH

A. Garin
V. Muhanov
D. Ivlev
D. Finagin

Summary. This article is devoted to a review of the simplest algorithm for the minimum deviation angle from a given trajectory of automatic flight of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the presence of forbidden zones on the route, as well as systems necessary to comply with safety requirements at low altitude. It can be widely used when using civilian UAVs in urban areas and when working near technical facilities (airfields).

Keywords: UAV — unmanned aerial vehicle, ground proximity warning system, algorithm, “ideal pilot”, automatic flight.

Гарин Алексей Владимирович

Служащий, Росгвардия

Муханов Владимир Иванович

Военная академия Генерального штаба Вооруженных

Сил Российской Федерации

alexlpandin2@mail.ru

Ивлев Данила Витальевич

Служащий, Росгвардия

danila.ivlev@gmail.com

Финагин Дмитрий Сергеевич

Служащий, Росгвардия

fn.dmitriy1612@mail.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена обзору простейшего алгоритма минимального угла отклонения от заданной траектории автоматического полета беспилотных летательных аппаратов (БЛА) при наличии на маршруте движения запретных зон, а также систем необходимых для соблюдения требований безопасности полетов на малой высоте. Имеет возможность широкого применения при использовании БЛА гражданского назначения в городских условиях и работе возле технических объектов (аэродромов).

Ключевые слова: беспилотник или БЛА — беспилотный летательный аппарат, система предупреждения приближения земли, алгоритм, «идеальный пилот», автоматический полет.

Современные беспилотные или дистанционно управляемые летательные аппараты различных способов базирования, имеют значительную отличительную особенность относительно летательных аппаратов классической малой авиации, а именно, имеют способность выполнять задачу автоматически, без присутствия человека. Что позволяет использовать широко в народном хозяйстве без наличия стационарного аэродрома, дорогостоящего обслуживания и обучения летного экипажа, но при этом возникает ряд серьезных проблем заключающихся в невозможности быстрого реагирования на изменяющуюся в полете ситуацию, проведения оперативной оценки обстановки оператором как если бы за штурвалом находился непосредственно пилот.

После многих десятилетий разработок, современные БЛА сильно эволюционировали относительно первых разработок. Современные БЛА могут выполнять задачу практически полностью в автоматическом режиме, одновременно анализируя ландшафт и корректируя траекторию полета самостоятельно, за исключением ряда случаев, которые будут описаны ниже[6]. Поэтому БЛА находят множественное применение в различных областях.

Гражданское применение БЛА можно разделить на три группы:

- ◆ решение научно-исследовательских задач;
- ◆ обеспечение безопасности и контроль состояния различных систем;
- ◆ коммерческое применение.

При помощи БЛА решают множество научно-исследовательских задач, таких, например, как мониторинг климата и атмосферы, а также контроль состояния растительного покрова определенного участка и наблюдение за животными в заповедниках.

Ко второму типу применения БЛА можно отнести: слежение за пожарной обстановкой, мониторинг состояния дорог и наблюдения за дорожно-транспортным режимом.

Основу коммерческого применения БЛА составляют такие виды задач, как аэрофотосъемка, аэрокартография и слежение за сельскохозяйственными угодьями.

Таким образом, в настоящее время БЛА имеют множество способов применения в гражданских целях.

Использование беспилотных авиационных комплексов (БАК) в гражданской области на сегодняшний момент практически ограничивается частными случаями локальных применений в интересах решения текущих производственных или хозяйственных задач, преимущественно в экспериментальном порядке.

Из поставленных гражданским сектором рынка задач применения БЛА, в первую очередь, хочется отметить такие, которые в ближайшее время могут стать востребованными. Это, в первую очередь, контрольные функции БЛА. С помощью беспилотных систем можно контролировать как техническое состояние объектов, так и их безопасность, и функционирование, притом, что контролируемые объекты могут находиться на большом удалении (протяженные объекты) с понижением угрозы оператору до нуля.

Вопросы применения БЛА для обеспечения безопасности объектов на сегодняшний день выходят на первые роли.

Угроза жизнедеятельности, требования экономической безопасности, коммерческий риск заставляют различные организации все больше обращать внимание на новые методы контроля и мониторинга земной поверхности.

Больше всего это беспокоит такие организации, которые имеют протяженные объекты, контроль за которыми довольно сложно организовать. В первых рядах — это владельцы различных трубопроводов. Все эти организации могут ощутить экономический эффект от применения беспилотных систем через очень короткий промежуток времени. Который будет заключаться в отсутствии потребности в многочисленной наземной охране, защите объектов от несанкционированного

проникновения, постоянный контроле технологических процессов в режиме онлайн, независимости от требований смежных организаций занимающихся предоставлением услуг малой авиации.

Ввиду высокой протяженности и территориальной обширности объектов наблюдения воздушный мониторинг является наиболее эффективным средством наблюдения и дистанционного сбора данных об их состоянии.

Ранее, вместо БЛА, традиционно использовалась малая авиация, (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолеты (Ми-8Т, Ка-26, AS-350), что требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Применение малой авиации нерентабельно в следующих случаях:

- ◆ съемка небольших объектов и малых по площади территорий;
- ◆ при необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали.

При съемке небольших объектов и малых по площади территорий экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома).

Таким образом, плюсами применения БЛА являются:

- ◆ экономичность;
- ◆ простота в эксплуатации;
- ◆ возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов;
- ◆ получение снимков высокого разрешения;
- ◆ оперативность получения снимков;
- ◆ возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БЛА предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются с помощью фото- и видеосъемки [13].

Для выполнения выше перечисленных задач необходимо соблюсти требования безопасности полета в автоматическом режиме, а также предотвратить возможные авиационные инциденты во время автоматического полета БЛА, в особенности на малой высоте.

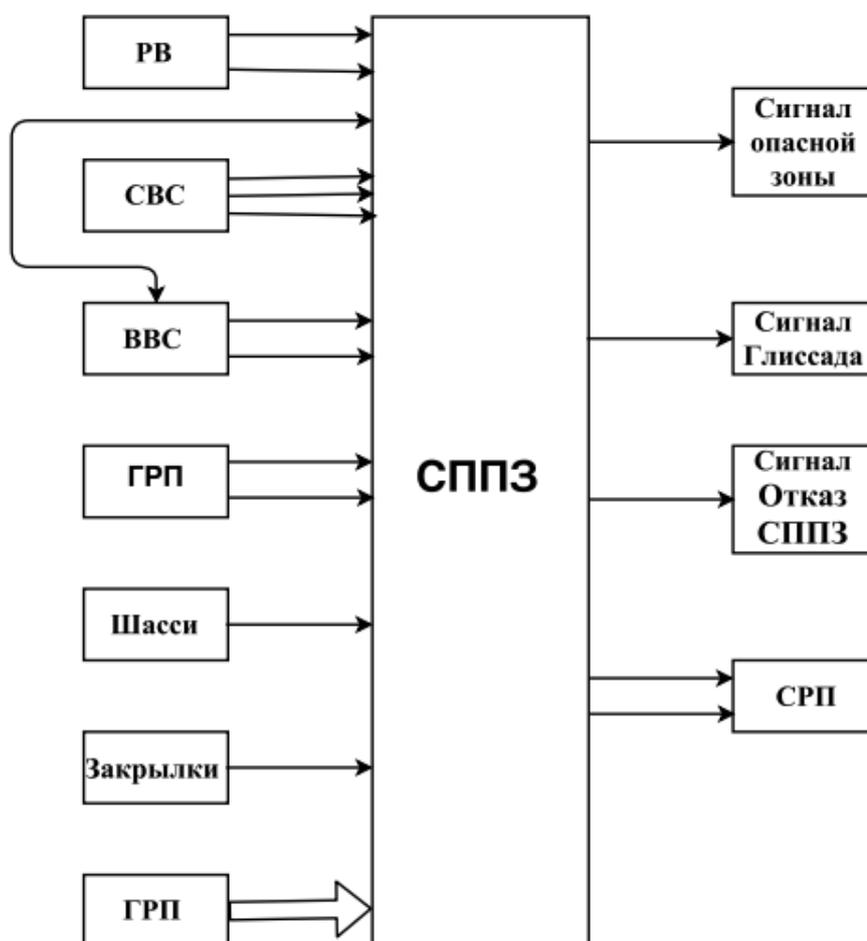


Рис. 1. Структурная схема системы предупреждения приближения к земле.

Системы обеспечения безопасности полета беспилотных летательных аппаратов на малой высоте. Система предупреждения приближения к земле

Эта система на различных летательных аппаратах, в том числе гражданских БЛА средней дальности позволяет обходить препятствие, появляющееся при полете БЛА по заданной траектории и представляющее для него опасность [7]. Структурная схема системы приведена на рисунке 1.

Основным принципом работы этой системы является автоматический контроль высоты и отклонения от радиотехнической глиссады [11].

К причинам столкновения с землей относятся:

- ◆ непреднамеренное превышение опасной скорости сближения с землей при посадке или совершении маневра;

- ◆ потеря высоты после взлета или при уходе на второй круг;
- ◆ сближение с землей при положении шасси или закрылков в не посадочной конфигурации;
- ◆ отклонение от радиотехнической глиссады, снижение ниже минимальной безопасной высоты.

Все вышеперечисленные факторы учтены при проектировании алгоритмов обеспечения предупреждения об опасности столкновения с землей. Варианты возникновения опасных ситуаций могут быть обусловлены различными факторами как погодного, климатического, техногенного характера — сильный боковой ветер, дождь, град, плохая видимость, выбросы предприятий, так и внешнего воздействия — от столкновения с птицами, летательными аппаратами, противодействие обнаруженных нарушителей при охране объектов, с применением стрелкового оружия или метательных снарядов.

Сигналы с измерителей информации после предварительной обработки поступают на устройство вычис-

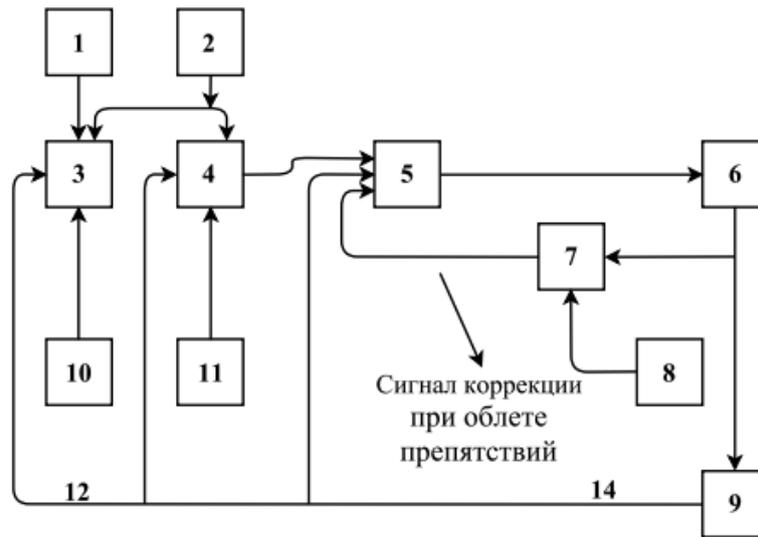


Рис. 2. Типовая структурная схема управления полета на малой высоте.

ления и сравнения (УВС), в котором имеется семь различных каналов, соответствующих режимам системы предупреждения приближения земли (СППЗ) (превышение скорости снижения, потеря высоты при взлете, отклонение вниз от радиотехнической глиссады). Полученные с входа УВС сигналы поступают на устройство формирования сигнала предупреждения (УСП), которое в соответствии с полученной информацией выдаёт данные в систему автоматического управления (САУ). СППЗ также содержит блок разовых команд (БРК), на вход которого поступает информация о положении шасси (при наличии в БЛА системы уборки-выпуска шасси (СУВШ)) и закрылков, сигналы исправности измерительных каналов и тестового контроля[10].

Основным элементом СППЗ является УВС, реализующее вычисление программных значений границ срабатывания режимов, которые далее сравниваются с текущим значением радио высоты. Потом вырабатываются сигналы о нахождении в зоне выдачи сигналов предупреждения.

При исследовании алгоритмов идеального пилота и полета по траектории на базе проведенного моделирования считалось, что сигналы об опасном сближении с землей поступают от этой системы.

Система обеспечения безопасности полета на малой высоте для беспилотного летательного аппарата вертолетного типа

Перспективным направлением является обеспечение безопасности полета на малой высоте с использова-

нием карты рельефа поверхности, закладываемой в базу знаний [7].

Если рассмотреть БЛА вертолетного типа, то для него имеют место следующие режимы полета:

- ◆ на малой высоте (БЛА летит выше всех препятствий);
- ◆ по профилю (БЛА летит близко к земле, облетая препятствия);
- ◆ «по ворсу» земли. Происходит изменение высоты и курса. Управление осуществляется и в вертикальной, и в горизонтальной плоскости[2].

Особенностью систем обеспечения полета на малой высоте является включение в структуру цифровых карт: приближенной и точной.

Типовая структурная схема управления полетом на малой высоте представлена на рисунке 2.

1 — требования маршрутного задания, 2 — дополнительная информация, 3 — план выполнения задания, 4 — программа оптимальной траектории полета над землей, 5 — система управления полетом для облета препятствий, 6 — объект управления, заданный в программе в виде математической модели, 7 — датчики препятствий, 8 — база данных о поверхности земли, 9 — инерциальная навигационная система, 10 — приближенная цифровая карта поверхности земли, 11 — уточненная карта поверхности, 12 — работа системы на большом удалении от препятствий (определяется номинальная траектория полета на небольшом расстоянии впереди по курсу), 13 — работа системы на средней дистанции, уточнение траектории по карте местности, 14 — работа

системы вблизи препятствий (управление с целью обхода препятствий при помощи информации, собираемой с датчиков 7 в реальном времени, с уточнением рельефа 8 и данных полученных на среднем уровне 13)[9].

Задачи, решаемые системой обеспечения безопасности на малой высоте:

- ◆ выбор маршрута на большом удалении от препятствий;
- ◆ выбор маршрута на среднем расстоянии от препятствий;
- ◆ обход препятствий на близких расстояниях;
- ◆ определение в процессе полета дальности до препятствий.

Первая задача включает определение полетного задания. На основе общей информации определяются относительно опасные зоны и ресурсы БЛА. Здесь достаточно данных о рельефе приближенной карты местности. Также используются данные о конечной точке полета.

При решении второй задачи, происходит коррекция задания для уточнения пути полета с использованием более детальной информации о рельефе, учитываются местные особенности рельефа[1].

Целью третьей задачи является определение номинальной траектории при облете препятствий на близких расстояниях. Используется номинальная траектория, выработанная на этапе 13 (см. рисунок), с учетом существующих препятствий.

Четвертая задача включает определение дальности до препятствий и в зависимости от удаленности решение задачи 1,2 или 3.

Алгоритм идеального пилота

Имитационное моделирование позволяет осуществить поддержку решения оператора, управляющего движением БЛА по траектории при необходимости обхода возникших на траектории движения препятствий [10,12,13,5]

Алгоритм «идеального пилота» [6] позволяет осуществлять управление БЛА в следующих режимах:

- ◆ управление полетом осуществляется изменением угла тангажа, что приводит к увеличению, либо уменьшению высоты полета над подстилающей поверхностью;
- ◆ значение угла рысканья остается неизменным;
- ◆ движение БЛА осуществляется без скольжения.

Режим «обход препятствий» реализуется следующим образом:

- ◆ управление полетом осуществляется изменением угла крена;
- ◆ БЛА осуществляет полет без изменения высоты полета в географической системе координат.
- ◆ значение угла рысканья остается неизменным.

Режим «обход-облет препятствий» реализуется следующим образом:

- ◆ управление полетом БЛА осуществляется изменением угла тангажа и угла крена;
- ◆ значение угла рысканья остается неизменным.

Режим автоматического выбора варианта управления маневром БЛА реализуется с использованием специального «решающего правила» с учетом располагаемого динамического ресурса по управлению. Решение о выполнении того или иного маневра принимается из условия минимизации используемого ресурса[7].

С этой целью в каналах управления БЛА была использована функция «идеального пилота», коэффициенты которой подбирались таким образом, чтобы величина среднеквадратического отклонения высоты полета над рельефом принимала минимальное значение.

При практическом применении расчета алгоритма движения при облете заданной территории будет прокладываться маршрут движения с учетом расположения аэродромов, технических складов и других охраняемых объектов, в соответствии с действием базового алгоритма приведенного ниже.

Обзор действия алгоритма простейшего обхода запретной зоны

Требуется смоделировать полет БЛА из точки А в точку В при следующих условиях[3]: полет с наличием шести запретных зон, расположенных в различных положениях на цифровой карте местности.

Алгоритм включает в себя 10 шагов. Каждый шаг выполняется в каждой клетке цифровой карты местности.

- ◆ Шаг 1. Проверить наличие запретной зоны перед БЛА.
- ◆ Шаг 2. В случае наличия таковой, перейти к шагу 3; если же запретной зоны не обнаружено, перейти к шагу 4.
- ◆ Шаг 3. Осуществляется выбор направления облета перпендикулярно траектории полета и переход к шагу 5.
- ◆ Шаг 4. Продолжается полет по исходной прямой траектории и осуществляется переход к шагу 1.
- ◆ Шаг 5. Проверяется наличие границы запретной зоны, параллельной траектории движения БЛА.

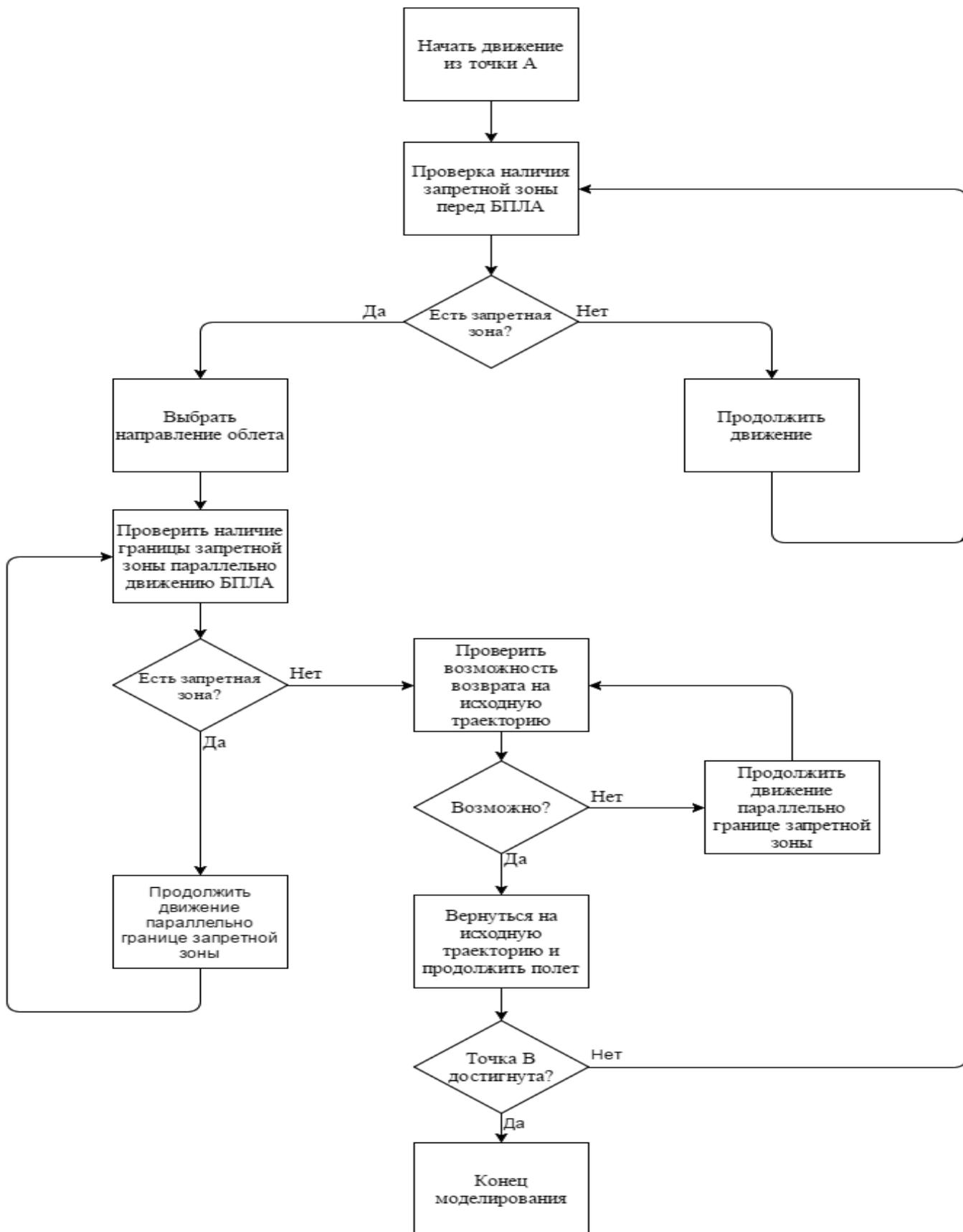


Рис. 3. Блок-схема простейшего алгоритма обхода запретной зоны.

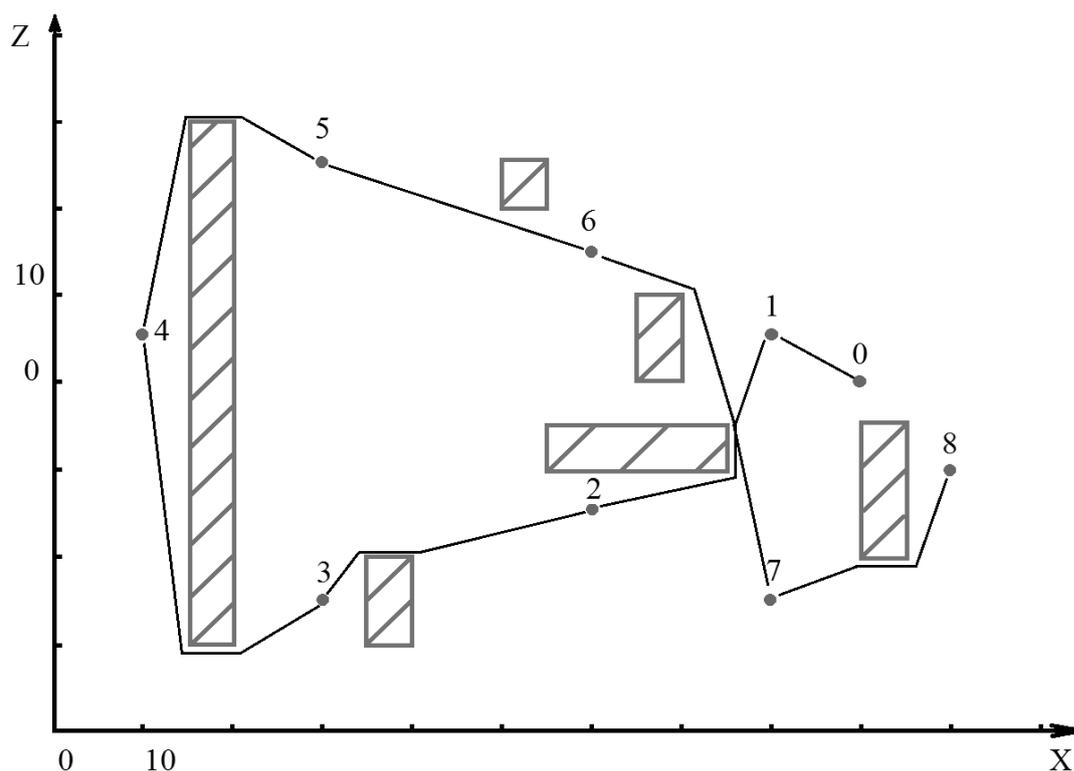


Рис. 4. Расположение запретных зон и планируемая траектория полета из точки 0 в точку 8.

- ◆ Шаг 6. Если таковая имеется, перейти к шагу 7; если нет — перейти к шагу 8.
- ◆ Шаг 7. Продолжить движение параллельно границе запретной зоны и перейти к шагу 5.
- ◆ Шаг 8. Проверить возможность возврата на исходную прямолинейную траекторию.
- ◆ Шаг 9. Если возврат невозможен, перейти к шагу 10; если возврат возможен, перейти к шагу 11.
- ◆ Шаг 10. Продолжить движение параллельно границе запретной зоны с целью её обхода и перейти к шагу 8.
- ◆ Шаг 11. Выполнить возврат на траекторию и продолжить полет по исходной прямолинейной траектории.
- ◆ Шаг 12. Проверить, достиг ли БЛА конечной точки маршрута (точки В). Если нет, осуществить переход к шагу 1; если да, закончить моделирование полета[8].

Блок-схема данного алгоритма представлена на рисунке 3.

Результат работы алгоритма представлен в виде набора координат промежуточных точек маршрута полетного задания. Визуализация размещения запретных зон, а также предполагаемой траектории полета представлена на рисунке 4[8].

Заключение

Работа посвящена анализу применения современной БАС гражданского назначения, использования её бортового оборудования, применяемого в гражданских целях, и исследованию алгоритмов идеального пилота и простейшего алгоритма обхода запретных зон на цифровой карте местности.

Рассмотрен обычный режим полета по алгоритму идеального пилота из точки 1 цифровой карты местности в точку 8. Обход запретных зон рассмотрен на примере движения из точки 1 в точку 8, при условии наличия по ходу движения шести запретных зон. Запретные зоны не имеют принципиального фиксирования по принадлежности, это могут быть аэродромы базирования авиации, закрытые гражданские объекты, объекты федерального использования, частная территория и т.д. Основным критерием при обходе объекта будет выступать его наличие на цифровой карте местности и в памяти БЛА.

Проведенное обзор показал, что данный простейший алгоритм позволяет обойти заданные препятствия, по кратчайшему пути без применения дополнительных затрат наземного или воздушного радиолокационного (навигационного) оборудования.

На практике необходимо учитывать ограничения на физические возможности БЛА, полученные результаты может быть использованы при практическом расче-

те алгоритмов движения БЛА гражданского назначения на территории субъектов Российской Федерации по запросу ведущих организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.А., Сурков Д. А., Васильев Н. М. Мобильный комплекс оперативного мониторинга газа и нефтетрубопроводов на базе мультироторного беспилотного летательного аппарата. // Автоматизация в нефтегазовой отрасли. — 2015. — № 4. — с. 44–50.
2. Системы раннего предупреждения приближения к земле ТТА-12//ЗАО «Транзас», 2004.
3. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. //Веремеенко К.К., Желтов С. Ю., Ким Н. В. и др. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
4. Современные подходы к проектированию систем управления беспилотными летательными аппаратами//Г.Н.Лебедев, Д. А. Михайлин, Е. С. Неретин, Е. М. Лунев, Д. В. Курмаков — Москва, издательство МАИ 2015.
5. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. — М.: СИНТЕГ, 1998.
6. Шэнон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. — М.: Издательство «МИР», 1978.
7. Ефимов А. В. Планирование полета беспилотного летательного аппарата при мониторинге наземной обстановки в заданном регионе с учетом воздействия бокового ветра: диссертация кандидата технических наук. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, 2012.
8. Лебедев Г.Н., Румакина А. В. Нейросетевое планирование маршрута разнвысотного полета беспилотного летательного аппарата. Авиакосмическое приборостроение. 2014. № 5. С. 3–8.
9. Лебедев Г.Н., Румакина А. В. Система логического управления обхода препятствий беспилотным летательным аппаратом при маршрутном полете. Труды МАИ. 2015. № 83. С. 5
10. M.R. Garey, D.S. Johnson, Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP Completeness, Freeman, San Francisco, 1979.
11. Лебедев Г.Н., Гришанин Ю. С., Липатов А. В., Степаньянц Г. А. Теория оптимальных систем. М.: МАИ, 1999.
12. Лебедев Г. Н. Методы принятия оперативных решений в задачах управления и контроля. М.: МАИ, 1992.
13. Лебедев Г.Н. и др. Теория оптимальных систем. М.: МАИ, 1999г, 317 стр.

© Гарин Алексей Владимирович, Муханов Владимир Иванович (alexlupandin2@mail.ru),
Ивлев Данила Витальевич (danila.ivlev@gmail.com), Финагин Дмитрий Сергеевич (fin.dmitriy1612@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ

Егоров Михаил Валерьевич

Инженер-расчетчик, ООО «ДАТАДВАНС»
egorovmv89@mail.ru

THE RAY METHOD FOR SOLVING THE DYNAMICS OF THE ELASTIC VISCIOUS-PLASTIC SHELLS

M. Yegorov

Summary. The work describes the ray method for solving systems of partial differential equations of hyperbolic type. This method consists in constructing the equations of discontinuity transfer along the propagation of perturbations on moving surfaces, as well as in representing the solution in the form of a Taylor power series in the variable distance behind the perturbation front while preserving a sufficient number of terms. The implementation of the method is shown by the example of a system of partial differential equations of hyperbolic type, which describe the process of dynamic deformation of thin cylindrical shells of revolution from elastoviscoplastic materials [5]. An algorithm for constructing a solution up to the required order is given.

Keywords: rotating shell, ray method, plasticity, dynamic deformation.

Аннотация. В работе представлено описание и демонстрация работы программного комплекса для математического моделирования динамического деформирования упруговязкопластических оболочек вращения. Математическая модель основана на систему уравнений в частных производных гиперболического типа. В качестве метода реализован лучевой метод прифронтных разложений, в также построение решение в виде степенного ряда Тейлора с третьим порядком точности. Сформулированы начальные условия в терминах разрывов, описывающие динамическую нагрузку по торцу оболочки. Представлены варианты граничных условий в терминах разрывов, отражающие условия жесткого защемления, или свободного от напряжений противоположного торца оболочки. Построен алгоритм расчета остаточной формы оболочки после снятия нагрузки.

Ключевые слова: лучевой метод, оболочка вращения, пластичность, граничные условия.

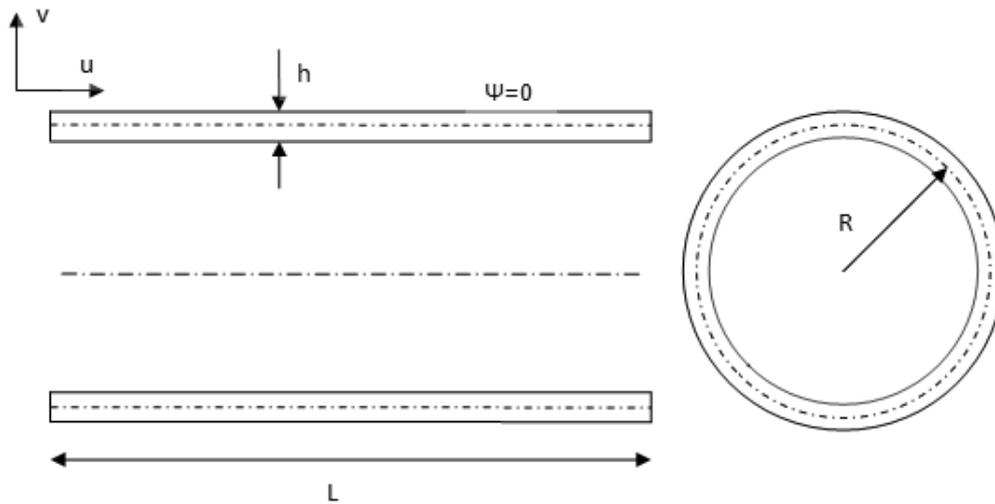


Рис. 1 Модельное представление оболочки

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_1^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + c_1^2 \frac{v}{R} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{c_1^2 v}{R^2} \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{2\mu}{\rho} \frac{\partial e_{zz}^p}{\partial z}; \\
 \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} &= c_1^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{12c_2^2 k^2}{h^2} \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{12c_2^2 k^2}{h^2} \psi - \frac{2c_1^2 v}{R^3} \frac{\partial v}{\partial z}; \\
 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= c_2^2 k^2 \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + c_2^2 k^2 \frac{\partial \psi}{\partial z} - \frac{c_1^2}{R^2} v - \frac{c_1^2 v}{R} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{c_1^2 v}{2R} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \\
 &+ \frac{c_1^2 v}{R} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - \frac{3c_2^2 k^2}{2R^3} v^2 - \frac{2\mu}{\rho} \frac{\partial e_{rz}^p}{\partial z}; \\
 \frac{de_{zz}^p}{dt} &= \frac{1}{\eta} \frac{I_2(\sigma') - K\sqrt{2}}{I_2(\sigma')} \sigma'_{zz}; \\
 \frac{de_{rz}^p}{dt} &= \frac{1}{\eta} \frac{I_2(\sigma') - K\sqrt{2}}{I_2(\sigma')} \sigma'_{rz},
 \end{aligned} \tag{1}$$

Рассмотрим математическую модель, описывающую динамическое деформирование тонкой оболочки вращения из упруговязкопластического материала, изложенную в [5] (рисунок 1, формула 1), где u, v — продольные, поперечные перемещения срединной поверхности оболочки, ψ — угол поворота срединной поверхности оболочки вращения, z — продольная координата оболочки, R — радиус срединной поверхности, h — толщина оболочки, ν — коэффициент Пуассона, μ — параметр Ляме, ρ — плотность материала оболочки, η — коэффициент динамической вязкости, e_{ij}^p — компоненты тензора пластических деформаций, K — предел пластичности, σ'_{ij} — компоненты девиатора тензора напряжений, $I_2(\sigma'_{ij})$ — второй инвариант девиатора тензора напряжений, c_1, c_2 — скорости распространения продольных и поперечных возмущений

в неограниченной среде, k — параметр поперечного сечения, характеризующий распределение касательных напряжений.

$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} - 1/3 \sum_{k=1}^3 \sigma_{kk} \delta_{ij}, \tag{2}$$

$$I_2(\sigma') = \sqrt{\sigma'_{ij} \otimes \sigma'_{ij}}, \tag{3}$$

$$c_1^2 = \frac{E}{\rho(1-\nu^2)}, c_2^2 = \frac{E}{2\rho(1+\nu)}. \tag{4}$$

Запишем систему уравнений (1) в терминах разрывов на подвижной поверхности согласно выражениям [5] (формулы 5, 6, 7)

$$f^-(z, t) = f^+(z, t) - [f(z, t)], \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\delta}{\delta t} - c \frac{\partial}{\partial n}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta^2 [u]}{\delta t^2} - 2c \frac{\delta [u_{,n}]}{\delta t} + c^2 [u_{,nn}] &= c_1^2 [u_{,nn}] + c_1^2 \frac{v}{R} [v_{,n}] - \frac{2\mu}{\rho} [e_{zz,n}^p]; \\ \frac{\delta^2 [\psi]}{\delta t^2} - 2c \frac{\delta [\psi_{,n}]}{\delta t} + c^2 [\psi_{,nn}] &= c_1^2 [\psi_{,nn}] - \frac{12c_2^2 k^2}{h^2} [v_{,n}] - \frac{12c_2^2 k^2}{h^2} [\psi]; \\ \frac{\delta^2 [v]}{\delta t^2} - 2c \frac{\delta [v_{,n}]}{\delta t} + c^2 [v_{,nn}] &= c_2^2 k^2 [v_{,nn}] + c_2^2 k^2 [\psi_{,n}] - \frac{c_1^2}{R^2} [v] - \frac{c_1^2 v}{R} [u_{,n}] - \frac{2\mu}{\rho} [e_{rz,n}^p]; \\ [e_{zz,n}^p] &= -\frac{1}{c\eta} \left(1 - \frac{K\sqrt{2}}{\sqrt{2/3 (\lambda ([u_{,n}] + 1/R[v]) + 2\mu [u_{,n}]^2)^2 + 2\mu^2 [v_{,n}]^2}} \right) \cdot \\ &(\lambda ([u_{,n}] + 1/R[v]) + 2\mu [u_{,n}]); \\ [e_{rz,n}^p] &= -\frac{1}{c\eta} \left(1 - \frac{K\sqrt{2}}{\sqrt{2/3 (\lambda ([u_{,n}] + 1/R[v]) + 2\mu [u_{,n}]^2)^2 + 2\mu^2 [v_{,n}]^2}} \right) \mu [v_{,n}]. \end{aligned} \quad (7)$$

В работе [4] показано существование двух изолированных волновых фронтов системы (7), на каждом из которых выполняются свои условия.

Волновой фронт Σ_1 :

$$\tilde{n} = \tilde{n}_1, [u_{,n}] \neq 0, [\psi_{,n}] \neq 0, [v_{,n}] \equiv 0. \quad (8)$$

Волновой фронт Σ_2 :

$$\tilde{n} = \tilde{n}_2 k, [u_{,n}] \equiv 0, [\psi_{,n}] \equiv 0, [v_{,n}] \neq 0. \quad (9)$$

Принимая во внимание условие сплошности $[f] = 0$ и записывая систему уравнений (7) на соответствующей волновой поверхности Σ_1 , или Σ_2 получаем систему обыкновенных неоднородных уравнений первого порядка относительно $[u_{,n}]$, $[\psi_{,n}]$, $[v_{,n}]$. Дифференцируя систему (1) достаточное количество раз по продольной координате и записывая ее в терминах разрывов на подвижной поверхности по аналогии с системой (7) можно получить выражения для $[u_{,nn}]$, $[\psi_{,nn}]$, $[v_{,nn}]$ и $[u_{,nnn}]$, $[\psi_{,nnn}]$, $[v_{,nnn}]$. Учитывая вышеизложенное, можно составить выражение

для решения за фронтом возмущения в виде степенного ряда Тейлора:

$$f^-(z, t) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{\partial^k f^-(z, t)}{\partial n^k} \Big|_{z=0} \frac{n^k}{k!}, \quad (10)$$

где $f^-(z, t)$ — значение функции за фронтом возмущения, n — расстояние от фронта возмущения.

Начальные условия для решения последовательно дифференцированной системы уравнений (7) могут быть записаны в следующем виде [6]:

$$[u_{,n}]_0 = \frac{[\sigma_{rz}]_0}{\lambda + 2\mu}; \quad (11)$$

$$\begin{aligned} [u_{,nn}]_0 &= \frac{2\mu}{c_1 \eta} [u_{,n}]_0 - \frac{1}{\lambda c_1 + 2\mu c_1} \left[\frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial t} \right]_0 - \\ & - \frac{2\sqrt{3}K}{\eta (\lambda c_1 + 2\mu c_1)}; \end{aligned} \quad (12)$$

$$[u_{,nnn}]_0 = \frac{1}{c_1^2 (\lambda + 2\mu)} \left[\frac{\partial^2 \sigma_{zz}}{\partial t^2} \right]_0 + \frac{2\mu}{c_1 \eta} [u_{,nn}]_0; \quad (13)$$

$$[v_{,n}]_0 = \frac{[\sigma_{rz}]_0}{2\mu}; \tag{14}$$

$$[v_{,nn}]_0 = -\frac{1}{2\mu c_2 k} \left[\frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial t} \right]_0 + \frac{\mu}{c_2 k \eta} [v_{,n}]_0 - \frac{K}{c_2 k \eta}; \tag{15}$$

$$[v_{,nnn}]_0 = \frac{1}{2\mu c_2^2 k^2} \left[\frac{\partial^2 \sigma_{rz}}{\partial t^2} \right]_0 + \frac{\mu}{c_2 k \eta} [v_{,nn}]_0; \tag{16}$$

$$\sigma_{ij}|_{z=0} = -\sum_{k=0}^{\infty} \left[\frac{\partial^k \sigma_{ij}(z=0, t)}{\partial t^k} \right] \frac{t^k}{k!}, \tag{17}$$

где $\sigma_{ij}|_{z=0}$ — динамическая нагрузка на торце, представленная в виде степенного ряда Тейлора.

Граничные условия для жестко заземленного торца оболочки можно записать в виде [6]:

$$\left[\frac{\partial^k u}{\partial n^k} \right]_{ref} = - \left[\frac{\partial^k u}{\partial n^k} \right]_{inc}, \tag{18}$$

$$\left[\frac{\partial^k v}{\partial n^k} \right]_{ref} = - \left[\frac{\partial^k v}{\partial n^k} \right]_{inc}. \tag{19}$$

Граничные условия для свободного от напряжений торца оболочки можно записать в виде [6]:

$$\left[\frac{\partial u}{\partial n} \right]_{ref} = - \left[\frac{\partial u}{\partial n} \right]_{inc}, \tag{20}$$

$$\left[\frac{\partial v}{\partial n} \right]_{ref} = - \left[\frac{\partial v}{\partial n} \right]_{inc}, \tag{21}$$

$$\left[\frac{\partial^2 u}{\partial n^2} \right]_{ref} = 2 \frac{1}{c} \frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{\partial u}{\partial n} \right]_{inc}, \tag{22}$$

$$\left[\frac{\partial^2 v}{\partial n^2} \right]_{ref} = 2 \frac{1}{c} \frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{\partial v}{\partial n} \right]_{inc}, \tag{23}$$

$$\left[\frac{\partial^3 u}{\partial n^3} \right]_{ref} = 4 \frac{1}{c^2} \frac{\delta^2}{\delta t^2} \left[\frac{\partial u}{\partial n} \right]_{inc}, \tag{24}$$

$$\left[\frac{\partial^3 v}{\partial n^3} \right]_{ref} = 4 \frac{1}{c^2} \frac{\delta^2}{\delta t^2} \left[\frac{\partial v}{\partial n} \right]_{inc}. \tag{25}$$

Запишем выражения для компонент скоростей пластического деформирования на фронтах Σ_1, Σ_2 [6]:

$$\left[\frac{\partial e_{zz}^p}{\partial t} \right]_{\Sigma_1} = [\varepsilon_{zz}^p]_{\Sigma_1} = -\frac{\lambda + 2\mu}{\eta} [u_{,n}] + \frac{\sqrt{3}K}{\eta}; \tag{26}$$

$$\left[\frac{\partial e_{rz}^p}{\partial t} \right]_{\Sigma_1} = [\varepsilon_{rz}^p]_{\Sigma_1} = 0; \tag{27}$$

$$\left[\frac{\partial e_{zz}^p}{\partial t} \right]_{\Sigma_2} = [\varepsilon_{zz}^p]_{\Sigma_2} = 0; \tag{28}$$

$$\left[\frac{\partial e_{rz}^p}{\partial t} \right]_{\Sigma_2} = [\varepsilon_{rz}^p]_{\Sigma_2} = -\frac{\mu}{\eta} [v_{,n}] + \frac{K}{\eta}. \tag{29}$$

Распределение пластических деформаций можно представить в виде [6]:

$$e_{ij}^{-p} = [e_{ij,n}^p] (N-z) - [e_{ij,nn}^p] \frac{(N-z)^2}{2} + [e_{ij,nnn}^p] \frac{(N-z)^3}{6}; \tag{30}$$

$$[\varepsilon_{ij,n}^p] = \left[\frac{\partial e_{ij,n}^p}{\partial t} \right] = \frac{\delta [e_{ij,n}^p]}{\delta t} - c [e_{ij,nn}^p]; \tag{31}$$

$$[e_{ij,nn}^p] = \frac{\delta [e_{ij,n}^p]}{\delta N} - \frac{1}{c} [\varepsilon_{ij,n}^p]; \tag{32}$$

$$[\varepsilon_{ij,nn}^p] = \left[\frac{\partial e_{ij,nn}^p}{\partial t} \right] = \frac{\delta [e_{ij,nn}^p]}{\delta t} - c [e_{ij,nnn}^p]; \tag{33}$$

$$[e_{ij,nnn}^p] = \frac{\delta [e_{ij,nn}^p]}{\delta N} - \frac{1}{c} [\varepsilon_{ij,nn}^p]. \tag{34}$$

Остаточные пластические перемещения обусловлены наличием скорости пластической деформации на фронте. Выражения для остаточных перемещений оболочки могут быть получены путем разложения в ряд Тейлора по расстоянию за фронтом [6]:

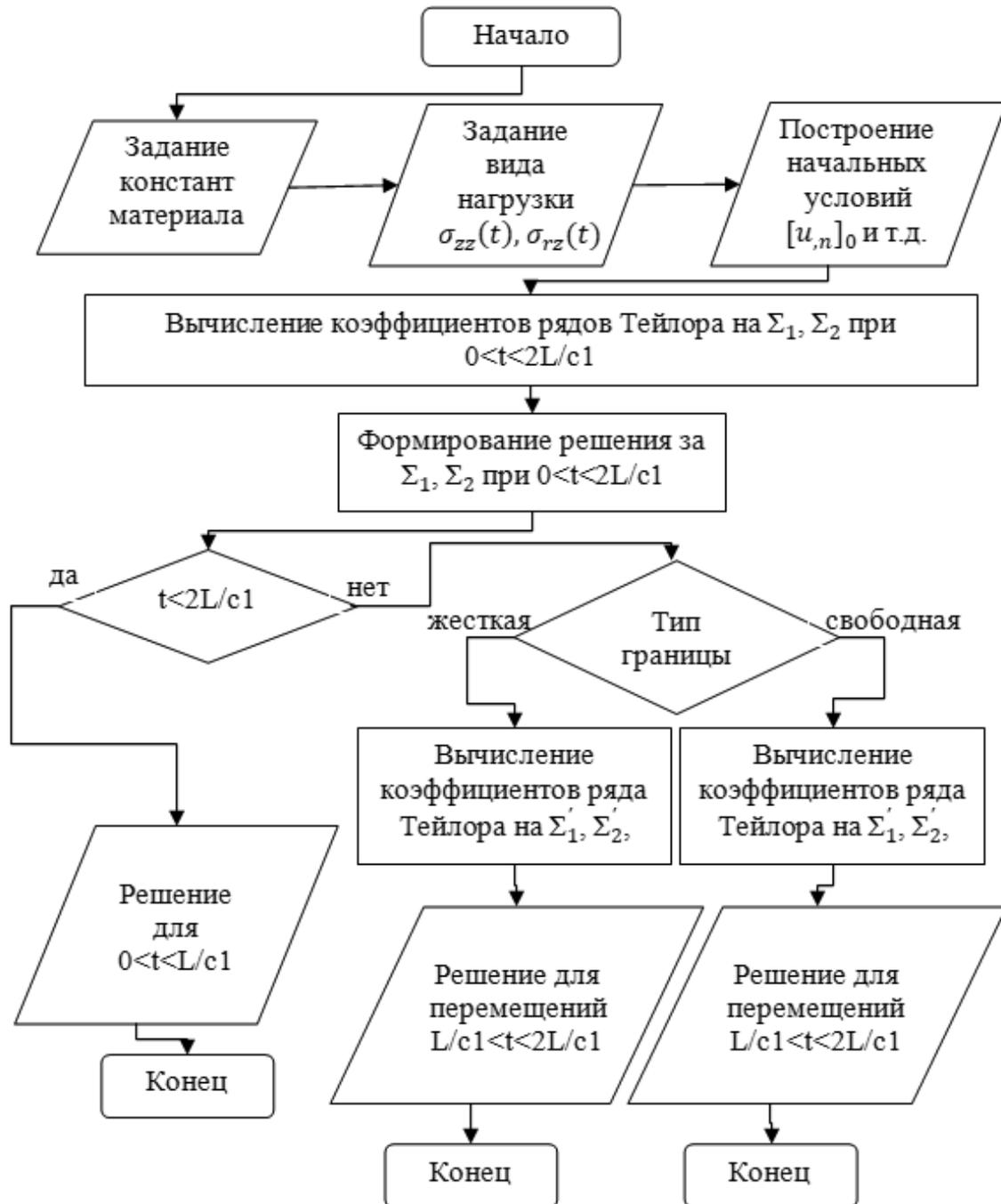


Рис. 2 Блок-схема работы программного комплекса

$$u(N, z) = e_{zz}^{-p} (N - z) - [e_{zz, n}^p] \frac{(N - z)^2}{2} + [e_{zz, nn}^p] \frac{(N - z)^3}{6}, \quad (35)$$

$$v(N, z) = e_{rz}^{-p} (N - z) - [e_{rz, n}^p] \frac{(N - z)^2}{2} +$$

$$+ [e_{rz, nn}^p] \frac{(N - z)^3}{6}, \quad (36)$$

где e_{zz}^{-p} , e_{rz}^{-p} — остаточные пластические деформации за фронтом, $n = N - z$ — расстояние за фронтом.

Программа для реализации метода была написана на языке FORTRAN90 в кроссплатформенной среде Code:: Blocks. Постпроцессинг для визуальной части был разработан в Mathcad 15.

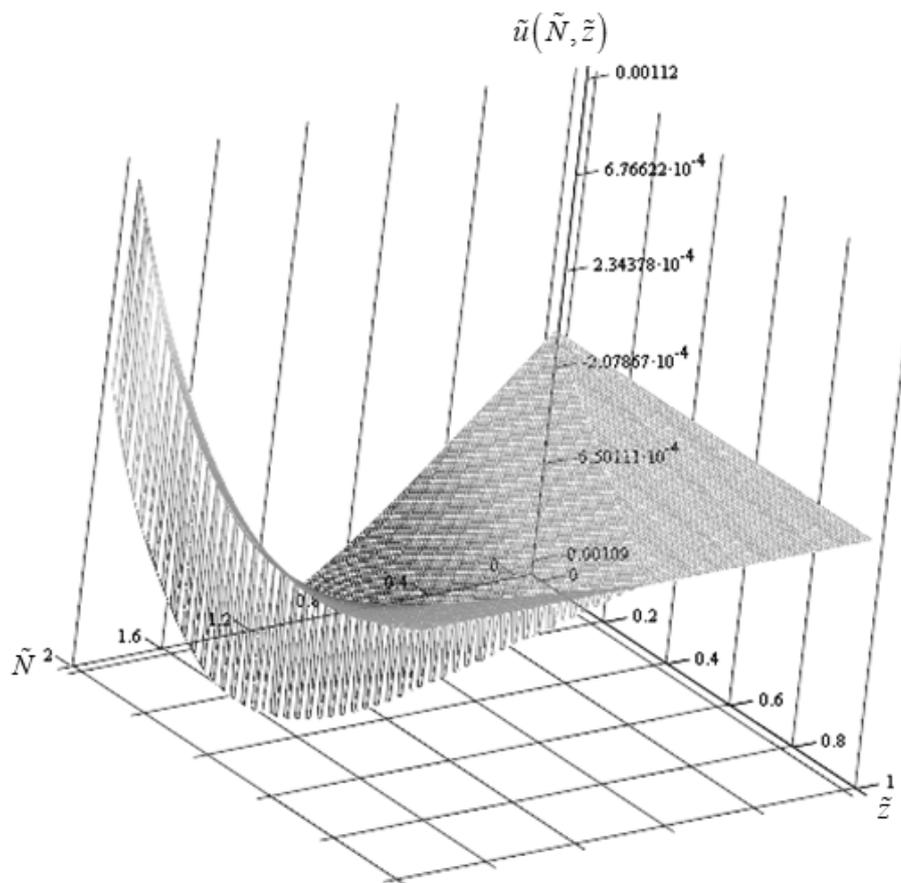


Рис. 3 Распределение продольных перемещений в случае жестко защемленной границы

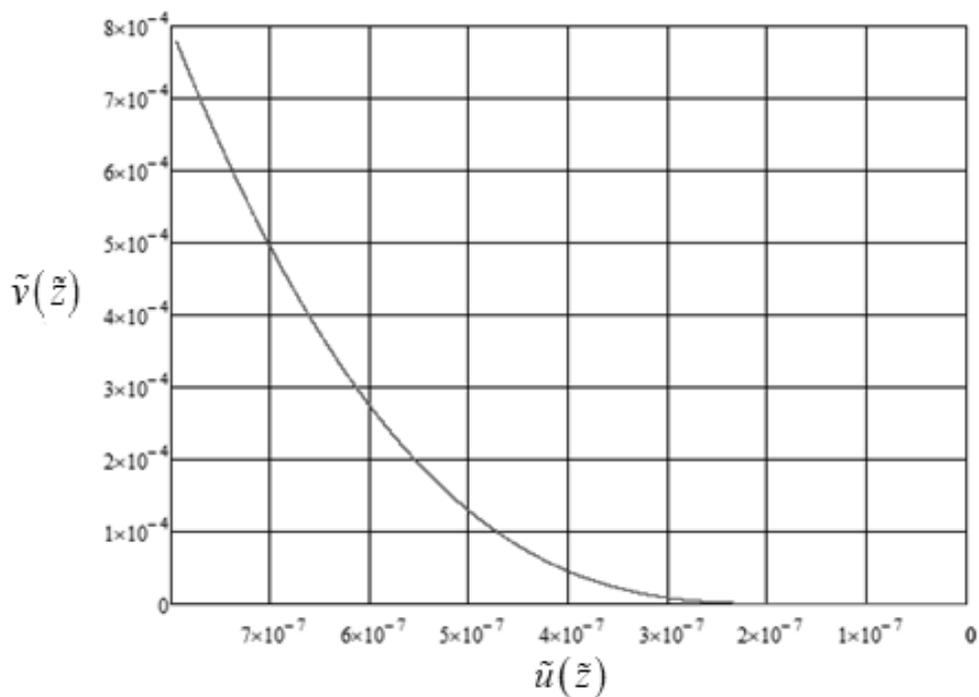


Рис. 4 Остаточная форма оболочки при снятии нагрузки в момент времени $\tilde{N} = 1$

При расчетах были использованы следующие безразмерные комплексы: $\tilde{u} = u/L$, $\tilde{z} = z/L$, $\tilde{N} = N/c_1 t$
 $\tilde{v} = v/L$ $\tilde{u}(\tilde{N}, \tilde{z})$ $\tilde{v}(\tilde{N}, \tilde{z})$.

Выводы: в работе представлено описание и демонстрация работы программного комплекса для матема-

тического моделирования динамического деформирования тонких оболочек вращения при двух вариантах задания граничных условия на противоположном торце оболочки (жестко защемленном и свободном от напряжений), а также построения остаточной формы оболочки после снятия нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вервейко Н. Д. Лучевая теория упруговязкопластических волн и волн гидроудара / Н. Д. Вервейко. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1997. — 204 с.
2. Сагомоян А. Я. Волны напряжений в сплошных средах / А. Я. Сагомоян; МГУ — Москва: Изв-во МГУ, 1985. — 416 с.
3. Вервейко Н. Д. Лучевой метод расчета динамического напряженного состояния оболочки вращения / Н. Д. Вервейко, М. В. Егоров // Вестник ЧГПУ. Серия: Механика предельного состояния. — 2015. — № 3. — С. 120–131.
4. Вервейко Н. Д. Метод последовательных нагружений расчета динамического деформирования осесимметричной оболочки распространяющемся внутренним давлением / Н. Д. Вервейко, М. В. Егоров // Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. — Воронеж, 2015. — № 4 — С. 111–120.
5. Егоров М. В. Динамическое деформирование осесимметричной оболочки вращения из упруговязкопластического материала вблизи ударных волн / М. В. Егоров // Вестник ЧГПУ. Серия: Механика предельного состояния. — 2016. — № 2. — С. 144–162.
6. Вервейко Н. Д. Математическое моделирование динамического деформирования упруговязкопластических оболочек конечной длины лучевым методом / Н. Д. Вервейко, М. В. Егоров // Вестник СамГТУ. Серия: Физико-математические науки. — Самара, 2018. — № 2 — С. 325–343.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Егоров М. В. // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. № 2017660609. 22.09.2017
8. Бахвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. — М.: Наука, 1973. — 631 с.

© Егоров Михаил Валерьевич (egorovmv89@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА Т-ОБРАЗНОМ ПЕРЕСЕЧЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Коломеец Андрей Олегович

*К.т.н., доцент, Сибирский государственный
университет путей сообщения (СГУПС)
andreykolomeec@yandex.ru*

COMPUTER SIMULATION AND ANALYSIS OF TRAFFIC FLOWS AT THE T-ROAD CROSSINGS

A. Kolomeets

Population's transport mobility is a key factor of any modern megapolis. Statistics confirm an annual growth of vehicles per capita. Consequently, the traffic flow increased significantly on particular road sections. A software simulation will optimize and reduce the density of traffic flows. Purpose: to develop and justify methods to improve a traffic capacity at the T-road crossings using a simulation of traffic flows. Methods: The study tested a simulation and an analysis of traffic and pedestrian flows with AnyLogic. Results: The researchers implemented a software model which imitated traffic and pedestrian flows at the T-road crossings on Zalesskogo Street and Dusi Kovalchuk Street, Novosibirsk City, as an example. The analysis of traffic flows identified a particular section (on Dusi Kovalchuk Street) with an increasing traffic density. The researchers offered technical and organizational measures to optimize traffic and pedestrian flows at the test crossing. As a result, a pedestrian flow on Zalesskogo Street was transferred to another level; a pedestrian overpass was modelled. A pedestrian traffic transfer from Zalesskogo Street made it possible to optimize signal phases of traffic lights at the crossing. The experiments verified effectiveness of suggested methods. With an optimized scheme, traffic flow analysis indicated an increasing traffic capacity on particular road sections and a decreasing traffic density on earlier busy sections of Dusi Kovalchuk Street. Practical relevance: The researchers developed a simulation model; suggested technical and organizational measures are to be used to analyze and to optimize traffic flows at the similar (standard) crossings in the megapolises.

Keywords: Simulation, Traffic Flows, Traffic Capacity, Signal Phases of Traffic Lights.

Аннотация. в современных мегаполисах одним из ключевых факторов качественной жизни является транспортная мобильность населения. Статистические данные подтверждают ежегодное увеличение количества автомобилей на душу населения. Трафик автомобилей на отдельных участках дорожной сети крупных мегаполисов существенно увеличился. Для поиска вариантов оптимизации и снижения плотности транспортных потоков используют имитационное моделирование в современных программных средствах. Цель исследования: разработать и обосновать методы повышения пропускной способности на Т-образном пересечении автомобильных дорог с помощью имитационного моделирования транспортных потоков. Методы: имитационное моделирование и анализ транспортных и пешеходных потоков в среде AnyLogic. Результаты: реализована программная модель, имитирующая транспортные и пешеходные потоки Т-образного пересечения автомобильных дорог на примере пересечения улиц Залесского и Дуси Ковальчук города Новосибирска. В ходе анализа транспортных потоков выявлен участок улицы Дуси Ковальчук с повышенной плотностью движения. Предложены технические и организационные меры по оптимизации транспортных и пешеходных потоков на исследуемом пересечении. На улице Залесского поток пешеходов перенесен в другой уровень — смоделирован надземный пешеходный переход. Перенос пешеходного трафика с улицы Залесского позволил оптимизировать фазы работы светофоров на пересечении. Экспериментально доказана эффективность предложенных методов. В ходе анализа транспортных потоков по оптимизированной схеме установлено увеличение пропускной способности отдельных участков дорожной сети и уменьшение плотности движения на ранее загруженных участках улицы Дуси Ковальчук. Практическая значимость: разработана модель; технические и организационные меры могут использоваться для анализа и оптимизации транспортных потоков на аналогичных (типовых) пересечениях улиц в крупных мегаполисах.

Ключевые слова: имитационное моделирование, транспортные потоки, пропускная способность, фазы светофоров.

Введение

По данным Федеральной службы государственной статистики, за последние десять лет в России парк легковых автомобилей, находящихся в собственности у населения, вырос на 28% [1]. Количественная оценка показывает, что каждый третий житель нашей страны имеет в собственности один автомобиль. В большинстве городов России строительство транспортной инфраструктуры проводилось еще в советское время.

В настоящий момент возникает необходимость увеличения пропускной способности автомобильных дорог и магистралей, но в сложившихся условиях это практически невозможно [2]. Поэтому встает задача по оптимизации транспортных потоков, но при этом существует ограниченное количество оптимизационных решений. Наиболее предпочтительные из них — это разделение транспортных и пешеходных потоков на разных уровнях: строительство подземных или надземных пешеходных переходов. Практика показывает, что любое проект-

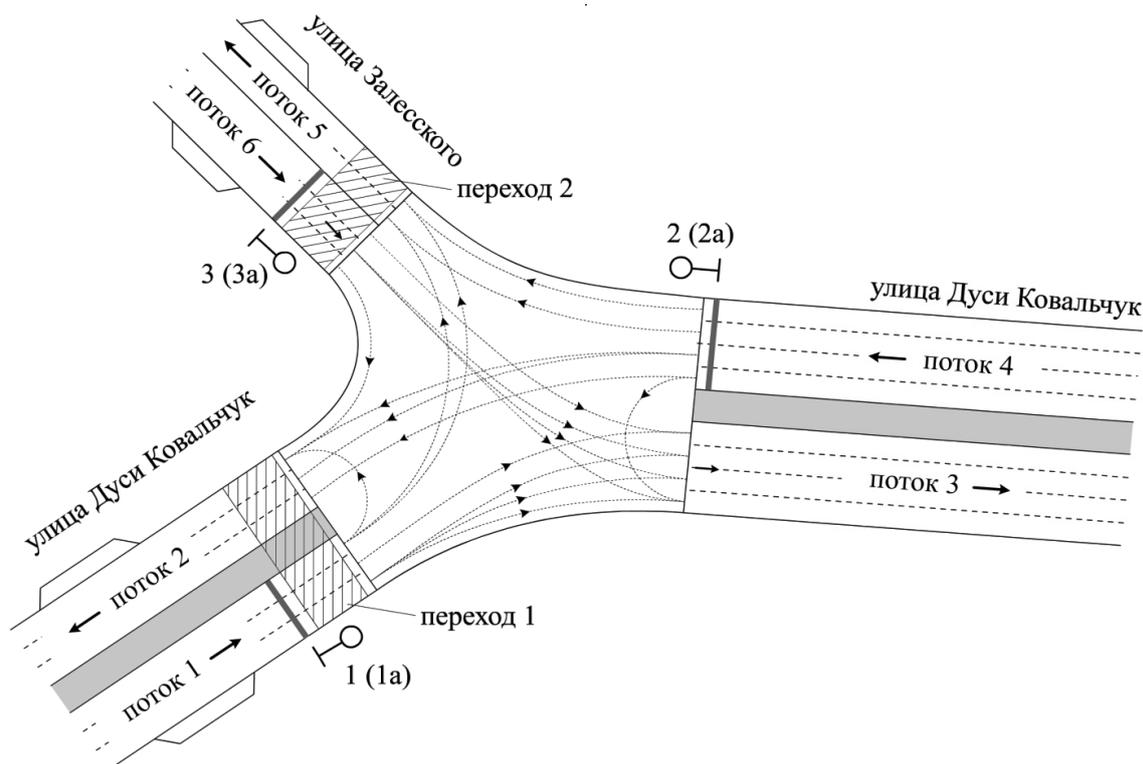


Рис. 1. Схема пересечения улиц Залесского и Дуси Ковальчук

ное решение требует тщательной проработки и анализа ситуации «до» и «после». Ввиду того что транспортные и пешеходные потоки являются сложными техническими и социальными системами, на помощь приходит имитационное моделирование этих систем.

Исследование проведено по данным, полученных при анализе автомобильного и пешеходного трафика на пересечении улиц Залесского и Дуси Ковальчук города Новосибирска.

Характеристика пересечения улиц Залесского и Дуси Ковальчук

Пересечение улиц Залесского и Дуси Ковальчук города Новосибирска является типовым для крупных мегаполисов (рис. 1). Оно представляет Т-образный перекресток с исторически сложившейся схемой организации движения. Около пересечения находится два крупных высших учебных заведения и несколько торговых центров. Ввиду этого на данном пересечении в так называемые «часы пик» имеется повышенный уровень пешеходного трафика. На пересечении курсирует общественный транспорт и проходит трамвайная линия. На обеих улицах расположены остановки общественного транспорта.

Улицы Залесского и Дуси Ковальчук являются многополосными. На рис. 1 представлена схема организации движения транспортных потоков по всем полосам

на моделируемом пересечении. Улица Залесского в направлении движения потока 5 содержит две полосы движения и в направлении потока 6 — три. Крайняя правая полоса улицы Залесского в направлении потока 6 предназначена для поворота на улицу Дуси Ковальчук, по двум остальным полосам осуществляется движение в направлении потока 3 на улицу Дуси Ковальчук. Поворот направо с улицы Залесского на улицу Дуси Ковальчук регулируется дополнительной секцией (светофор 3a), поворот налево — сигналами основного светофора 3 (рис. 1).

Улица Дуси Ковальчук в направлении потоков 3 и 4 содержит по четыре полосы движения. Две правых полосы улицы Дуси Ковальчук в направлении движения потока 4 предназначены для поворота направо на улицу Залесского, две левые — для поворота налево на улицу Дуси Ковальчук в направлении движения потока 2. Крайняя левая полоса потока 4 предназначена также для разворота на улице Дуси Ковальчук. Поворот направо с улицы Дуси Ковальчук на улицу Залесского регулируется дополнительной секцией (светофор 2a), поворот налево — сигналами основного светофора 2 (рис. 1).

В направлении движения потоков 1 и 2 улица Дуси Ковальчук содержит по три полосы движения. Две правых полосы движения улицы Дуси Ковальчук в направлении потока 1 предназначены для движения в направлении потока 3. Такое движение регулируется основным сиг-

Таблица 1. Интенсивность транспортных потоков на пересечении

Начальный поток	Интенсивность, шт./ч	Конечный поток	Интенсивность,	
			шт./ч	%
1	2 224	3	1 928	86,7
		5	273	12,3
		2 (разворот)	23	1,0
4	1 898	5	596	31,4
		2	1 200	63,2
		3 (разворот)	102	5,4
6	774	3	520	67,2
		2	254	32,8

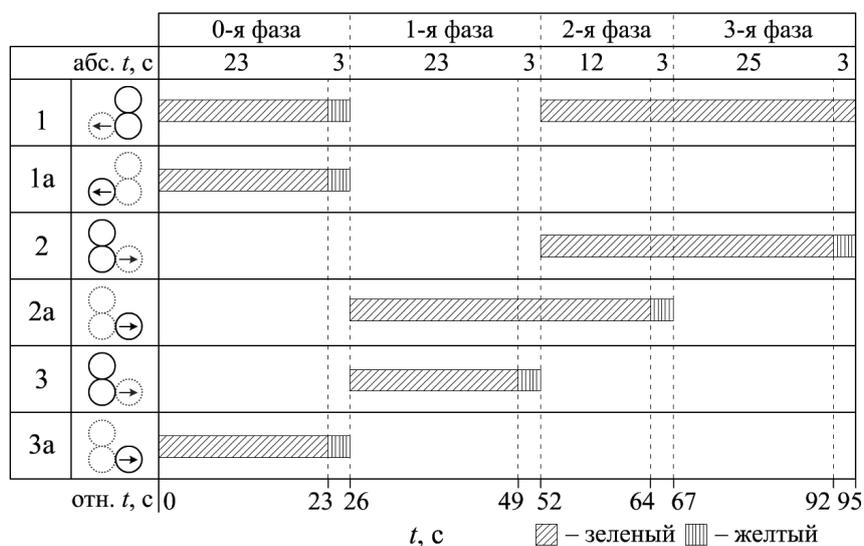


Рис. 2. Диаграмма цикла работы светофоров на пересечении улиц Залесского и Дуся Ковальчук

налом светофора 1 (рис. 1). Крайняя левая полоса движения улицы Дуся Ковальчук в направлении движения потока 1 предназначена для поворота налево на улицу Залесского и разворота. Такое движение регулируется дополнительной секцией (светофор 1а).

Методы моделирования

Моделирование проводилось в специализированном программном обеспечении AnyLogic версии 8.3.3 [3, 4]. Данные по трафику автомобилей получены в ходе записи видеоданных с последующим оцениванием (подсчетом) количества единиц транспорта [5]. Длительность фаз светофоров определялась также визуально с использованием видеоданных. Исследование транспортных потоков проводилось в течение одного часа с 8:00 до 9:00. В это время на пересечении наблюдается наибольшее количество транспортных средств. В ходе мониторинга транспортных потоков были определены показатели интенсивности и представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наиболее интенсивными являются потоки 1 и 4. Они делятся на три направления, поток 6 — на два. Очевидно, что наиболее затруднительными маневрами на моделируемом пересечении являются развороты [6]. Несмотря на малый процент автомобилей, выполняющих такой маневр, они существенно замедляют скорость проезда на пересечении.

В соответствии с действующей схемой организации движения цикл работы светофоров составляет 95 с. Каждый цикл светофоров содержит четыре фазы. На рис. 2 представлена диаграмма фаз работы светофоров в виде длительности разрешающего сигнала (зеленый) и дополнительного (желтый, зеленый мигающий). Запрещающий сигнал (красный) на диаграмме не показан.

В модели принята нумерация фаз работы светофоров от нуля до трех. Длительность желтой фазы (дополнительной) включена в предшествующую ей основную

Таблица 2. Вероятности распределения потоков

Наименование блока	Номер выходного порта				
	1	2	3	4	5
selectПоток1	0,010	0,867	0,123	0	0
selectПоток4	0,632	0,054	0,314	0	0
selectПоток6	0,328	0,672	–		

фазу. Моделирование работы пешеходных светофоров в исследовании не проводилось.

Наиболее длительная фаза у светофора 1: она составляет 69 с. Минимальной по продолжительности являются фазы работы дополнительных секций 1а и 3а, а также основного светофора 3: длительность каждой составляет 26 с. Дополнительные секции 1а и 3а работают синхронно.

Моделирование дорожной сети в AnyLogic проводилось с помощью нескольких блоков визуальной разметки пространства Библиотеки дорожного движения [7]. Дорожное полотно моделировалось объектом Дорога, пересечение — Перекресток. Кроме этого, в Библиотеке дорожного движения имеются объекты Стоп-линия, Автобусная остановка и Парковка.

Попутное направление движения по улице Дуси Ковальчук совпадает с направлением потоков 1 и 3, а встречное — с направлением потоков 2 и 4. Попутное направление движения по улице Залесского совпадает с направлением потока 6, а встречное — с направлением потока 5. На участках дороги улицы Дуси Ковальчук для потоков 1 и 2 в каждом направлении установлено три полосы движения, а для потоков 3 и 4 — четыре.

По улице Дуси Ковальчук проходит трамвайная линия, по которой курсирует один трамвай с интервалом движения около 25 мин, что составляет менее одного процента в исследуемых транспортных потоках, поэтому в модели принято решение не имитировать движение трамваев. Трамвайные пути смоделированы в виде разделительной полосы шириной 8 м.

Автомобильные потоки в AnyLogic имитируются блоками диаграммы процессов Car Source, Car Move To и Car Dispose из Библиотеки дорожного движения. Блок Car Source предназначен для появления в модели агента типа Автомобиль. Блок Car Move To осуществляет передвижение указанного агента до цели движения (дорога, автобусная остановка, парковка) или по определенному объекту (дорога). Блок Car Dispose

удаляет агентов из модели [7]. Для организации движения автомобилей по разработанной ранее дорожной сети в модель добавлено три блока типа Car Move To. Блок с именем «ТоЗалесского» предназначен для направления движения транспортных потоков, в том числе общественного транспорта, на улицу Залесского в соответствии с направлением потока 5, блок с именем «ТоДусиКовальчук1» — потока 2, блок с именем «ТоДусиКовальчук2» — потока 3.

Для разделения агентов транспортных потоков в AnyLogic в Библиотеке моделирования процессов существует два блока: Select Output и Select Output5. Оба блока распределяют агентов, поступивших на входной порт, на выходные порты с заданной вероятностью. Главным отличием этих блоков является количество выходных портов. Для разделения транспортных потоков в модель добавлены блоки Select Output с именами «selectПоток1», «selectПоток4» и «selectПоток6».

Блок «carSourceПоток6» создает поток автомобилей на дороге «Залесского» и помещает их на полосу попутного движения. Блок «carSourceПоток1» создает поток автомобилей на дороге «ДусиКовальчук1» и помещает их на полосу попутного движения. Блок «carSourceПоток2» создает поток автомобилей на дороге «ДусиКовальчук2» и помещает их на полосу встречного движения. Для блока «carSourceПоток6» установлена интенсивность прибытия 774 агента в час, для блока «carSourceПоток1» — 2 224 агента в час и для блока «carSourceПоток2» — 1 898 агентов в час.

После создания агенты по диаграмме процессов направляются на соответствующие входные порты блоков Select Output и Select Output5. В соответствии с табл. 1 для выходных портов блоков «selectПоток6», «selectПоток1» и «selectПоток4» установлены вероятности, указанные в табл. 2.

После распределения потоки агентов направляются в соответствующие блоки Car Move To, то есть следуют по указанной в этих блоках дороге. Автомобили удаляются из модели с помощью блока «carDispose» по достижении конца полосы движения.

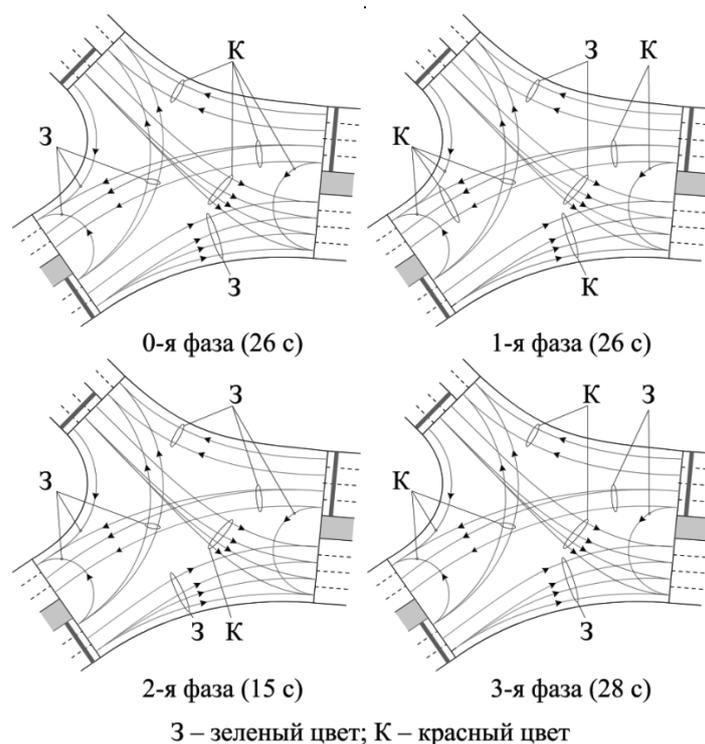


Рис. 3. Состояния соединительных полос пересечения в каждой фазе работы светофоров

Моделирование работы светофоров

На пересечении установлено три основных светофора для регулирования движения автомобильного транспорта. Кроме этого, имеются дублирующие светофоры. Основные светофоры имеют три сигнала: зеленый, желтый и красный. На каждом из них находится дополнительная секция, разрешающая (запрещающая) движение направо, налево и/или развороты. Регулирование движения моделируется блоком *Traffic Light*. Он позволяет управлять всеми стоп-линиями, соединительными полосами или отдельными стоп-линиями выбранного пересечения. Управление стоп-линиями производится в ситуации, когда движение по всем полосам каждой дороги осуществляется в определенную фазу. На исследуемом пересечении, как видно из рис. 3, движение по отдельным соединительным полосам осуществляется в разные фазы светофоров (дополнительных секций). Поэтому блок *Traffic Light* в модели управляет соединительными полосами пересечения.

В соответствии с диаграммой работы светофоров (рис. 2) объекту *Traffic Light* добавлено четыре фазы длительностью 26, 26, 15 и 28 с. Время промежуточных (желтых) фаз включено в длительность основных. Соединительные полосы пересечения имеют два состояния: запрещающее и разрешающее движение. Во время запрещающего состояния соединительные полосы за-

крашиваются в красный цвет (К), во время разрешающего — в зеленый (З). На рис. 3 представлены состояния соединительных полос пересечения в каждой фазе работы светофоров.

После запуска модели наблюдались регулируемые транспортные потоки. Их движение регулировалось в соответствии с фазами светофора. Наиболее опасным маневром, замедляющим скорость движения потока 4 (рис. 1) по двум левым полосам, в модели является разворот автомобилей из крайней левой полосы потока. После моделирования в течение 15 мин наблюдалось скопление транспорта в двух левых полосах.

Движение пешеходов необходимо осуществлять в момент, когда все соединительные полосы на улице Залеского или улицы Дуси Ковальчук находятся в запрещающем состоянии. В соответствии с рис. 3 по улице Залесского движение пешеходов осуществляется в третью фазу, а по улице Дуси Ковальчук — в первую фазу.

Результаты имитационного моделирования транспортных потоков при действующей схеме организации движения

Плотность транспортных потоков оценивалась по количеству агентов, находящихся на каждом сегменте до-

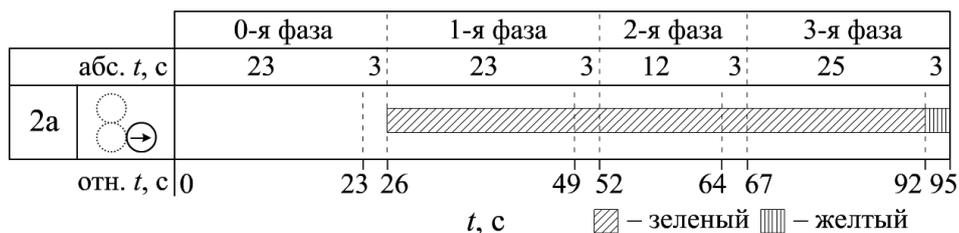


Рис. 4. Оптимизированная диаграмма цикла работы светофора 2а

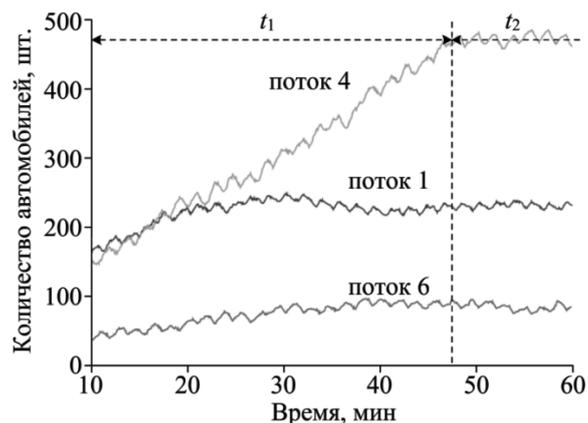


Рис. 5. Графики зависимостей количества автомобилей в потоках от времени до пересечения после изменения схемы организации движения

рожной сети. Таких сегментов в модели шесть. В модель добавлены шесть параметров (счетчиков) для определения количества автомобилей, для каждого потока свой счетчик [8]. Инкрементация счетчиков (на один) выполнялась в момент заезда, а декрементация — в момент выезда автомобиля с соответствующего сегмента дороги. В модели установлено виртуальное время, измеряемое в секундах. Один прогон модели проводился в течение 60 мин [9]. По результатам имитационного моделирования при действующей схеме организации движения построены зависимости количества автомобилей от времени на каждом сегменте дороги. Некоторое время t_1 модель выходит в рабочий режим (процесс накопления агентов). Процесс накопления связан с тем, что в начальный момент времени в модели не содержится ни одного агента и необходимо время для ее наполнения. Поэтому анализ среднестатистических показателей оценивался после периода накопления (интервал времени t_2). В разных экспериментах продолжительность периода накопления различалась и составляла от 20 до 40 мин [9]. Выход на рабочий режим на графиках отображается возрастающим трендом с начала работы модели.

Транспортные потоки до и после пересечения находятся в разных условиях, поэтому в работе они анализировались как две разные группы. После выхода моде-

ли в рабочий режим (момент времени t_1) наблюдалось скопление существенного количества автомобилей в направлении потока 4 непосредственно перед пересечением. Анализ плотности потоков проводился в промежутке моделирования t_2 . Среднее количество транспортных единиц в потоке 4 составляет 608 автомобилей.

В результате визуального наблюдения за моделью установлено, что скопление связано с разворотом автомобилей на улице Дуси Ковальчук. Данный разворот по действующей схеме движения разрешен непосредственно на пересечении и через 100 м при движении далее по улице Дуси Ковальчук. Поэтому при имитационном моделировании предложено изменить схему организации движения на пересечении и запретить разворот потоку 4 на улице Дуси Ковальчук. В результате имитационного моделирования предложенной схемы организации движения выявлено, что среднее количество транспортных единиц в потоке 4 в промежутке времени t_2 составляет 542 автомобиля. Наблюдается снижение плотности потока 4 на 10,8% относительно первоначальной плотности.

В соответствии с табл. 1 из потока 4 поворачивают направо на улицу Залесского только 31,4% автомобилей, но по действующей схеме движения для этого пред-

назначены две из четырех полос движения. Поэтому в исследовании предложено изменить схему движения по соединительным полосам (см. рис. 1 и 3) и установить только одну правую полосу для движения с последующим поворотом направо на улицу Залесского. В результате имитационного моделирования предложенной схемы организации движения выявлено, что среднее количество транспортных единиц в потоке 4 в промежутке времени t_2 составляет 502 автомобиля. Наблюдается снижение плотности потока 4 на 17,4% относительно первоначальной плотности.

Однако сравнение двух последних организационных мероприятий свидетельствует о том, что разница в снижении незначительная [10]. Поэтому в исследовании предложено перенести пешеходный трафик через улицу Залесского на другой уровень. Это позволит оптимизировать фазы работы светофоров за счет исключения фазы для перемещения пешеходов через улицу Залесского. Такое перемещение смоделировано при помощи надземного перехода. В результате удастся продлить длительность разрешающего сигнала светофора $2a$ на 43 с (рис. 4).

В результате имитационного моделирования такой схемы организации движения выявлено, что среднее количество транспортных единиц в потоке 4 в промежутке

времени t_2 составляет 476 автомобилей (рис. 5). Наблюдается снижение плотности потока 4 на 21,7% относительно первоначальной плотности.

Несмотря на продолжительный период накопления, в данном эксперименте для потока 4 он составлял 48 мин, модель адекватно работает в интервале времени t_2 . Это свидетельствует о возможности применения организационно-технических мероприятий и их обоснованности на пересечении улиц Залесского и Дуси Ковальчук города Новосибирска.

Заключение

Разработанная модель позволяет проводить имитационное моделирование, анализ и поиск вариантов по оптимизации транспортных потоков на Т-образных пересечениях автомобильных дорог. Разработанные организационные и технические меры позволили снизить плотность трафика автомобилей наиболее загруженного участка пересечения улиц Залесского и Дуси Ковальчук города Новосибирска на 21,7%. Дальнейшее развитие имитационной модели возможно в направлении поиска организационно-технических решений по изменению пешеходного трафика на других участках исследуемого Т-образного пересечения автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспорт в России. 2018: Стат. сб./Росстат. — М., 2018. — 101 с.
2. Использование информационных технологий для совершенствования организации дорожного движения на участке улично-дорожной сети муниципального образования / Е. Р. Нургалиев, С. С. Попова, М. С. Турпищева, С. Б. Джахьяева // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. — 2016. — Т. 10, № 5. — С. 41–48.
3. Таратун, В. Е. Анализ средств имитационного моделирования для оптимизации транспортных потоков / В. Е. Таратун // Системный анализ и логистика. — 2016. — № 2 (13). — С. 52–59.
4. Изюмский, А. А. Применение имитационного моделирования в сфере моделирования транспортных потоков / А. А. Изюмский, С. Л. Надирян, И. С. Сенин // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). — 2016. — № 1. — С. 52–54.
5. Прошкина, Е. Н. Исследование моделей обнаружения закономерностей в потоке движущихся объектов / Е. Н. Прошкина, И. Ю. Балашова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. — 2018. — Т. 6, № 2 (21). — С. 198–207.
6. Бурдин, И. О. Имитационное компьютерное моделирование критических перекрестков на примере развязки улицы Цимлянкой и восточного обхода в городе Перми / И. О. Бурдин, А. А. Минзуренко // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2016. — № 3. — С. 32–49.
7. Зув, В. А. Имитационное моделирование дорожного движения на перекрестке в системе AnyLogic / В. А. Зув, Р. А. Демянченко // Современные прикладные исследования: материалы второй национальной научно-практической конференции. — Шахты. 21–25 мая 2018. — С. 307–312.
8. Бабичева, Т. С. Транспортные потоки: математическое и имитационное моделирование / Т. С. Бабичева // Современные информационные технологии и ИТ-образование. — 2015. — Т. 11, № 2. — С. 290–296.
9. Шамлицкий, Я. И. Моделирование транспортных потоков в среде AnyLogic / Я. И. Шамлицкий, А. С. Охота, С. Н. Мироненко // Программные продукты и системы. — 2018. — № 3. — С. 632–635.
10. Скворцова, Т. В. Модель распределения транспортных потоков автомобилей / Т. В. Скворцова, С. В. Дорохин, Е. В. Кондрашова // Моделирование систем и процессов. — 2014. — № 3. — С. 28–32.

© Коломеец Андрей Олегович (andreykolomeec@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРА СТЕПЕНИ УВЕРЕННОСТИ В ПРОЦЕСС ИДЕНТИФИКАЦИИ АТАК НА КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

USING THE CONFIDENCE LEVEL PARAMETER IN THE PROCESS OF ATTACK IDENTIFICATION IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

**V. Korzhuk
A. Groznykh
D. Zakoldaev**

Summary. This article describes the problem of attack identification in cyber-physical systems. A method for identifying of network-level attacks on wireless sensor networks based on behavioral analysis is described. A variation of the method with the confidence level parameter is proposed. This parameter allows to set the acceptable level of accuracy of attack identification and the number of features used. The results of experiments for 14 different attacks and different network topologies are presented. The values of a priori probability and the confidence level parameter are calculated algorithmically. It was found that the excess of the value of the confidence level parameter over the value of the a posteriori probability of the normal state by ~30% is sufficient; there is no need to use the a posteriori probability of the normal state exceeding 20%. Recommendations on the application of the proposed solution are formulated. The obtained results can be used as a part of intrusion detection system.

Keywords: cyber-physical systems, information security, cyber security, information security, wireless sensor networks, ZigBee, attack identification, confidentiality level.

Коржук Виктория Михайловна

Ассистент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»
vika@cit.ifmo.ru

Грозных Антон Владимирович

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»
groznykhanton@yandex.ru

Заклдаев Данил Анатольевич

К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»
d.zakoldaev@itmo.ru

Аннотация. В данной статье описана проблема идентификации атак в киберфизических системах. Описан метод идентификации атак сетевого уровня на беспроводные сенсорные сети на основе поведенческого анализа. Предложена вариация метода с использованием параметра степени уверенности, позволяющая задавать допустимый уровень точности идентификации атак и количество используемых признаков. Представлены результаты экспериментов для 8 типов атак с 6 вариациями. Алгоритмически рассчитаны значения априорной вероятности и параметра степени уверенности. Выявлено, что достаточным является превышение значения параметра степени уверенности над значением апостериорной вероятности нормального состояния на ~30%; нет необходимости в использовании апостериорной вероятности нормального состояния, превышающей 20%. Сформулированы рекомендации по применению предложенного решения. Полученные результаты могут применяться в составе систем обнаружения вторжений.

Ключевые слова: киберфизические системы, кибер-безопасность, информационная безопасность, беспроводные сенсорные сети, ZigBee, идентификация атак, степень уверенности.

Введение

Проблема обеспечения информационной безопасности киберфизических систем в современном мире становится все более актуальной. Для беспроводных сенсорных сетей, которые часто используются в качестве основы для таких систем, существует ряд ограничений, касающихся объема памяти, ресурсопотребления и энергоемкости [4]. Для своевременного реагирования на зловередное воздействие и, соответственно, обеспечения информационной безопасности в беспроводных сенсорных сетях, необходимо в режиме реального времени проводить мониторинг состояния сети. Существующие исследования в этой области в ос-

новном направлены на выявление аномального поведения или однозначную идентификацию атак [7]. Системы обнаружения вторжений, используемые для локальных или частных вычислительных сетей, из-за упомянутых выше ограничений не могут также эффективно действовать в беспроводных сенсорных сетях.

Предшествующие исследования

По данным Positive Technologies и в соответствии с моделью угроз, составленной на основе базы данных угроз ФСТЭК, наибольший интерес для злоумышленников представляют атаки на сетевой уровень (в соответствии с моделью OSI), приводящие к нарушению доступности

и целостности информации. Среди них выделяются атаки, приводящие к отказу в обслуживании и изменению маршрутной информации. В исследованиях авторов данной статьи рассматриваются следующие атаки:

1. Атака Сибиллы — происходит создание большого количества зловредных узлов, которые выдают себя за легитимные.
2. «Воронка» — «перетягивание» всего трафика на скомпрометированный узел.
3. «Выборочная пересылка» (три вариации) — позволяет отбросить каждый k -й пакет вместо пересылки.
4. «Затопление» — осуществляется передача пакетов на конкретный адрес с частотой выше, чем в нормальном состоянии.
5. «Отказ во сне» — атакующий узел генерирует и отправляет пакеты определенному узлу в сети, что приводит к истощению источника питания узла.
6. «Повторная передача» (три вариации) — для этой атаки характерна пересылка некоторых пакетов: каждый k -й пакет дублируется во внутренней очереди, а повторная передача из очереди каждого следующего пакета происходит каждые L секунд.
7. «Подмена» (три вариации) — представляет собой подмену адресов отправителя и получателя на случайные для каждого k -го генерируемого пакета.
8. «Червоточина» — характеризуется построением «туннеля» и ретрансляцией пакетов злоумышленников в желаемом направлении.

Ранее авторами были частично исследованы проблемы идентификации атак на беспроводные сенсорные сети на основе спецификации ZigBee [2, 5, 6, 8, 9]. В частности, была разработана модель профиля поведения беспроводной сенсорной сети, отличающаяся новой комбинацией признаков и позволяющей идентифицировать в среднем на 5 атак больше, чем в существующих исследованиях. Ниже представлен перечень признаков, формирующих профиль поведения сети:

- ◆ $num_packets_avg$ — общее количество пакетов, переданных в сети по спецификации ZigBee, усредненное по числу PAN в сети.
- ◆ $num_packet_out_max$ — максимальное количество пакетов, отправленных каким-либо узлом (собственных и пересланных).
- ◆ $num_packets_equal_src_pan_max$ — максимальное количество полученных каким-либо узлом пакетов, в которых в качестве PAN-отправителя указана одна и та же PAN.
- ◆ $num_packets_equal_src_pan_min$ — минимальное количество полученных каким-либо узлом пакетов, в которых в качестве PAN-отправителя указан один и тот же PAN.

- ◆ $frac_packets_created_acquired_avg$ — соотношение между количеством пакетов, созданных узлом, и количеством полученных пакетов, в которых в качестве источника указан данный узел, усредненное по сети.

Также, был представлен метод идентификации атак сетевого уровня на основе анализа поведенческих характеристик сети. В данной работе идентификация атак и обнаружение вторжений выступают в качестве синонимичных понятий. Указанный метод использует вышеупомянутую модель профиля поведения сети и алгоритм машинного обучения «случайный лес» для классификации поведения беспроводной сенсорной сети и достигает точности 97%.

Особенностью данных исследований является применение теоретически и экспериментально обоснованной программной модели атак на беспроводные сенсорные сети (№ 2018617190 от 20.06.2018) [5], позволяющей осуществить гибкую настройку метода идентификации, и усовершенствованного метода оценки информативности признаков, также имеющего программную реализацию (Программа подсчета информативности признаков статистической выборки № 2018618975 от 24.07.2018)

Параметр степени уверенности

В результате применения алгоритма «случайный лес» и модели профиля поведения беспроводной сенсорной сети было выявлено, что для достижения высокой точности необходимо использовать все пять признаков модели, при этом период сбора статистических данных о поведении сети должен быть не менее 3600 секунд при допущении, что среднее время генерации пакета составляет 10 секунд [2, 6]. Несмотря на относительно неплохие результаты, было принято решение исследовать возможность использования неполного набора признаков из профиля поведения беспроводной сенсорной сети.

Требованиями к улучшаемому методу идентификации явились обеспечение приемлемой точности обнаружения в обозримые временные промежутки и отсутствие необходимости выделения значительных вычислительных ресурсов. Далее в статье описан метод идентификации атак на основе вероятностной классификации с учетом требований переносимости, масштабируемости, возможности изменения параметров, контролирующей работу метода, а также проанализирована зависимость характеристик метода от указанных параметров.

В качестве основного вычислительного блока используется вероятностный классификатор на основе те-

оремы Байеса [1, 3]. Однако, В контексте классификации больших объемов данных на несколько классов формула приобретает иную интерпретацию. Положим, что

x — единичное измерение, которое может быть случайным вектором \mathbf{x} ; $\mathbf{X} = \{x_1, \dots, x_n\}$ — набор данных, полученный из n независимых одинаково распределенных случайных величин x_i ;

θ — параметр распределения величины $x \in p(x|\theta)$, или класс.

Тогда при предположении, что распределение x меняется в зависимости от класса, вероятность принадлежности измерения классу вычисляется как

$$p(\theta|\mathbf{X}) = \frac{p(\mathbf{X}|\theta)p(\theta)}{p(\mathbf{X})} \quad (1)$$

где $P(\theta|\mathbf{X})$ — апостериорная вероятность принадлежности измерения классу θ при известных данных \mathbf{X} , $p(\mathbf{X}|\theta)$ — вероятность получения данных \mathbf{X} в классе θ ,

$p(\theta)$ — априорная вероятность класса θ ,
 $p(\mathbf{X})$ — вероятность получения данных \mathbf{X} .

При классификации на основе теоремы Байеса генерируется достаточно большая обучающая выборка \mathbf{X} с назначенными классами θ , на основе которой вычисляются значения $p(\mathbf{X}|\theta)$, а также определяются априорные вероятности классов. В результате применения (1) ко всей обучающей выборке вычисляется матрица вида

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nm} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где n — количество уникальных значений в выборке,
 m — количество классов.

В случае, если классификация проводится по нескольким признакам, т.е.

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= (x_1, \dots, x_u) \\ \mathbf{X} &= \{\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_n\} \end{aligned} \quad (3)$$

возникают проблемы, связанные с вычислением члена $p(\mathbf{X}|\theta)$, который может быть переписан в соответствии с правилом разложения условных вероятностей:

$$\begin{aligned} p(x_1, \dots, x_u|\theta) &= \\ &= p(x_1|x_2, \dots, x_u, \theta)p(x_2|x_3, \dots, x_u, \theta) \dots p(x_u|\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

Вычисление каждого члена в разложении (4) может быть слишком сложным и затратным по времени и памяти. В наивном Байесовском классификаторе для упрощения вычислений делается предположение о независимости, а именно что каждый признак x_i независим от любого другого $x_j, i \neq j$:

$$p(x_i|x_{i+1}, \dots, x_u, \theta) = p(x_i|\theta) \quad (5)$$

В этом случае

$$\begin{aligned} p(\theta|x_1, \dots, x_u) &= \frac{p(\theta, x_1, \dots, x_u)}{p(x_1, \dots, x_u)} \propto p(\theta, x_1, \dots, x_u) = \\ &= p(\theta) \prod_{i=1}^n p(x_i|\theta) \end{aligned} \quad (6)$$

Под параметром степени уверенности здесь понимается субъективная величина, показывающая насколько можно быть уверенным, что класс наблюдения именно таков, какой был определен. В прикладном смысле применения вероятностного классификатора этот параметр отражает апостериорную вероятность определенного класса. Для автоматизации процесса была разработана программа вычисления апостериорных распределений дискретного параметра распределения многомерной случайной величины по статистической выборке (№ 2018619014 от 25.07.2018).

В обобщенном виде улучшенный метод представлен блок-схемой на рисунке 1. В первую очередь метод получает значение параметра степени уверенности (элемент 1), в общем случае — дополнительными средствами системы обнаружения вторжений (СОВ). Инициализация цикла происходит за счет обнуления значений двух ключевых параметров: количества признаков подпространства и показателя степени уверенности (элемент 2). Перед каждой следующей классификацией происходит проверка удовлетворения двух стоп-правил: достижения значения параметра степени уверенности (элемент 3) — в первую очередь, максимального расширения подпространства (элемент 4) — во вторую. Срабатывание стоп-правила приводит к принятию решения о состоянии, в котором на данный момент находится сеть (элемент 10). Это состояние определяется как класс, присвоенный последнему наблюдению, за которым последовало срабатывание стоп-правила.

В случае, если наблюдение проклассифицировано с низкой степенью уверенности и его подпространство можно расширить, количество признаков увеличивается (элемент 5). По нему выбирается комбинация (элемент 6), значения признаков которой запрашиваются методом: такая процедура позволит ограничиться сбо-

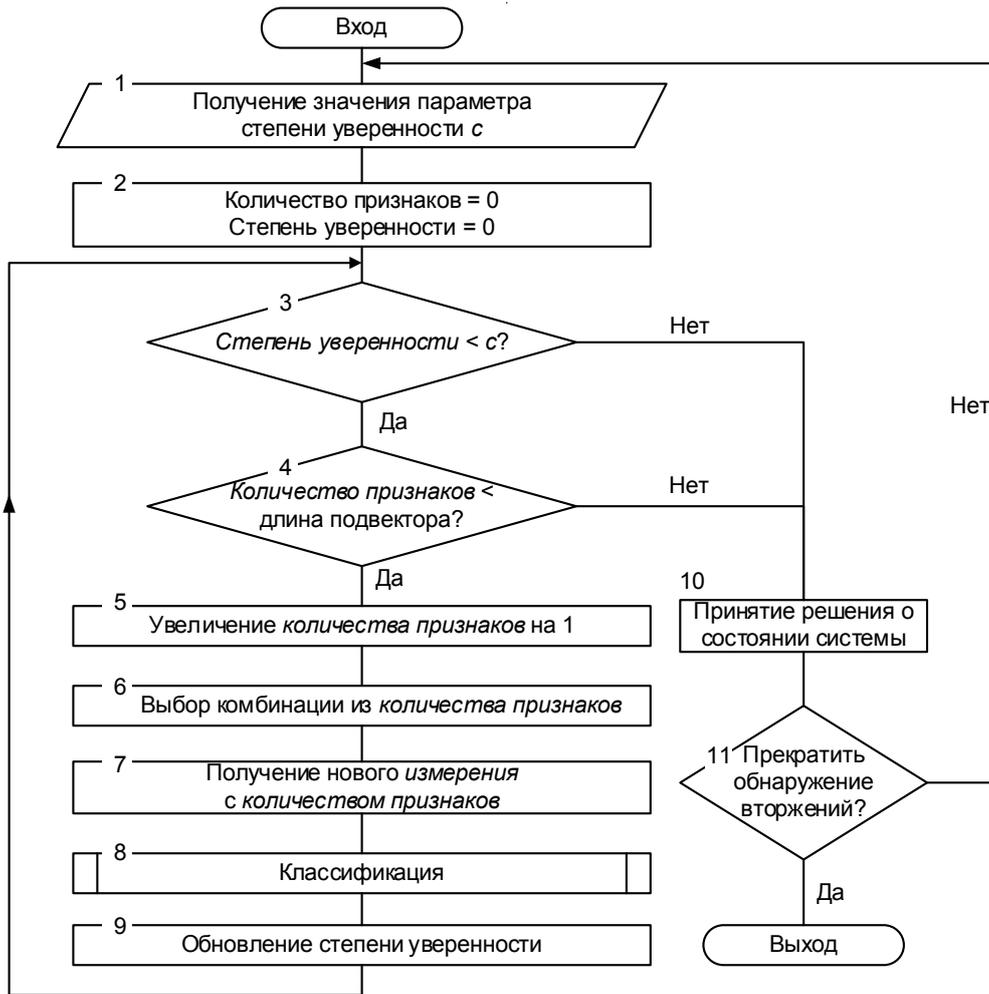


Рис. 1. Блок-схема разработанного метода обнаружения вторжений на основе вероятностного классификатора

ром (элемент 7) сокращенного количества данных с самой БСС, уменьшая нагрузку на ее ресурсы.

Классификация (элемент 8) и обновление степени уверенности производятся на базовой станции БСС, где были собраны данные о работе сети и хранятся таблицы апостериорных вероятностей. Такой метод организации СОВ обладает рядом преимуществ, среди которых:

1. отсутствие высоких требований от вычислительных ресурсов сенсорных узлов;
2. возможность собирать статистику работы БСС на носители данных и анализировать ее;
3. облегченная модификация параметров классификации или вероятностного классификатора.

Главный недостаток такой схемы — централизация метода обнаружения вторжений в одном месте, из-за чего безопасность информации может быть подвергнута угрозе при компрометации базовой станции или разрушению доступности, целостности данных на ней.

Метод проектировался для постоянной работы, т.е. непрерывного мониторинга безопасности БСС на предмет атак, однако после принятия каждого решения (элемент 10) предусмотрена возможность завершить его работу (элемент 11), что выполняется средствами администрирования СОВ. Такая остановка может быть необходима, например, для изменения конфигурации сети, СОВ, вероятностного классификатора или параметра метода идентификации атак.

На рисунке ниже представлены графики изменения апостериорной вероятности определенного класса при увеличении размерности пространства для нескольких серий работы алгоритма итеративной классификации.

Из графиков видна не только общая тенденция повышения степени уверенности, но и ее скорость, а также те состояния, которые требуют большего количества итераций. На данном рисунке также видно, как в состоя-

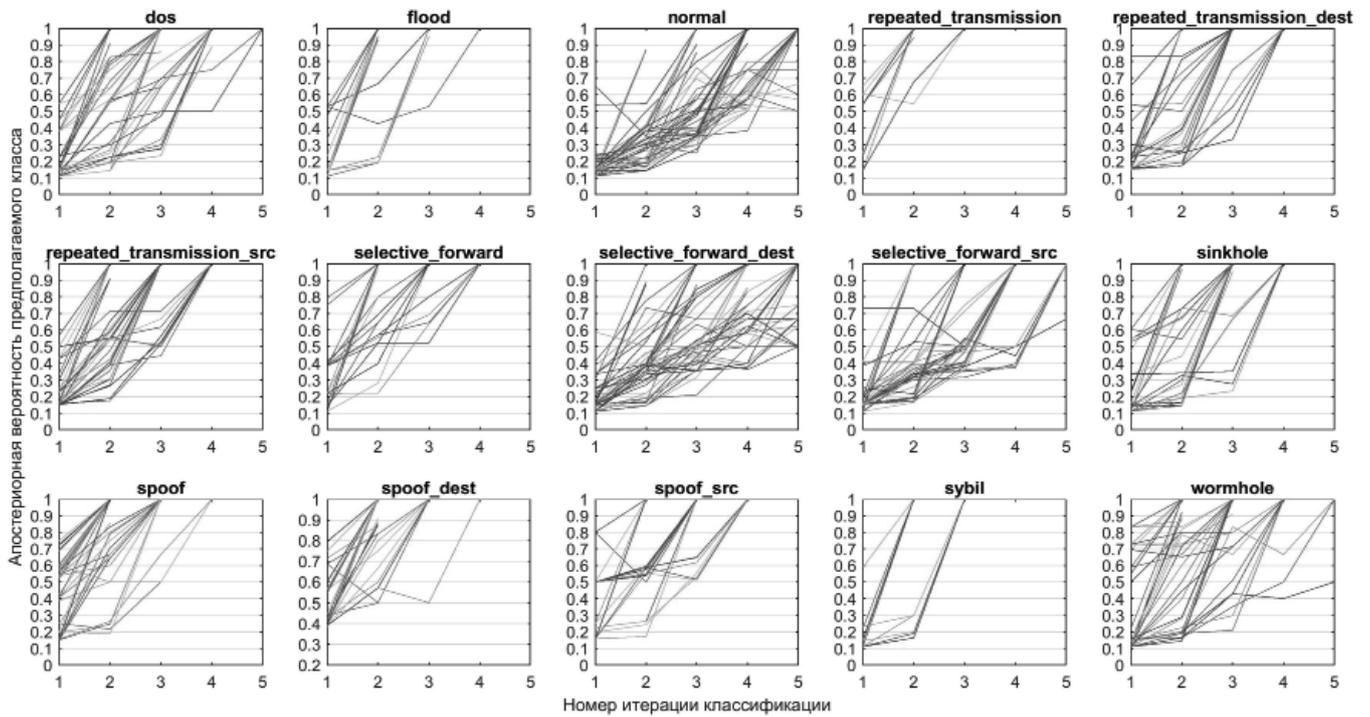


Рис. 2. Графики изменения апостериорной вероятности предполагаемого класса по итерациям для нескольких классификации

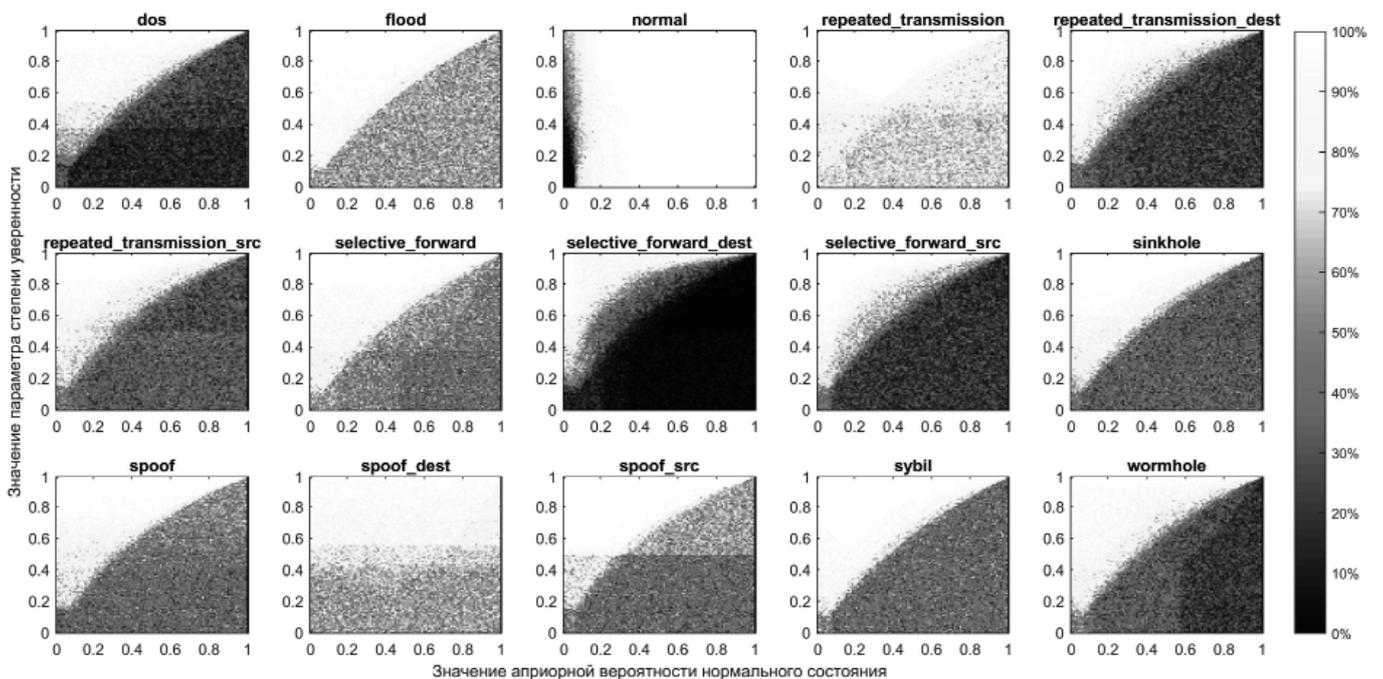


Рис. 3. Графические представления матриц зависимости точности классификации от параметра степени уверенности и априорной вероятности нормального состояния

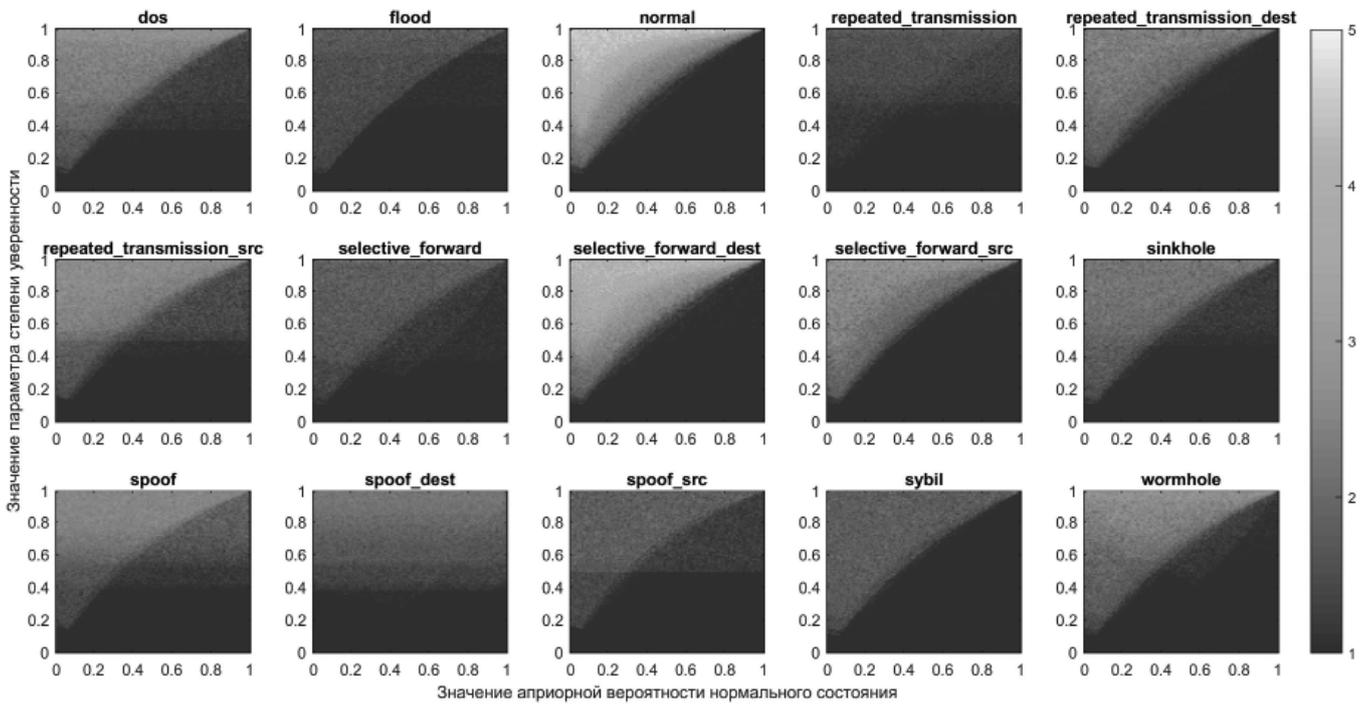


Рис. 4. Графические представления матриц зависимости среднего числа использованных признаков классификации от параметра степени уверенности и априорной вероятности нормального состояния

ниях normal и selective_forward_dest некоторые измерения при использовании пяти признаков классифицируются с более низкой степенью уверенности.

На рисунке 3 изображены графические представления матриц зависимости точности классификации от параметра степени уверенности и априорной вероятности нормального состояния. Каждое значение в матрице определяет цвет, закрашивающий точку, координатами которой являются значения параметров.

Необходимо сказать о тенденции, усматриваемой почти для всех видов атак: для обеспечения высокой точности классификации необходимо, чтобы значение параметра степени уверенности было выше значения апостериорной вероятности нормального состояния на ~30%. Области высокой точности на рисунке — светлые треугольники в левом верхнем углу. Матрица для нормального состояния отличается от других, но только потому, что его апостериорная вероятность была опорной при исследовании. Значения матрицы подтверждают ранее сделанное наблюдение: *нет необходимости в использовании апостериорной вероятности нормального состояния, превышающей 0,2*.

Были также получены аналогичные графические представления матриц для среднего количества при-

знаков классификации (см. рисунок 4. Наиболее важное свойство данных, проиллюстрированное на данном рисунке,— это *отсутствие необходимости более чем в ≈ 3 признаках классификации для всех атак, кроме selective_forward_dest при любых значениях параметра степени уверенности и априорной вероятности нормального состояния*. Нормальное состояние в некоторых случаях требовало всех пяти признаков.

Необходимо отметить, что для большинства атак наблюдается относительное постоянство значений зависимости среднего количества использованных признаков классификации от апостериорной вероятности нормального состояния на диапазоне от 0 до $70 \pm 10\%$.

Рекомендации по выбору параметров метода идентификации атак

В качестве рекомендаций по применению метода идентификации атак сетевого уровня на БСС с применением параметра степени уверенности были сделаны следующие выводы:

1. для обеспечения высокой точности классификации нормального поведения сети и 14 атак необходимо, чтобы значение параметра степени уверенности было выше значения апостериорной вероятности нормального состояния на ~30%;

2. нет необходимости в использовании апостериорной вероятности нормального состояния, превышающей 20%.

Выводы

Введение параметра степени уверенности в метод идентификации атак на основе поведенческого анализа позволило обеспечить гибкость настройки параметров и возможность удовлетворять требуемые показатели точности идентификации при снижении среднего количества идентификационных признаков. Однако, необходимо исследовать эффективность усовершенствованно-

го метода в условиях постепенного изменения значений признакового пространства при переходе от нормального поведения сети к поведению под атакой.

Представленный метод идентификации атак с использованием параметра степени уверенности показал возможность снизить нагрузку на сети маломощных сенсорных устройств, часто являющихся основой киберфизических систем. Также, описанный метод может послужить базой для дальнейших разработок и исследований, направленных на адаптацию известных алгоритмов и методов обнаружения вторжений и идентификации атак в беспроводных сенсорных сетях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелухин О.И., Филинова А. С., Васина А. В. Обнаружение аномальных вторжений в компьютерные сети статистическими методами // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. — 2015. — Том 9. — №10. — С. 42–49.
2. Шилов И. М. Оценка аномального поведения узлов беспроводной сенсорной сети на основе статистических методов // Выпускная квалификационная работа бакалавра. — 2017. — Университет ИТМО
3. Chow T.W.S., Lau B. C.P., Maa E. W.M. Probabilistic fault detector for wireless sensor network. *Expert Systems with Applications*, (41):3703–3711, 2014.
4. L. Kadam H. Chaudhari. *Wireless sensor networks: Security, attacks and challenges*. *International Journal of Networking*, 1(1), 2011.
5. Korzhuk V., Krivtsova I., Shilov I. The Model of the Attack Implementation on Wireless Sensor Networks // *Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT* — 2017, pp. 187–194
6. Korzhuk V., Groznykh A., Menshikov A., Strecker M. Identification of Attacks against Wireless Sensor Networks Based on Behaviour Analysis // *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications* — 2019, Vol. 10, No. 2, pp. 1–21
7. Shams B., Alrajeh N. A., Khan S. Intrusion detection systems in wireless sensor networks: A review. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(5), 2013.
8. Shilov I., Korzhuk V., Torshenko J. Reduction of the Feature Space for the Detection of Attacks of Wireless Sensor Networks // *Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT* — 2017, pp. 195–201
9. Zikratov I.A., Korzhuk V., Shilov I., Gvozdev A. Formalization of the Feature Space for Detection of Attacks on Wireless Sensor Networks // *Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT* — 2017, pp. 526–533

© Коржук Виктория Михайловна (vika@cit.ifmo.ru),

Грозных Антон Владимирович (groznykhanton@yandex.ru), Заколдаев Данил Анатольевич (d.zakoldaev@itmo.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НАРКОТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ПРЕКУРСОРОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХИНАЗОЛИНА

PREDICTION OF THE THERMODYNAMIC STABILITY OF NARCOTIC SUBSTANCES AND THEIR PRECURSORS USING MATHEMATICAL MODELING METHODS ON THE EXAMPLE OF SOME QUINAZOLINE DERIVATIVES

*E. Larionova
Y. Golodkov*

Summary. In this article, using the theory of the density functional at the B3LYP / 6-31 + G* level, we estimated the thermodynamic stability of some quinazoline derivatives. It was shown that in the reaction mixture of 3-(n-chlorophenyl)-2-methylquinosalin-4(3H)-one and n-chloro-2-methyl-3-phenylquinosalin-4 (3H) -one, the highest concentration is predicted for the four isomeric forms whose thermodynamic stability decreases in the series 7-chloro-2-methyl-3-phenylquinosalin-4(3H)-one > 3-(4-chlorophenyl)-2-methylquinosalin-4(3H)-one > 6-chloro-2-methyl-3-phenylquinosalin-4(3H)-one > 6-chloro-2-methyl-3-phenylquinosalin-4(3H)-one.

Keywords: computer modeling, computational chemistry, density functional method, psychoactive substances, precursors, chloraqualone, quinazoline.

Ларионова Елена Юрьевна

*Д.х.н., профессор, ФГКОУ ВО Восточно-Сибирский институт МВД России (г. Иркутск)
lari555@mail.ru*

Голодков Юрий Эдуардович

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск)
yrg27@mail.ru*

Аннотация: В статье с использованием теории функционала плотности на уровне B3LYP/6-31+G* проведена оценка термодинамической устойчивости некоторых прекурсоров хлораqualона. Показано, что в реакционной смеси 3-(n-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-она и n-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-она наибольшая концентрация прогнозируется для четырех изомерных форм, термодинамическая устойчивость которых уменьшается в ряду 7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он > 3-(4-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-он > 6-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он > 6-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, вычислительная химия, метод функционала плотности, психоактивные вещества, прекурсоры, хлораqualон, хинозалин.

За последние десятилетия очевиден прогресс, как в области вычислительных технологий, так и в области вычислительной химии в частности. Появление мощных вычислительных кластеров привело к широкому развитию компьютерного моделирования или вычислительной химии, которое делает этот подход предсказательным в области знаний о структуре, свойствах и реакционной способности химических веществ. В основе вычислительной химии лежат квантовая механика и квантовая химия, которые в своих исследованиях опираются на богатейший экспериментальный опыт и многочисленные закономерности, сформулированные в рамках общих теоретических представлений [1].

Моделирование структуры и определение энергетических характеристик многоатомной системы методами квантовой механики требует решения уравнения Шре-

дингера для большого числа ядер и электронов. Одним из первых методов, позволяющих получить решение данного уравнения для многоэлектронных систем, стал метод Хартри-Фока, основанный на одноэлектронном приближении с учетом требования к антисимметрии волновой функции [2]. Основная идея одноэлектронного приближения заключается в предположении, что каждый электрон движется независимо от других во внешнем поле ядер и всех остальных электронов. При этом это действие на данный электрон можно заменить действием электростатического поля, создаваемого остальными электронами. Далее при построении многоэлектронной волновой функции был учтен принцип Паули и метод стал учитывать и кулоновское, и обменное взаимодействие. Полную волновую функцию системы, состоящую из N электронов, представили в виде слеятеровского детерминанта (1).

$$\Psi(r_1, r_2, \dots, r_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{bmatrix} \varphi_1(r_1) & \varphi_2(r_2) & \dots & \varphi_1(r_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_N(r_1) & \varphi_N(r_2) & \dots & \varphi_N(r_N) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Подстановка волновой функции в уравнение Шредингера и применение вариационного принципа приводит к получению уравнений, определяющих орбитали, которые были названы уравнениями Хартри-Фока.

$$F\varphi_i = \varepsilon_i \varphi_i \quad (2)$$

Метод Хартри-Фока является одним из лучших методов расчета ряда характеристических параметров атомов и молекул, однако, не учитывает эффекты корреляции, что в ряде случаев делает его использование для расчетов электронной структуры некорректным. Кроме того, при его использовании возникают трудности и из-за большого количества обменных интегралов. В результате для моделирования структуры и свойств многоэлектронных систем были разработаны более эффективные методы и подходы, один из которых теория функционала плотности (ТФП) [3–5].

В методах теории функционала плотности электронная плотность является основной физической величиной. Основная идея модели состоит в том, что энергию атома можно представить как сумму кинетической энергии, представленной в виде функционала электронной плотности и потенциальной энергии взаимодействия электронов с ядром и друг с другом; энергия взаимодействия также выражается через электронную плотность (3).

$$E[\rho] = T_s(\rho) + V(\rho) + U(\rho) + E_{xc}(\rho) \quad (3)$$

Первые три слагаемых уравнения сегодня известны точно, тогда как слагаемое $E_{xc}(\rho)$ неизвестно, включает в себя все остальные взаимодействия и носит название обменно-корреляционной энергии. Если функционал найден, то вычисления проводятся аналогично волновой механике. Именно над аппроксимацией члена уравнения $E_{xc}(\rho)$ ведется основная работа в рамках теорий функционала плотности и в настоящее время разработана серия функционалов различного уровня LSDA, BLYP, BPW91, B3LYP, B3PW91 и ряд других [6–9]. В конечном итоге уровень аппроксимирования обеспечивает правильное построение моделей описания структуры, свойств химических объектов и является ключом к возможности прогнозирования результатов экспериментальных исследований. Использование теории функционала плотности на уровне B3LYP/6–31+G* для оценки термодинамической устойчивости замещенных хинозалин-4(3H)-онов, как возможных прекурсоров хлораква-

лона, являлось основной задачей данной работы. Расчет реализован с использованием многофункционального программного комплекса GAMESS [10].

Одной из актуальных проблем современности является злоупотребление в обществе наркотическими веществами и новыми психоактивными веществами или прекурсорами.

Понятие прекурсора, как предшественника химического вещества, сегодня прочно внедрилось в юридическую терминологию [11]. Прекурсоры психотропных веществ — это вещества, участвующие в химических реакциях, приводящие к образованию конечного продукта. При этом сами прекурсоры могут оказывать психоактивное действие, вызывать психическую и физическую зависимость, а их химическая структура и свойства в определенных пределах могут быть сходны с химической структурой и свойствами наркотических средств и психотропных веществ. Еще один термин, широко используемый сегодня — дизайнерские наркотики, психоактивные вещества, которые разрабатываются с целью обхода действующего законодательства. Эти вещества являются либо синтетическими заменителями натурального вещества и полностью воспроизводят наркотические свойства последнего, либо близкие по химическому строению вещества и обладающие сходной фармакологической активностью [12]. Как прекурсоры, так и дизайнерские наркотики имеют одну общую особенность — химическое строение, сходное со структурой психоактивного вещества. Сегодня установление геометрического строения, сходства химической структуры и свойств веществ прекурсорами наркотических и психотропных веществ является актуальной задачей для целого комплекса наук, начиная с теоретической и фармакологической химии и заканчивая развитием антинаркотического законодательства.

Контроль над распространением наркотических веществ осуществляется согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. N1178 «О внесении изменения в Перечень наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации». В данном постановлении дано определение производных наркотических веществ. Производными наркотических средств и психотропных веществ признаются вещества синтетического или естественного происхождения,

- ♦ которые не включены в Государственный реестр лекарственных средств или в Перечень;
- ♦ химическая структура которых образована замещением одного или нескольких атомов водорода, галогенов и/или гидроксильных групп в хи-

Схема 1

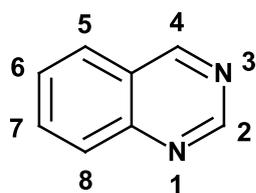
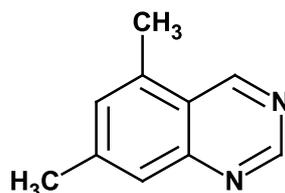
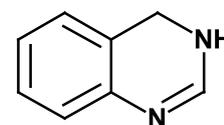
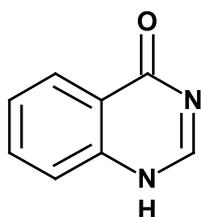
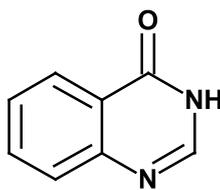
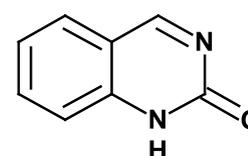
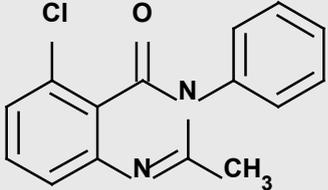
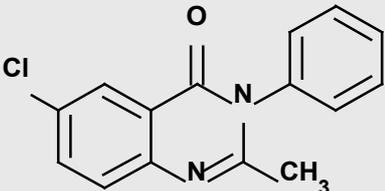
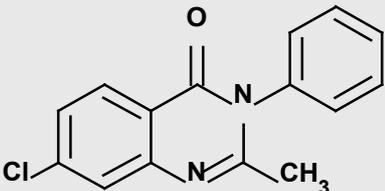
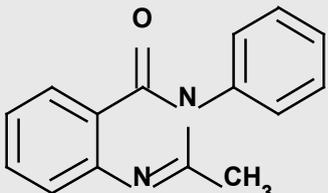

 (1)
хинозаолин

 (2)
5,7-диметилхинозаолин

 (3)
3,4-дигидрохинозаолин

 (5)
хинозаолин-4(1H)-он

 (6)
хинозаолин-4(3H)-он

 (7)
хинозаолин-2(1H)-он

 Таблица 1. Структурные формулы, расчетные относительные значения свободной энергии Гиббса (ΔG , ккал/моль), ожидаемое соотношение изомерных форм ($X, Y, \%$) 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозаолин-4(3H)-она в реакционной смеси при 298 °K

Номер структуры	Структурная формула	ΔG	X	Y
8		0,0	3,1	1,1
3-(2-хлорфенил)-2-метилхинозаолин-4(3H)-он				
9		-1,6	42,9	15,6
3-(3-хлорфенил)-2-метилхинозаолин-4(3H)-он				
10		-1,7	54,0	19,6
3-(4-хлорфенил)-2-метилхинозаолин-4(3H)-он				

Таблица 2. Структурные формулы, расчетные относительные значения свободой энергии Гиббса (ΔG , ккал/моль), ожидаемое соотношение изомерных форм (X , Y ,%) л-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-она в реакционной смеси при 298 °К

Номер структуры	Структурная формула	ΔG	X	Y
11		6,6	0,0	0,0
5-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он				
12		0,5	30,5	19,4
6-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он				
13		0,0	68,6	43,6
7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он				
14		2,6	0,9	0,6
8-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он				

мической структуре соответствующего вещества на другие заместители (за исключением гидроксильной и карбоксильной групп);

- ♦ суммарное количество атомов углерода в которых не должно превышать количество атомов углерода в исходной химической структуре соответствующего наркотического средства или психотропного вещества, то есть их брутто формулы должны быть идентичными.

Список прекурсоров был расширен в Постановлении Правительства РФ от 22 июня 2018 г. N718 «О внесении изменения в некоторые акты Правительства Российской Федерации в связи с совершенствованием контроля за оборотом наркотических средств и психотропных веществ». В данный список были включены N-(1-бензилпиперидин-4-ил)-N-фенилпропанамид (бензилфентанил), N-[1-(2H-1,3-бензодиоксол-5-ил)-пропан-2-ил]-N-метилгидроксиламин FLEA)

и его производные, дифенил(пирролидин-2-ил)метанол (D2PM); N-енил-1-пентил-1H-индол-3-карбоксамид и его производные. Из психотропных веществ в этот список попала группа производных хиनाзолина: нитро-метаквалон, этаквалон, хлороквалон.

Хиназолин — органическое гетероциклическое соединение, имеющее конденсированные бензольное и диазинное ядро (1) (схема 1).

Многочисленные производные хиназолина обладают уникальными химическими и фармакологическими свойствами. Среди них имеются лекарственные препараты, применяющиеся при лечении миопатии, миостении, малярии и ряда других заболеваний. Особо выделяют группу препаратов, обладающих высокой психотропной активностью [12].

Кратко рассмотрим структурные особенности хиназолина и его производных, поскольку для отнесения вещества к аналогам или производным наркотических веществ необходимо определить сходство химической структуры и свойств исследуемого вещества со структурой и свойствами наркотического препарата. Соединения, содержащие хиназолиновый цикл, в зависимости от их химического строения можно разделить на три основные группы (схема 1).

1. Первую группу (I) представляют соединения, незамещенные в гетероциклическом кольце и содержащие заместители в карбоциклическом кольце (2).
2. Вторая группа соединений (II) включает гидрированные хиназолины, например, 3,4-дигидрохинозаины (3).
3. И к третьей группе соединений (III) относятся производные, имеющие в положениях 2 и 4 хиназолинового цикла оксигруппу, расположенную рядом с атомом азота (5–7).

В настоящей работе в рамках метода V3LYP/6–31+G* исследовано геометрическое строение и термодинамическая устойчивость изомерных форм 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-она (меклоквалона) (I) и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-она (III), объединенных единой брутто формулой C₁₅H₁₁ClN₂O. Расчетные значения свободной энергии Гиббса (ΔG , ккал/моль), ожидаемого соотношения изомерных форм (X , Y , %) 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-она в реакционной смеси при 298 °К представлены в таблицах 1 и 2.

В молекуле меклоквалона атом хлора в ароматическом кольце может занимать орто-, мета- и пара-положения. Согласно расчетам наиболее термодинамически предпочтительным являются мета- (9) и пара-изомеры (10) 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-она (см. табл. 1). При 298 °К ожидаемое соотношение изомеров 9 и 10 составляет 43:54. Наименее термодинамически предпочтительным на ~1,7 ккал/моль является изомер 3-(2-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-она, однако, содержание данной изомерной формы в смеси можно ожидать до 3%.

Для структуры *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-она отмечается термодинамическая предпочтительность положения атома хлора по 6 и 7 положению хиназолинового цикла, ожидаемое процентное соотношение изомерных форм 12 и 13 (табл. 2) составляет ~31:69.

Таким образом, согласно расчетным оценкам в реакционной смеси 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-она и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-она наибольшая концентрация прогнозируется для четырех изомерных форм, термодинамическая устойчивость которых уменьшается в ряду 7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-он > 3-(4-хлорфенил)-2-метилхинозаин-4(3*H*)-он > 6-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-он > 6-хлоро-2-метил-3-фенилхинозаин-4(3*H*)-он.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Н. Ф. Метод Хартри-Фока и развитие квантовой химии / Н. Ф. Степанов // Журнал физической химии, т. 73, № 10. — 1999. — с. 1727–1734.
2. Фок В. А. Начала квантовой механики. — Л.: Кубуч, 1932; 2-е изд. — М.: Наука, 1976.
3. Hohenberg P. Inhomogeneous electron gas / P. Hohenberg, W. Kohn // Phys. Rev. — 1964. — Vol. 136, № 3B. — P. B864–B871.
4. Kohn W. Self-consistent equations including exchange and correlation effects / W. Kohn, L. J. Sham // Phys. Rev. — 1965. — Vol. 140, № 4A. — P. A1133–A1138.
5. Peverati R. Quest for a universal density functional: the accuracy of density functionals across a broad spectrum of databases in chemistry and physics / R. Peverati, D. G. Truhlar // Philos. Trans. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci. — 2014. — Vol. 372, № 2011. — P. 20120476.
6. Becke A. D. Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior / A. D. Becke // Phys. Rev. A. — 1988. — V. 38, No. 6. — P. 3098–3100.
7. Becke A. D. Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange / A. D. Becke // J. Chem. Phys. — 1993. — Vol. 98. — P. 5648–5652.
8. Lee C. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density / C. Lee, W. Yang, R. G. Parr // Phys. Rev. B. — 1988. — V. 37. — P. 785–789.
9. Lee S. Y. Molecular structures and vibrational spectra of pyrrole and carbazole by density functional theory and conventional ab initio calculations / S. Y. Lee, B. H. Boo // J. Phys. Chem. — 1996. — Vol. 100, No. 37. — P. 15073–15078.

10. GAMESS programpackage / M. W. Schmidt, K. K. Baldrige, J. A. Boatz, S. T. Elbert, M. S. Gordon, J. H. Jensen, S. Koseki, N. Matsunaga, K. A. Nguyen, S. J. Su, T. L. Windus, M. Dupius, J. A. Montgomery // J. Comput. Chem. — 1993. — Vol. 14. — P. 1347–1363.
11. Федоров А. В. Правовая составляющая определения аналогов наркотических средств и психотропных веществ для целей уголовного законодательства / А. В. Федоров // Наркоконтроль. — М.: Юрист, 2012, № 3. — С. 3–18.
12. Синтез и иммунотропная активность карбонильных производных хиназолин-4(3H)-она / И. Н. Тюренков, А. А. Цибизова, М. А. Самотруева, С. А. Лужнова, А. А. Озеров, Е. Г. Глухова // Хим.-фарм. журн. — 2016. — Т. 50. — № 6. — с. 12–14.

© Ларионова Елена Юрьевна (lari555@mail.ru), Голодков Юрий Эдуардович (yrg27@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Иркутск

АППАРАТНЫЙ БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПЭВМ

HARDWARE UNIT FOR PAIRING DIGITAL DATA CHANNELS WITH PC

**A. Martyshkin
A. Vorontsov**

Summary. The article describes the principles and algorithms of operation of the digital devices module, designed to interface PC via PCI Express bus with systems and devices via digital data channels. The module registers will be accessed via a 32-bit PCI Express bus. The described device can be implemented using XILINX xc6slx4 FPGA. The field of application of the digital devices module, designed to interface PC via PCI Express bus with systems and devices via digital data channels are data flow processing systems. Development can be used as a universal tool in the simulation, research and debugging of various devices. In conclusion, the main conclusions were made on the work done.

Keywords: hardware unit, interface, controller, microcontroller, chip, FPGA, control machine, function diagram, digital data channel, bus.

Мартышкин Алексей Иванович

*К.т.н., доцент, Пензенский государственный
технологический университет
alexey314@yandex.ru*

Воронцов Александр Анатольевич

*К.т.н., доцент, Пензенский государственный
технологический университет
aleksander.vorontsov@gmail.com*

Аннотация. В статье описываются принципы и алгоритмы функционирования модуля цифровых устройств, предназначенного для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных. Доступ к регистрам модуля будет осуществляться через 32-разрядную шину PCI Express. Описанное устройство возможно реализовать с использованием ПЛИС XC6SLX4 фирмы Xilinx. Областью применения модуля цифровых устройств, предназначенного для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных являются системы обработки потоков данных. Разработка может быть использована в качестве универсального средства при имитации, исследовании и отладке различных устройств. В заключение были сделаны основные выводы по проделанной работе.

Ключевые слова: аппаратный блок, интерфейс, контроллер, микроконтроллер, микросхема, ПЛИС, управляющий автомат, функциональная схема, цифровой канал передачи данных, шина.

Введение

Основной задачей, поставленной в настоящей статье, является разработка принципов и алгоритмов функционирования модуля цифровых устройств, предназначенного для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных.

Доступ к регистрам модуля осуществляется через 32-разрядную шину PCI Express. Описываемый модуль должен иметь следующие характеристики:

- ◆ 16 ТТЛ входов;
- ◆ 16 ТТЛ выходов;
- ◆ 16 входов типа «ключ на корпус»;
- ◆ 16 выходов типа «ключ на корпус»;
- ◆ 8 входов ТТЛ запросов на прерывание;
- ◆ 8 входов типа «ключ на корпус», запросов на прерывание;
- ◆ контроллер шины PCI Express в ПЭВМ должен обеспечивать поддержку протокола версии 3.0.

В статье требуется описать функционал устройства для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с систе-

мами и устройствами по цифровым каналам передачи данных. Известны некоторые варианты выбора активного элемента для реализации рассматриваемого устройства, от которого напрямую зависит процесс разработки в дальнейшем.

Первый вариант — выбор микроконтроллера (МК) в качестве активного элемента (рисунок 1).

На рисунке 1 для организации взаимодействия через шину PCI Express применяется контроллер PCI Express, обеспечивающий поддержку протокола версии 3.0. Необходимость применения внешнего контроллера обусловлена тем, что у МК отсутствует встроенный контроллер для данной шины, т.к. является достаточно сложным устройством.

Для обеспечения необходимого числа цифровых каналов передачи данных контроллер должен иметь не менее 32 линий ввода-вывода и иметь возможность обслуживать прерывания по событиям [5, 8].

Для сравнения выберем несколько семейств МК и сравним их по характеристикам.

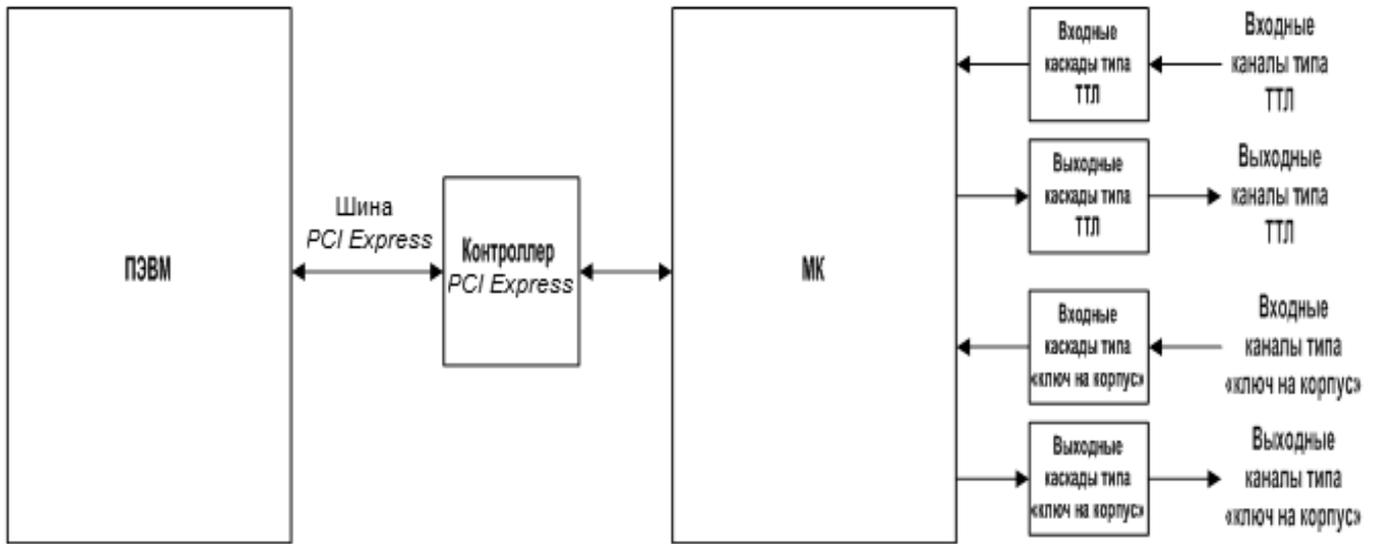


Рис. 1. Реализация устройства на МК

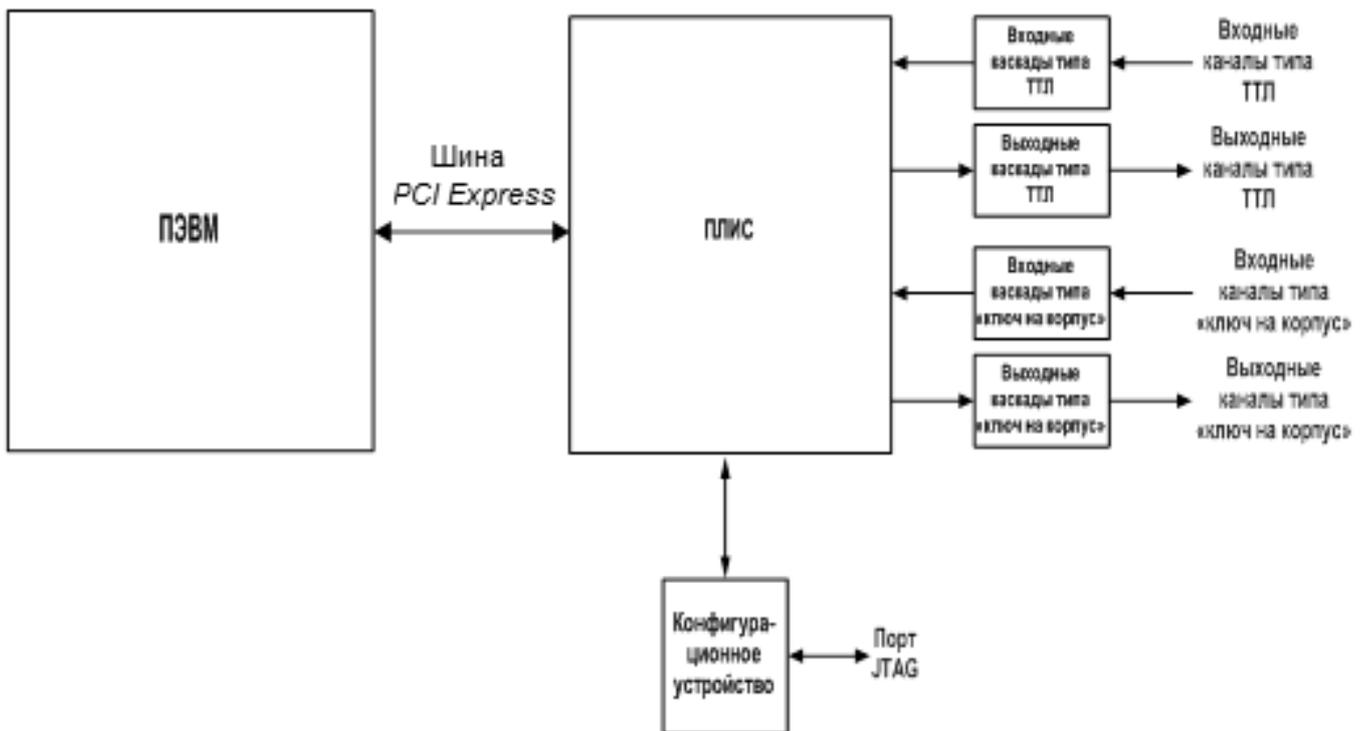


Рис. 2. Реализация устройства на ПЛИС

1. STMicroelectronics STM32 серии F3–32-разрядный ARM Cortex МК с DSP и FPU инструкциями. Основные особенности: тактовая частота до 72МГц; до 17 таймеров; 12 каналов DMA контроллера; до 12 интерфейсов; до 87 линий ввода-вывода; напряжение питания от 1,8 до 3.6 В. STM32 F3 включает в себя от 64 до 256 Кб Flash, до 48 Кб

SRAM, и доступен в корпусах WLCSP66(менее 4.3 x 4.3 mm), LQPF48, LQFP64, LQFP100 и UFBGA100.

2. XMEGA — семейство экономичных, высокопроизводительных и с обширным набором встроенных устройств ввода-вывода (УВВ) 8/16-битных КМОП МК, выполненных по улучшенной RISC-архитектуре AVR. Основные особенности: Flash-память

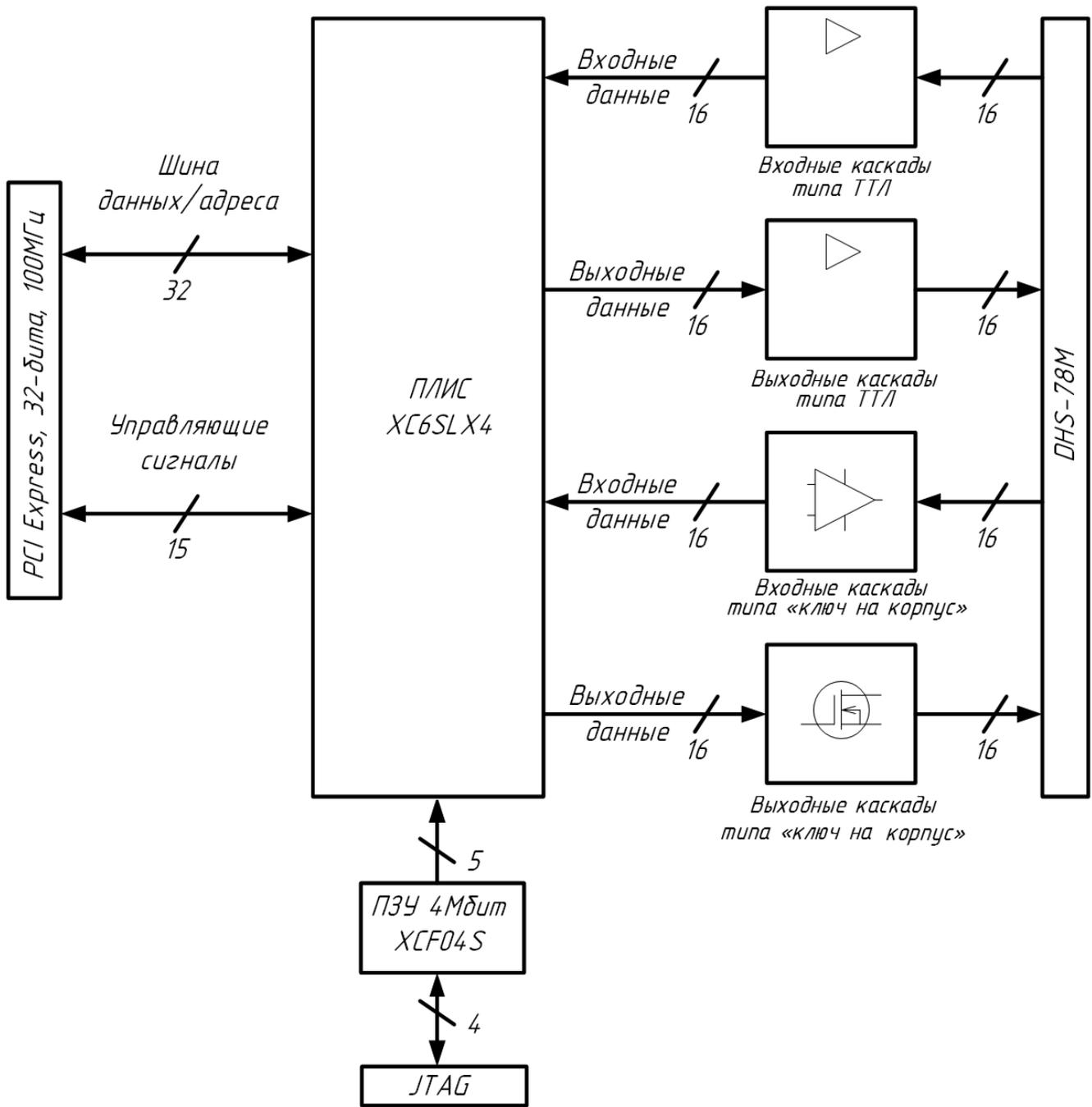


Рис. 3. Электрическая функциональная схема устройства

объемом от 16 до 1024 килобайт; число линий ввода-вывода 32; DMA-контроллер; тактовая частота до 32МГц; корпус QFP с количеством выводов от 44 до 100; напряжение питания от 1,6 до 3,6 В.

Следует отметить, что работа с цифровыми каналам передачи данных требует большого быстродействия от МК для своевременной реакции на множество внешних прерываний, приходящих по данным каналам. Для

этого у обоих МК есть возможность задействовать каналы прямого доступа к памяти.

Кроме описанной выше возможности реализации системы на МК рассмотрим возможность построения системы с использованием ПЛИС как активного элемента (рисунок 2) [2, 3].

Здесь количество функциональных блоков сократилось, т.к. контроллер PCI Express реализуется непосред-

ственно в ПЛИС, тем самым упрощая схему устройства. Для реализации сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных используется ПЛИС семейства Spartan-6 фирмы Xilinx. В настоящее время ПЛИС семейства Spartan-6 изготавливаются по технологии 45 нм [8].

Контроллер шины PCI Express полностью реализуется на ПЛИС без применения, каких-либо внешних дополнительных микросхем.

Устройство необходимо для сопряжения с ПЭВМ входных и выходных каналов типа ТТЛ, входных и выходных каналов типа «ключ на корпус». Каждый из каналов реализован с использованием специального буферного каскада. ПЛИС в проекте применяется для осуществления взаимодействия контроллера и ПЭВМ через шину PCI Express [4]. Питание, сброс и тактирование всей системы полностью осуществляется от слота PCI Express.

Для управления и отладки устройства и обеспечения связи с ПЭВМ нужно применить микросхему типа FPGA, где реализовать контроллер цифровых каналов передачи данных. Разрабатываемое устройство при взаимодействии с ПЭВМ является ведомым, поэтому контроллер PCI Express должен быть реализован с возможностью использования механизма прерываний по событиям отправки и приёма пакетов данных. Устройство должно быть рассчитано на подключение к ПЭВМ по шине PCI Express со следующими параметрами:

- ◆ разрядность шины — 32;
- ◆ частота шины — 100 МГц;
- ◆ уровни сигналов в шине — соответствуют напряжению питания 3,3 В.

На основе данных рассуждений мы получаем функциональную схему, приведенную на рисунке 3.

При работе с микросхемами программируемой логики основным инструментом является САПР. Предлагаемая фирмой Xilinx САПР ISE (Integrated Software Environment) Design Suite 12 предоставляет полную мультиплатформенную среду проектирования, которая может быть легко перенастроена под конкретные требования. Программное обеспечение ISE Design Suite 12 включает в себя средства для всех фаз проектирования с применением ПЛИС как FPGA, так и CPLD структур. Программное обеспечение поддерживает все этапы проектирования: ввод проекта, компиляция, верификация и программирование [1, 6]. Среди множества поддерживаемых микросхем ПЛИС в САПР ISE Design Suite 12, использовавшейся для реализации данного проекта, заявлена поддержка семейства Spartan-6. В качестве основного способа ввода описания проектируемой схемы на ПЛИС использовался язык VHDL-1993 [1, 5].

Разработка проекта осуществлялась на языке VHDL. Схемный редактор и редактор автоматов не применялись. Проект разбит на составляющие модули [7]. Имеется основной модуль (gen_mod.vhd), к порту которого привязываются соответствующие выводы ПЛИС. К нему же подключаются второстепенные модули:

- ◆ pci32tlite.vhd. Модуль, отвечающий за взаимодействие с шиной PCI Express. Преобразует интерфейс PCI Express к удобному виду для применения в канальной части.
- ◆ wb.vhd. Связующий модуль контроллера PCI Express и контроллера цифровых каналов передачи данных.

В проекте реализован необходимый минимум для функционирования PCI Express интерфейса. Шина данных/адреса имеет разрядность — 32 бита. Каждая транзакция состоит из одной фазы адреса и нескольких фаз данных (может быть и одна фаза данных). Предлагаемые по спецификации необязательные сигналы не используются. Интерфейс PCI Express выполнен для целевого устройства.

Модуль PCI Express в свою очередь разбит на составные части:

- ◆ главный модуль PCI части (pci32tlite.vhd);
- ◆ управляющий автомат (pciwbsequ.vhd);
- ◆ модуль декодирования адреса и команды (pcidec.vhd);
- ◆ модуль мультиплексирования шины данных/адреса (pcidmux.vhd);
- ◆ модуль конфигурационного пространства (pciregs.vhd);
- ◆ модуль контроля по четности (pcipargen.vhd);
- ◆ библиотека вспомогательных компонентов (onalib.vhd).

1) Главный модуль PCI Express части (pci32tlite.vhd) имеет порт PCI Express и содержит компоненты второстепенных модулей.

2) Управляющий автомат (pciwbsequ.vhd) содержит 7 состояний. Первое — PCIIDLE. В этом состоянии автомат пребывает в ожидании очередной транзакции. Приход активного уровня сигнала FRAME свидетельствует о начале транзакции и осуществляется переход в следующее состояние В_BUSY. В результате прихода следующего такта CLK автомат переходит либо на завершение транзакции TURN_ARE (адрес не распознан), либо в состояние обмена информацией S_DATA1 (адрес распознан). В состоянии S_DATA1 автомат ожидает ответа от канальной части, либо завершение транзакции со стороны PCI Express. В результате положительного ответа от канала осуществляется переход в S_DATA2 и затем в TURN_ARL (ожидание завершения транзакции или очередного об-

Таблица 1. Структура конфигурационного пространства

Регистры	AD[7.2]	Смещение	Байт	Размер	Значение (hex)
VENDORID	000000 (r)	00	1/0	2	4D41
DEVICEID	000000 (r)	02	3/2	2	1401
COMMAND	000001 (r/w)	04	1/0	2	0000
STATUS	000001 (r/w)	06	3/2	2	0000
REVISIONID	000010 (r)	08	0	1	00
CLASSCODE	000010 (r)	09	3/2/1	3	0068000
HEADERTYPE	000011 (r)	0E	2	1	00
BAR0	000100 (r/w)	10	3/2/1/0	4	00000000
SUBSYSTEMID	001011 (r)	2C	1/0	2	0000
SUBSYSTEMVID	001011 (r)	2E	1/0	2	1172
INTLINE	001111 (r/w)	3C	0	1	00
INTPIN	001111 (r)	3D	1	1	01

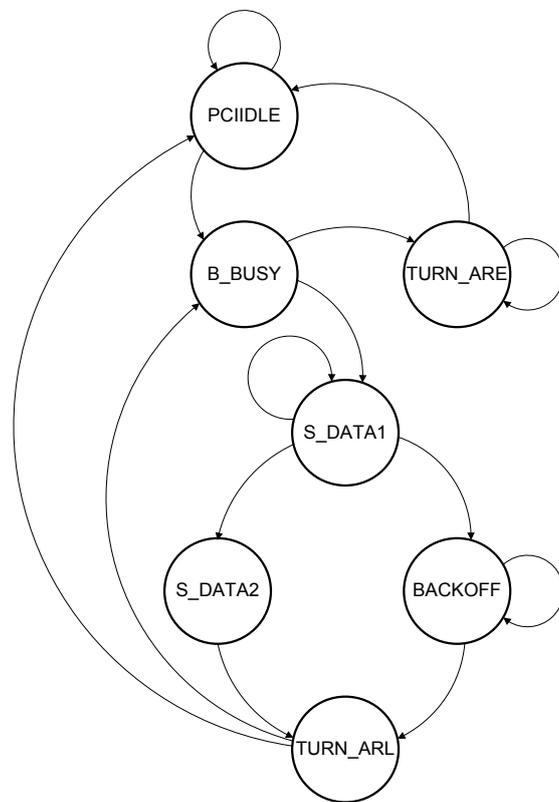


Рис. 4. Конечный автомат управления PCI Express

мена). Если по какой-то причине канал запросил повтор операции (ошибка), то выставляется сигнал STOP и в состоянии BACKOFF ожидается установка FRAME в неактивное состояние, затем переходим в TURN_ARL. В модуле управляющего автомата (рисунок 4) также формируются сигналы для взаимодействия с канальной частью, такие как обозначение транзакции, строб записи, сигнал чтение/запись.

3) Модуль декодирования адреса и команды (pcides.vhd). Основное назначение — формирование управляющих сигналов `adrmem_o` (обращение к пространству ввода/вывода) и `adrcfg_o` (обращение к конфигурационному пространству). Условием появления активного уровня сигнала `adrcfg_o` является установленный в активное состояние сигнал `IDSEL`, нулевое значение двух младших бит адреса и команда на шине CBE — `Ah` или

Таблица 2. Структура конфигурационного пространства

Название регистра	См.	Назначение	Режим доступа
RDIK	+0	Регистр входных каналов типа «ключ на корпус» (с 1 по 16)	ЧТ
RDIT	+2	Регистр входных каналов типа ТТЛ (с 1 по 16)	ЧТ
RID	+4	Регистр кода идентификатора модуля	ЧТ (0001h)
RINT	+6	Регистр флагов прерываний регистр входных каналов типа «ключ на корпус» (с 1 по 8) и входных каналов типа ТТЛ (с 1 по 8)	ЧТ
RDOK	+0	Регистр выходных каналов типа «ключ на корпус» (с 1 по 16)	ЗП
RDOT	+2	Регистр выходных каналов типа ТТЛ (с 1 по 16)	ЗП
RMOD	+4	Регистр задания условия формирования прерываний	ЗП
RM	+6	Регистр разрешения формирования прерывания	ЗП

Vh (работа с конфигурацией). С определением работы с пространством ввода/вывода немного сложнее. При загрузке ПК BIOS записывает базовый адрес конфигурационного пространства и устанавливает бит разрешения работы с пространством ввода/вывода. Поэтому, согласно выбранному формату базового адреса, выполняется сравнение базового адреса, проверка бита разрешения и определение наличия команды 2h или 3h на шине CB/E.

4) Модуль мультиплексирования шины данных/адреса (pcidmux.vhd) предназначен для управления шиной адреса/данных. В зависимости от управляющих сигналов, сформированных в других модулях, определяется направление работы шины и выдаваемая информация (из конфигурационного пространства или пространства ввода/вывода).

5) Модуль конфигурационного пространства (pciregs.vhd) предназначен для хранения конфигурации, ее записи и чтения. Приведем структуру конфигурационного пространства. Подробнее о назначении регистров конфигурационного пространства смотреть в спецификации на PCI Express. Эта структура отражена в таблице 1.

6) Модуль контроля по четности (pcipargen.vhd). Контроль по четности на PCI Express обеспечивает механизм определения успешного выполнения транзакции. Чтобы гарантировать, что на шине выполняется нужная операция, четыре бита команды включаются в вычисление четности. Чтобы гарантировать, что передаются верные данные, допускается также включение 4 байтов AD[31::00] в вычисление четности. Устройство, ответственное за шину AD[31::00] на любой фазе, также ответственно за выдачу сигнала PAR. Четность вычисляется путем «исключающего ИЛИ» всех разрядов шины данных и команды.

Доступ к регистрам модуля осуществляется через 16-разрядные порты ввода-вывода шины PCI Express,

в таблице 2 приведены форматы данных и смещение адресов регистров модуля.

При чтении регистра кода идентификатора модуля (RID) осуществляется программный сброс модуля. Все регистры записи модуля сбрасываются по сигналу сброса шины PCI Express и по программному сбросу модуля.

Регистр флагов прерываний модуля (RINT), сбрасывается при чтении и по программному сбросу модуля. При вызове прерывания PCI Express модуля в программе обработки обязательно необходимо выполнять чтение RINT.

Регистр RMOD даёт возможность выбрать условие, при котором формируется флаг прерывания при переходе сигнала в логическую «1» или «0».

Заключение

В статье предложены принципы и алгоритмы функционирования модуля цифровых устройств, предназначенного для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных.

Описанное устройство возможно реализовать с использованием ПЛИС XC6SLX4 фирмы Xilinx. Доступ к регистрам модуля будет осуществляться через 32-разрядную шину PCI Express.

Областью применения модуля цифровых устройств, предназначенного для сопряжения ПЭВМ через шину PCI Express с системами и устройствами по цифровым каналам передачи данных являются системы обработки потоков данных. Разработка может быть использована в качестве универсального средства при имитации, исследовании и отладке различных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бибило П. Н. Основы языка VHDL: Москва, СОЛОН-Р, 2002. — 224 с.
2. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А., Востоков Н. Г. Математическое моделирование диспетчеров задач для систем параллельной обработки на основе разомкнутых систем массового обслуживания // В мире научных открытий. — 2013. — № 6–1 (42). — С. 81–101.
3. Мартышкин А. И. Математическое моделирование аппаратного буфера памяти многопроцессорной системы // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. — 2015. — С. 247–249.
4. Петров С. Шины PCI, PCI Express. Архитектура, дизайн, принципы функционирования. Серия: Аппаратные средства, БХВ-Петербург, 2006. — 416 с.
5. Поляков А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры: Москва, СОЛОН-Пресс, 2003. — 320 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611117. Программный комплекс для расчета вероятностно-временных характеристик стохастических сетей массового обслуживания. Правообладатель: ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». Авторы: Мартышкин А. И., Бикташев Р. А. Заявка № 2012660617. Дата поступления 5 декабря 2012 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.
7. Суворова Е.А., Шейнин Ю. Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. БХВ-Петербург, 2003. — 576 с.
8. http://www.rssp.ru/upload/iblock/aa3/05_Semejstvo_Spartan.pdf (Дата обращения 12.10.2019).

© Мартышкин Алексей Иванович (alexey314@yandex.ru), Воронцов Александр Анатольевич (aleksander.vorontsov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ RESTFUL API ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ORBAC В ОРГАНИЗАЦИЯХ. НА ПРИМЕРЕ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЗНАЧЕЙСТВА И ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА (DGTCP) В РЕСПУБЛИКЕ БЕНИН

Муаль Мутуама Нда Бьенвеню

Аспирант, Российский Университет Дружбы Народов
btouale@mail.ru

Самбьену Кувиммиту Калев

Орловский Государственный Университет имени
И. С. Тургенева

Куаме Гнабро Йанник

Аспирант, Российский Университет Дружбы Народов

**DESIGN AND IMPLEMENTATION
OF A RESTFUL API FOR ACCESS
CONTROL BASED ON THE ORBAC
MODEL IN AN ORGANIZATION. CASE:
MAIN DEPARTMENT OF THE TREASURY
AND STATE ACCOUNTING (DGTCP)
IN THE REPUBLIC OF BENIN**

**Mouale Moutouama N'dah Bienvenue
Sambienou Kouwimmitou Caleb
Kouame Gnabro Yannick**

Summary. Information systems security is particularly important today as public and private companies are in constant reorganization, expansion or enhancement of their information system in order to be more efficient. For example, the head office of task (DGTCP), a strategic public administration in the Benin government's policy, is engaged in a process of restructuring it to meet functional requirements in order to improve the quality of the offered services. This reorganization has a significant impact on the information system. Indeed, the procedures have become more complex and ensuring IT system security has become a very important issue.

In this dissertation, we proposed implementation of an access control system based on the Organization Based Access Control (OrBAC) model to strengthen the security of this (government) organization. This system will consider the organization's security policy and will be implemented as a RESTFull API, allowing existing or future business applications to access the organization's resources depending on the employees' rights and context. Simulation tests have been performed to ensure that the system is working as intended.

Keywords: Access control, OrBAC, Web API, security policy, security, DGTCP.

Аннотация. Безопасность информационных систем сегодня особенно важна. В том числе, когда общественные и частные компании находятся в постоянной реорганизации, расширении или совершенствовании своей информационной системы (ИС), с целью улучшения эффективности. Это есть случай DGTCP, когда администрация государственной политики в правительстве Бенина участвует в процессе реструктуризации в соответствии с функциональными требованиями для улучшения качества предлагаемых услуг. Эта реорганизация имеет значительное влияние на ее информационную систему. Действительно, процедуры стали более сложными, и обеспечение безопасности ИТ-системы становится очень важной проблемой. В этой статье мы предлагаем внедрение системы контроля доступа на основе модели OrBAC для усиления безопасности этой правительственной организации. Эта система будет рассматриваться как политика безопасности, и будет реализована как RESTFull API, позволяющая существующим или будущим бизнес-приложениям иметь доступ к ресурсам организации. Имитационные тесты были выполнены, чтобы убедиться, что система работает так, как задумано.

Ключевые слова: Контроль доступа, OrBAC, веб-API, политика безопасности, безопасность, DGTCP.

Введение

Сегодня компьютерные системы занимают важное место в компаниях, администрациях и повседневной жизни людей. Это явление было вызвано, среди прочего, быстрым развитием информационных и коммуникационных технологий. Зависимость от этих взаимосвязанных систем в различных аспектах жизни, и их повсеместного распространения, дает много преимуществ. В общем, через обмен информацией и доступ к ней [5], а также, в частности, через средства связи к быстрому и недорогому совместному использованию вычислительных ресурсов и ресурсов хранения большой ёмкости (облачное копирование).

Чтобы воспользоваться этими преимуществами для максимального увеличения производительности и эффективности в достижении своих целей, компании проводят организационные изменения, в ходе которых создается несколько иерархических уровней, несколько назначений разделены и состоят из нескольких акторов.

Эта реорганизация оказывает влияние на информационную систему, которая является очень ценным активом, и чье эффективное управление данными имеет первостепенное значение. Таким образом, конфиденциальные данные, процессы, инфраструктуры информационной системы компании подвергаются злонамеренным действиям, характер и способ вторжения которых постоянно меняются.

Целью данной статьи является разработка и внедрение системы контроля доступа на основе модели OrBAC в соответствии с политикой безопасности DGTCP и непосредственно доступа ко всем бизнес-приложениям (существующим и/или будущим) указанной организации независимо от их местоположения в информационной системе и/или языка программирования, используемого в их проекте.

Для решения поставленной задачи мы представили моделирование системы, а также выбор различных инструментов, используемых для реализации указанной системы.

В первом разделе мы более подробно представим модули, которые составляют систему контроля доступа и систему администрирования, их реализации, а также технологии, которые были применены. Во втором мы представим серию тестов и экспериментов, которые были выполнены, чтобы убедиться, что система работает правильно. И в последнем разделе будет проведено заключение полученных результатов.

Система обозначения

API: интерфейс прикладного программирования

DGTCP: главное управление казначейства и государственного учета

PGT: казначей общего казначейства

HTTP: протокол передачи гипертекста

JSON: нотация объектов JavaScript

JWT: JSON Web Token

OrBAC: управление контролем доступа в организации

RBAC: управление ролями и доступами

WWW: всемирная паутина сети

UML: унифицированный язык моделирования

Используемая технология

Для реализации наших систем мы прибегли к определенным технологиям, которые являются:

Spring Загрузочный (Spring Boot)

Spring — это бесплатный фреймворк (Framework) для разработки и определения инфраструктуры приложений Java, и облегчает разработку и тестирование. Он предлагает Spring Boot, модульный подход для быстрого и эффективного создания API веб-сервисов. В нескольких строках кода с (очень) небольшим проектом Maven или Gradle мы получаем непосредственно исполняемый файл.jar. Все включено, в том числе кирпичи веб-сервера, которые нам нужны. Можно очень легко использовать необходимые фреймворки (например, Hibernate или любой кирпич классической Spring). Spring Boot обеспечивает мощность сервера приложений, сохраняя только то, что вам действительно нужно. Сериализация JSON работает изначально, а маршрутизация на основе аннотаций очень проста в обращении. Spring Boot является частью одной из лучших фреймворков для разработки веб-приложений в целом, и веб-API частным образом. Более того, его сообщество растет из года в год.

MySQL

MySQL — самая популярная в мире база данных с открытым исходным кодом. Благодаря своей производительности, надежности и простоте использования, MySQL зарекомендовал себя как очевидный выбор базы данных для веб-приложений. Эта база данных существует под несколькими типами лицензий, более эффективными. В нашем случае, мы выбрали бесплатную лицензию. Выбор MySQL был мотивирован его простыми свойствами в реализации, такие, как репликация и распределение нагрузки.

Таблица 1. Архитектурные ограничения bscakoAPI

Свойства	Детали/Значения
Архитектура	Клиент-Сервер
Протокол	HTTP
Формат запросов и ответ	JSON
Сессия	Да
Аутентификация	Через токен [2.2.1.1]

Реализация

В общем, моделируемая система основана на модели Model; Просмотр; Контроллер (MVC).

Система контроля доступа (bscakoAPI)

Мы начали с наблюдения, что DGTCP — это организация, которая уже имеет много бизнес-приложений, и не собирается останавливаться на достигнутом. Таким образом, чтобы стандартизировать данные, которые будут обрабатываться различными системами и бизнес-приложениями, мы решили, что система контроля доступа имеет форму RESTFull API и называется bscakoAPI. Система bscakoAPI состоит из двух основных модулей, а именно модуля аутентификации и модуля контроля доступа. Он предоставляет интерфейс для каждого модуля, которые его составляют.

bscakoAPI представляет архитектурные ограничения, которые указаны в следующей таблице:

Модуль аутентификации

Модуль аутентификации — это модуль, который позволяет пользователю аутентифицироваться в приложении через bscakoAPI (обратите внимание, что сам API является приложением организации). Аутентификация осуществляется через два уровня безопасности, где информация инкапсулирована в заголовке HTTP-запроса:

Ключ приложения. Это ключ, который идентифицирует уникальное приложение в системе. Его структура — это структура JWT, и он предоставляется администратором безопасности после обращения к приложению. Он встроен в заголовок ключа любого запроса к системе контроля доступа.

Учетные данные для входа — Это данные аутентификации пользователя. Они обычно состоят из:

- ♦ Имя пользователя / адрес электронной почты и пароль. Эти элементы часто кодируются в заголовке Авторизации с базовым механизмом аутентификации.

- ♦ Ключ аутентификации, сгенерированный bscakoAPI по запросу пользователя. Этот ключ часто кодируется в заголовке авторизации с помощью механизма аутентификации Носитель.

Этот модуль предоставляет интерфейс, который может использоваться всеми бизнес-приложениями в организации.

Модуль контроля доступа

Это сердце этой системы. Он позволяет проверить доступ к ресурсам пользователя в соответствии со своими прерогативами и задачами, ранее определенными из политики организации, и ранее предоставленными администратором безопасности. Этот модуль использует модуль аутентификации. Он предоставляет интерфейс, используемый всеми бизнес-приложениями организации.

Система администрирования bscakoAPI

Система администрирования bscakoAPI была смоделирована для того, чтобы облегчить задачу администратора безопасности в его функциях. Это основной инструмент или приложение любого администратора безопасности для хорошего управления политикой безопасности, а также для конфигурации систем управления доступом и аутентификации организации. Настоящая система состоит из двух основных модулей, а именно модуля администрирования безопасности и модуля MotOrBAC.

Модуль администрирования безопасности

Это сердце системы администрирования безопасности. Он отвечает за управление ссылками на бизнес-приложения, на пользователей организации и назначение им привилегий для аутентификации в бизнес-приложениях. Он использует модуль MotOrBAC и интерфейсы, созданные в bscakoAPI.



Рис. 1. Общая архитектура всей системы

Модуль MotOrBAC

Инструмент администрирования содержит последнюю версию MotOrBAC [2]. Этот модуль обеспечивает выполнение MotOrBAC, позволяя администратору безопасности управлять политикой безопасности организации.

Заключение

В этом разделе, мы представили различные модули, которые составляют систему контроля доступа. Администрация создана внутри организации «DGTCP».

Общий вид всей системы выглядит следующим образом (рис. 1)

В оставшейся части нашей работы мы представим серию тестов и экспериментов, которые были сделаны чтобы убедиться, что система работает правильно. И в последнем разделе будет проведено заключение полученных результатов.

Эксперименты и анализ Особенности bscakoAPI

После развертывания bscakoAPI и его инструментов администрирования, администратор безопасности при-

ступает к настройке систем контроля доступа и аутентификации в соответствии с руководством пользователя. В этом разделе мы познакомимся с рабочим интерфейсом некоторых пользователей при использовании системы контроля доступа, настроенной для этой цели администратором безопасности в соответствии с руководством пользователя. Мы разрабатываем политики безопасности DGTCP, и предоставляем эту политику безопасности на уровне системы контроля доступа, после аутентификации администратора безопасности с помощью инструмента администрирования.

В рамках наших тестов мы представим сценарий обработки и выплаты зарплат и пенсий PGT. Мы считаем номинальным случаем, где расходы (мандат и платежное поручение) рассматриваются с оплатой на счетчиках DGTCP и выплатой пенсий.

Описание

Зарплаты поступают к верификаторам, они выполняют обработку (проверяют и противодействуют удержаниям). Затем эти зарплат (ценные бумаги) направляются в отдел контроля регулярности, который проверяет и передает их генеральному плательщику для получения разрешения на оплату. Кассовые чеки (части оплаты зарплат) передаются кассиру, действительному кассиру,

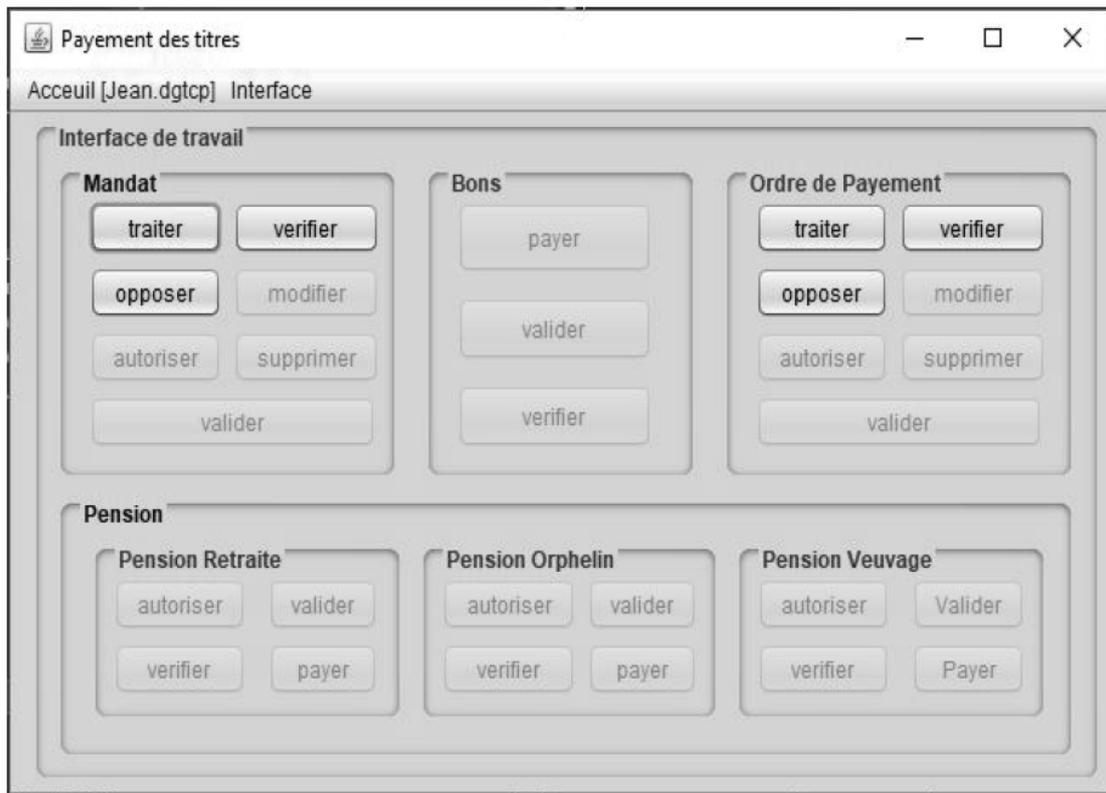


Рис. 2. Задачи аудитора(верификатора) в PGT в рабочее время (с 8:00 до 13:00 и с 15:00 до 19:00).



Рис. 3. Обязанности аудитора(верификатора) в PGT вне рабочего времени.

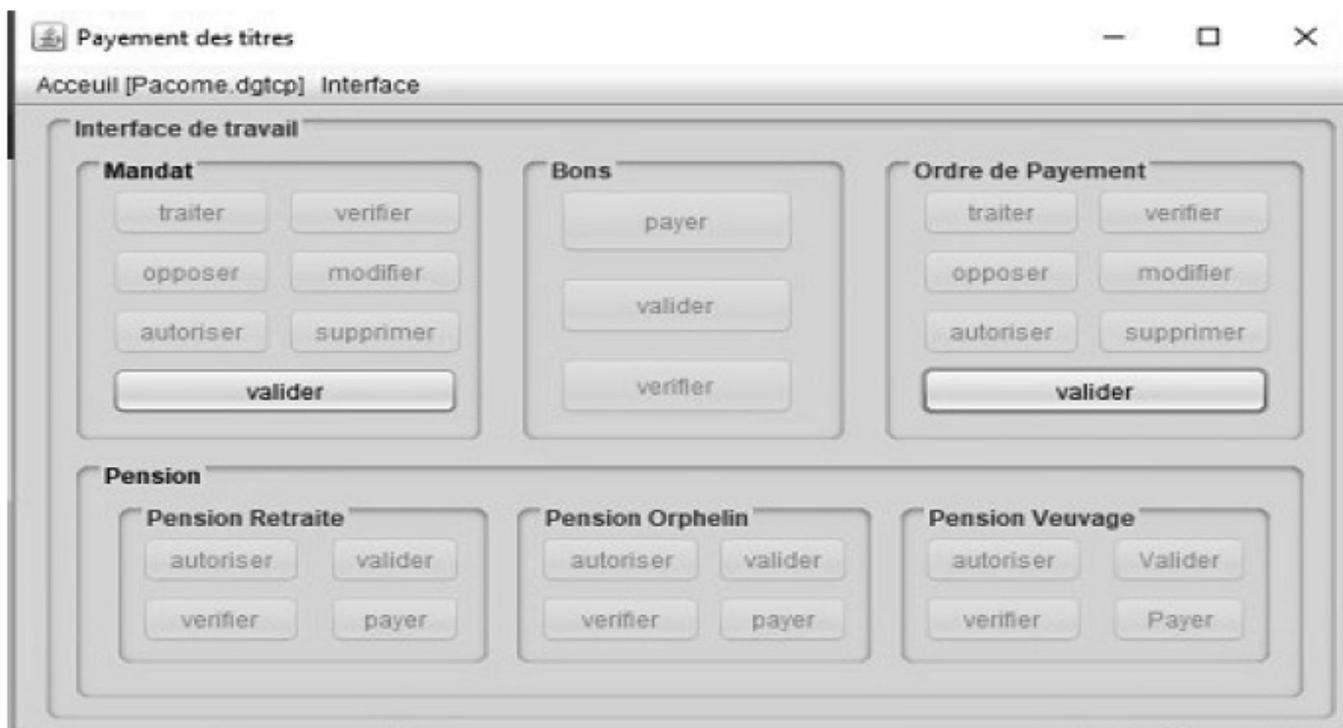


Рис. 4. Задачи Главного Регулярного Управления в PGT.



Рис. 5. Задачи Главного Регулярного Управления в PGT в случае чрезвычайной ситуации.

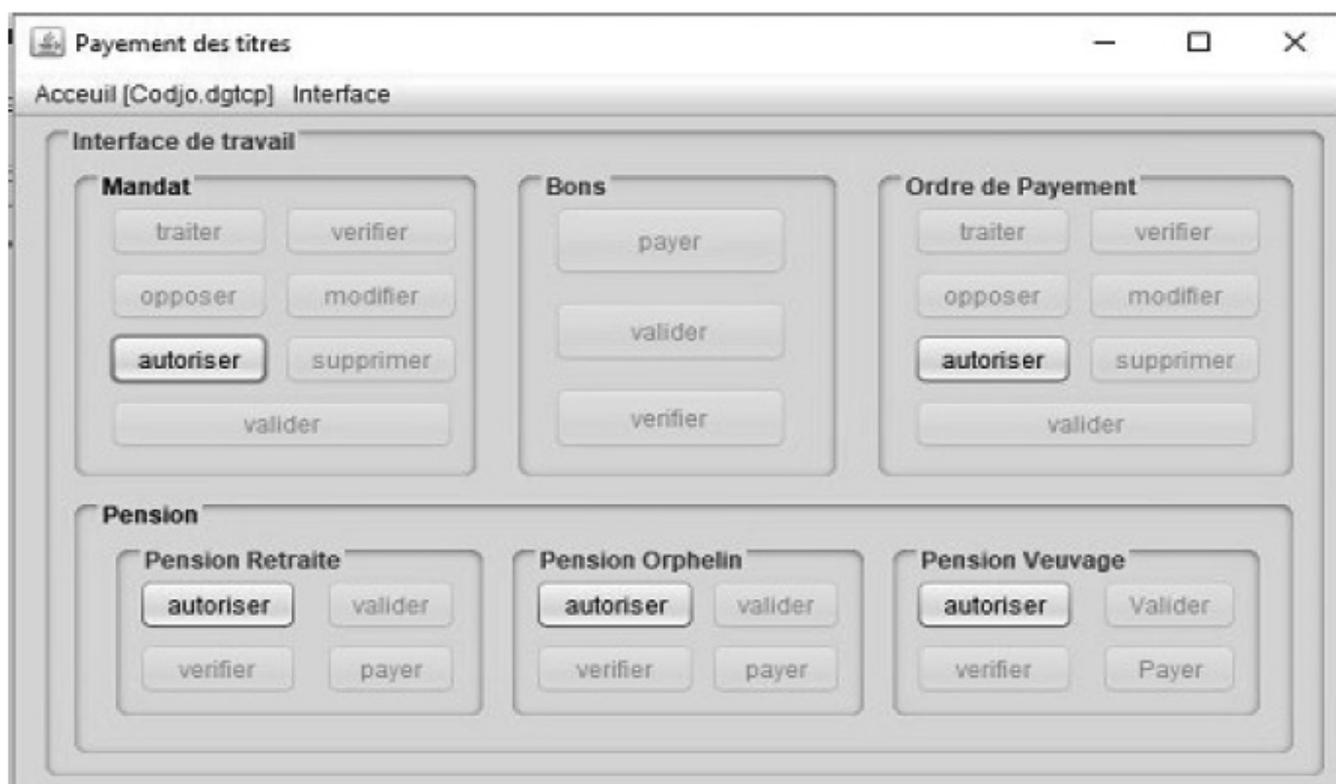


Рис. 6. Задачи главного плательщика в PGT.

и делают их доступными на уровне кассира для эффективной оплаты. В случае пенсий, генеральный кассир разрешает платеж действительному кассиру, и делает их доступными на прилавках.

Бизнес-приложение «Оплата зарплат (ценных бумаг)» было специально разработано, и может рассматриваться как модель для будущих разработок бизнес-приложений любой организации. Приложение объединяет различные задачи сотрудников организации или под организации в одном графическом интерфейсе.

Учитывая придуманный выше сценарий, этот интерфейс объединяет все задачи пользователей, которые вмешиваются в процесс обработки и выплаты зарплат (ценных бумаг) и пенсий.

Результаты будут представлены по ролям.

Аудитор(верификатор) в PGT (рис. 2, 3).

Анализ: Аудиторы(верификаторы) в PGT при обработке зарплат (ценных бумаг) могут выполнять только проверки, возражения и обработки ордеров и / или платежных поручений. Эти задачи выполняются только в рабочее время (с 8 до 13 часов и с 15 до 19 часов).

Главный регулярный контроль PGT (рис. 4, 5):

Анализ: Главное управление по контролю за соблюдением нормативных требований регулярно выполняет задачи проверки мандата и / или платежного поручения. В случае возникновения чрезвычайной ситуации, к его первоначальным прерогативам добавляются такие, как проверка, возражение и подтверждение мандата и / или порядка оплаты.

Генеральный плательщик (рис. 6).

Анализ: главный плательщик авторизует денежные переводы, платежные поручения и пенсии для оплаты.

Главный кассир (рис. 7, 8).

Анализ: Главный кассир по умолчанию имеет обязательство (обозначенное звездочкой (*)) на графическом интерфейсе) проверять ваучеры. Но каждые 28–31 месяца (пенсионного периода) он имеет обязательство утвердить пенсии (выход на пенсию, сиротство и вдовство).

Кассир (рис. 9, 10)

Анализ: Кассир проводит проверку и оплату кассовых сертификатов и пенсий только в часы работы кассы (с 8 до 11 и с 15 до 17h).



Рис. 7. Задачи главного кассира в PGT.

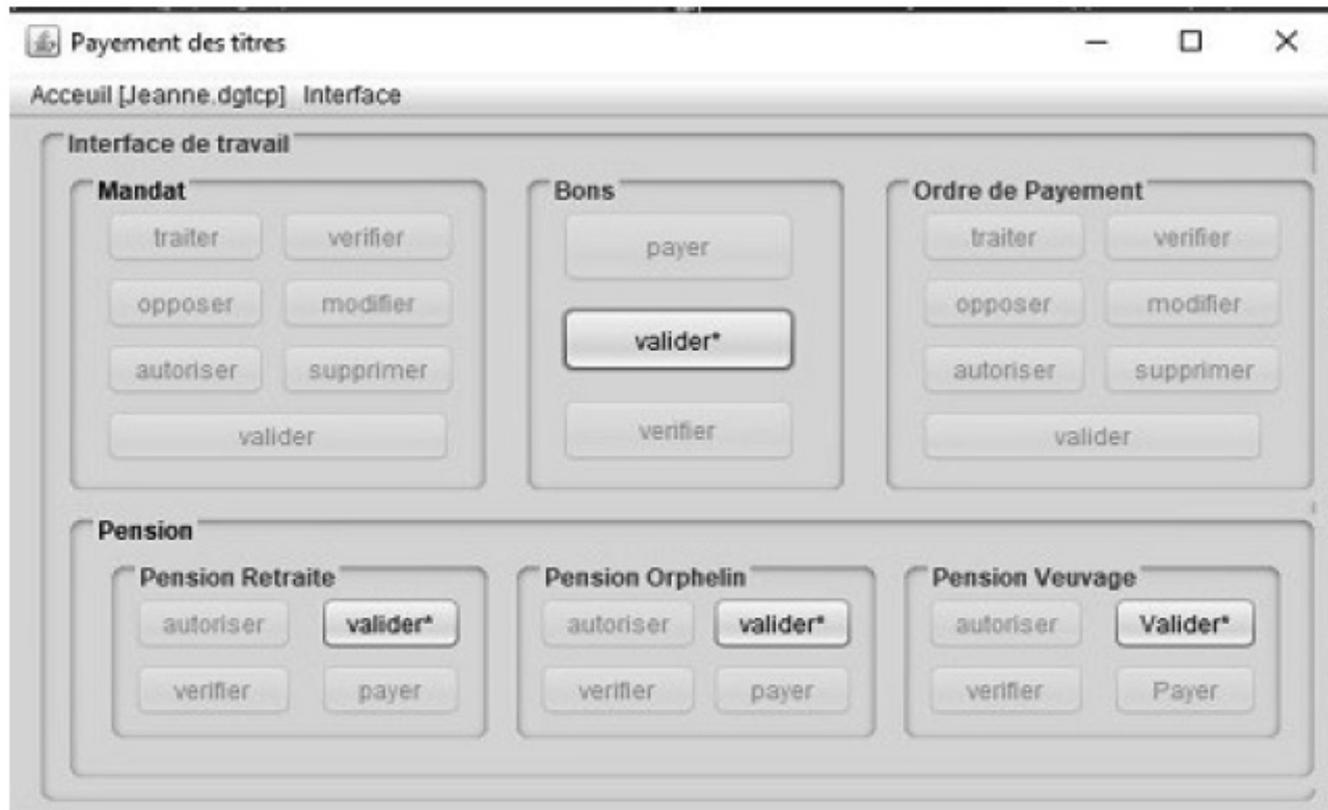


Рис. 8. Задачи главного кассира в PGT в течение пенсионного периода (с 28 до 31 месяца).



Рис. 9. Обязанности кассира в PGT в рабочее время кассы (с 8:00 до 11:00 и с 15:00 до 17:00).



Рис. 10. Обязанности кассира в PGT вне рабочего времени кассы.

Таблица 2. Результаты теста производительности.

Функции	Среднее время обработки (в мс)	Актеры
Идентификация	822	Всех
Реализация политики безопасности	5000	Администратор безопасности
Ссылки на бизнес-приложения	890	Администратор безопасности
Присвоение привилегий	834	Администратор безопасности
Доступность ресурса	915	Всех

Производительность bscakoAPI

Тесты производительности bscakoAPI, выполненные с помощью программного обеспечения «postman», записаны в следующей таблице:

Обсуждение

В нашем исследовании мы отметили, что система контроля доступа обеспечивает более элементарный контроль доступности ресурсов в организации. Система контроля доступа bscakoAPI — это удобное, спроектированное, разработанное и развернутое решение, которое обеспечивает и гарантирует пользователям доступ к ресурсам в соответствии с их прерогативами, которые определены политикой безопасности организации. Кроме того, с одной стороны, результаты каждой роли согласуются с их прерогативами.

С другой стороны, они показывают нам, что когда политика безопасности четко определена и сделана доступной на уровне контроля доступа bscakoAPI, и что бизнес-приложения имеют хорошие ссылки, то эти бизнес-приложения получают доступ только к тем ресурсам,

которые предназначены в соответствии с контекстом и аутентифицированными пользователями. Пользователи при этом не могут превзойти прерогативы, назначенные им со времен политики безопасности.

Короче говоря, введение в действие bscakoAPI, как описано выше, принесет много пользы для любой организации. Действительно, анализ наших результатов показал, что:

- ◆ Каждый сотрудник имеет доступ по существу, и исключительно к тем ресурсам, которые необходимы для выполнения его задач;
- ◆ Система контроля доступа bscakoAPI учитывает всю политику безопасности организации, которая разработана и развернута ее администратором безопасности.
- ◆ Система аутентификации bscakoAPI обеспечивает единый вход для пользователей приложений в соответствии с конфигурацией, установленной администратором безопасности.
- ◆ Наконец, системы аутентификации и контроля доступа bscakoAPI могут использоваться любым приложением или информационной системой благодаря мощному механизму REST.

ЛИТЕРАТУРА

1. DENAKPO M. Vincent. Architecture de médiation des données dédiées à l'édition des statistiques pour le trésor public. Master's thesis, Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Porto-Novo (Bénin), 2009.
2. Fabien Autrel. MotOrbac. <http://motorbac.sourceforge.net/>.
3. KELOME T Patrick. réalisation d'un prototype de l'annuaire GSM. Master's thesis, Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Porto-Novo (Bénin), 2009.
4. Patrick Rodolphe BOKO. Le Système d'Information de la DGTCP: élaboration d'une politique de sécurité basée sur le modèle Or-BAC pour la nouvelle organisation. Master's thesis, Institut de Formation et de Recherche en Informatique (IFRI-UAC), 2017.
5. Yves Deswarte et Sébastien Gambis. Cyber-attaques et cyber-defenses: problématique et évolution. Revue de l'électricité et de l'électronique (REE), (2):23–35, juin 2012

© Муаль Мутуама Нда Бьенвеню (bmouale@mail.ru),
Самбьену Кувиммиту Калев, Куаме Гнабро Йанник.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

INFORMATION MODELING
IN CONSTRUCTION

A. Myasnikov

Summary. The article discusses current issues related to the features of information modeling in construction. In the research process, the relevance of using information modeling throughout the entire construction process, from the preparation of the project to the commissioning of the facility, is substantiated. The specificity of information modeling systems is also indicated, which is determined by work technologies, a set of language tools, service programs and modeling techniques. In addition, the article formulates the basic principles that an information model must meet and provides the technological characteristics of modern information modeling systems. In order to improve the accuracy and coordination of project data within the framework of the information model, it is proposed to use parameterization technology.

Keywords: construction, information model, parameterization, design, operation, software.

Мясников Алексей Георгиевич

К.ф.-м.н., доцент, Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)
grubus@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы, связанные с особенностями проведения информационного моделирования в строительстве. В процессе исследования обоснована актуальность использования информационного моделирования на протяжении всего процесса строительства, начиная от подготовки проекта и до сдачи объекта в эксплуатацию. Также обозначена специфика информационных систем моделирования, которая определяется технологиями работы, набором языковых средств, сервисных программ и приемов моделирования. Кроме того, в статье сформулированы основные принципы, которым должна отвечать информационная модель и приведены технологические характеристики современных систем информационного моделирования. С целью повышения точности и координации данных проекта в рамках информационной модели предложено использовать технологию параметризации.

Ключевые слова: строительство, информационная модель, параметризация, проект, эксплуатация, программное обеспечение.

Основной задачей инновационного развития строительной отрасли является создание конкурентных преимуществ в стратегической перспективе, формирующих безопасную и комфортную среду жизнедеятельности человека, отвечающую высоким мировым стандартам качества, для обеспечения устойчивого социально-экономического развития государства [1]. Достижение конкурентных преимуществ базируется на инновационном перевооружении строительной отрасли, формировании инновационных компетенций, создании инжиниринговых схем организации управления жизненным циклом строительного объекта, применении информационного моделирования с целью повышения производительности труда, снижения энергоемкости, материалоемкости и себестоимости строительной продукции.

Сложность инженерных расчетов строительных проектов и необходимость принятия взвешенных управленческих решений требуют использования современных компьютерных систем и технологий [2]. С переходом к рыночным условиям хозяйствования значительно возросло количество участников инвестиционно-строительного процесса, увеличилась интенсивность информационных потоков, расширилось их влияние на результаты деятельности отдельных предприятий.

Ответом на эти вызовы и проблемы в строительной отрасли стала концепция информационного модели-

рования. Информационное моделирование в строительстве позволяет использовать в проектах широкий спектр информационно-коммуникационных технологий для проектирования, строительства, эксплуатации и управления развитием, а также включать ИКТ в законченные разработки строительного проекта.

Специфика информационных систем моделирования определяется технологиями работы, набором языковых средств, сервисных программ и приемов моделирования.

На сегодняшний день существуют различные подходы к информационному моделированию проектных решений зданий и процессов строительства. Учитывая относительно большие сроки строительства очевидно, что необходимо осуществлять поиск таких средств интеграционного информационного моделирования взаимосвязанных пространственных и временных решений в строительстве, которые на достаточно формализованном уровне способны обеспечить подготовку и принятие комплексных, своевременных и эффективных инженерных и управленческих решений.

Таким образом, указанные обстоятельства обуславливают необходимость разработки системного подхода к сквозному использованию интегрированных информационных технологий, охватывающих все этапы строи-

Таблица 1. Технологические характеристики современных систем информационного моделирования

Система моделирования	Производитель ПО	Приложения	Среда моделирования и поддержки			
			Графическая инструкция	Авторское моделирование	Анимация	Поддержка анализа результатов
ARENA	System Modeling Corporation	Производство, анализ бизнес-процессов, дискретное моделирование	Блок-схемы	+	+	+
EXTEND	Imagine That, Inc	Стратегическое планирование, бизнес-моделирование	Компоновочные блоки, непрерывные и дискретные модели	+ Язык Modl	+	Анализ на чувствительность
GPSS/H-PROOF	Wolvrine Software Corporation	Общего назначения	Блок-схемы	+	+	ANOVA
PROCESS MODEL	PROMODEL Corporation	Общее производство, реинжиниринг	Блок-схемы, дискретное моделирование	-	-	+
WITNESS	Lanner Group Inc	Бизнес-планирование, производство, финансы	+	+	+	+ Блок оптимизации
VENSIM	Ventana Systems	Модели системной динамики	Потоковые диаграммы	-	+	+
POWERSIM	Powersim Co	Непрерывное моделирование	Потоковые диаграммы	-	+	-
DYNAMO	Expectation Software	Модели системной динамики вычислительного типа	Блок-схемы	-	-	-

тельного процесса, начиная с инвестиционного проекта и заканчивая эксплуатацией объектов строительства, что в целом обуславливает актуальность, теоретическую и практическую значимость выбранной темы исследования.

Вопросы использования и развития информационного моделирования в строительстве достаточно активно изучаются иностранными учеными, в частности: В. Талаповым, П. Вежовецки, А. Томаном, Л. Устиновичусом, А. Миллером и другими. В России исследованием проблематики цифрового моделирования, с помощью которого можно реализовать ведение и актуализацию строительных проектов на базе аналитико-имитацион-

ных моделей, занимаются: М. С. Барабаш, К. И. Киевская, А. С. Билык.

Практическим внедрением информационных технологий для решения задач планирования и разработки объектов строительства занимаются разработчики систем автоматизированного проектирования, такие как Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft, TEKLA, ЛИРА и др.

В то же время существует еще значительная часть вопросов, которые требуют научного обоснования и решения. Одна из них — исследование сущности, особенностей, современного состояния и перспектив развития

информационного моделирования в строительстве, что предопределяет целевую направленность данной статьи.

Информационное моделирование в строительстве — это высокоуровневая информационная технология, которая обеспечивает работу по созданию или модификации компьютерной модели нового здания, охватывающей все сведения о будущем объекте, а также ее эксплуатацию и интерпретацию результатов [3]. Использование информационных моделей, позволяет осуществить не только многовариантное и комплексное проектирование, но и определить состояние объекта или его элементов после возведения (в процессе эксплуатации).

На сегодняшний день не существует общепринятого определения и единых стандартов к построению информационной модели строительного объекта, но при этом можно сформулировать основные принципы, которым она должна отвечать:

1. Единая информационная модель должна быть согласованным банком данных графической и описательной информации, базой данных проекта, общей для всех частей и этапов проекта. Информация может быть получена из модели по необходимости.
2. Основываясь на единой информационной модели объекта должна формироваться единая стратегия управления проектированием, производством и процессом реализации строительного объекта.
3. Модель должна обеспечивать поддержку распределенных групп: люди, инструменты и задачи могут эффективно и совместно использовать эту информацию, которая исключает избыточность, повторное введение и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.
4. Универсализация форматов обмена данными между программными комплексами различного назначения.

Технологическая характеристика современных систем информационного моделирования в строительстве представлена в таблице 1.

Проанализировав основные возможности имеющихся систем разработки информационных моделей, можно сделать вывод, что основной проблемой остается то, что в каждой из них создается своя особая модель, полноценная работа с которой возможна только в этой программе. Несмотря на то, что эти программы предлагают механизмы интеграции моделей на базе международных общепринятых форматов (IFC, XML, DXF-DWG, PDF), существует определенный ряд проблем.

Для решения этой задачи по мнению автора целесообразно использовать параметрическое проектирование

(или просто параметризацию), основанное на создании модели с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами [4]. Для хранения параметров элементов модели проектируется база данных, содержащая такую информацию:

Ig — геометрические параметры объектов (размеры, объем и т.д.);

If — физические параметры объектов (масса, материал, физические константы и т.д.);

Ia — присвоенные (атрибутивные) параметры объектов (имя, пересечение, маркировка, ГОСТ и т.д.).

Itp — топологические параметры объектов (описывают взаимосвязи между элементами);

It — временные параметры объектов.

Все данные можно представить в виде следующей совокупности:

$$IM = \{I_g, I_f, I_a, I_{tp}, I_t\}.$$

Параметрическая модель здания интегрирует трехмерную модель (геометрию и данные) и модель поведения элементов (историю изменений). На основе такой информационной модели формируется вся рабочая документация. Документация по модели при малейших изменениях обновляется автоматически. Согласованное изменение модели напоминает смену элементов таблицы, значение которых заданы формулами. Сами формулы позволяют автоматизировать вычисления, а системы параметрического моделирования зданий автоматизируют получение строительной документации [5].

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

Концепция информационной модели в строительстве базируется на создании и управлении точной и согласованной информацией в течение всего жизненного цикла возведения здания: от разработки концепции до сдачи объекта в эксплуатацию. Информационная модель основывается на идее физической модели и позволяет представлять ее отдельные элементы как в виде геометрических объектов, так и в информационном виде. Используя информационную модель, разработчик знает все эксплуатационные характеристики объекта еще до начала его строительства.

Предложенное в статье использование принципов параметризации в современных программных комплексах позволяет информационной модели быть инвариантной к меняющимся форматам различных программных комплексов. Результатом применения технологии параметризации информационной модели здания является точность и координация данных проекта, начиная от разработки концепции здания, до его возведения и сдачи в эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева А. Б. Актуальность использования технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства // Уральский научный вестник. 2019. Т. 3. № 2. С. 63–66.
2. Беляев А. В., Антипов С. С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 1. С. 65–72.
3. Кабанова Л. А., Коровкин М. О., Ерошкина Н. А., Саденко С. М., Лавров И. Ю. Научно-технические предпосылки и этапы развития информационного моделирования в строительстве // Теория. Практика. Инновации. 2019. № 1(37). С. 65–71.
4. Жейвот Э. Л. Экономические эффекты внедрения информационного моделирования в строительстве в условиях BIM-стандартизации // Проблемы научной мысли. 2018. Т. 2. № 1. С. 019–021.
5. Науменко К. В. Информационное моделирование в строительстве // News of Science and Education. 2018. Т. 4. № 4. С. 003–010.

© Мясников Алексей Георгиевич (grubus@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный строительный университет

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ ПОИСКЕ И ОБСЛЕДОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

AN ALGORITHM FOR PROCESSING INFORMATION FROM VARIOUS SEARCH ENGINES OF AN AUTONOMOUS UNINHABITED UNDERWATER VEHICLE DURING THE SEARCH AND EXAMINATION OF ARTIFICIAL EXTENDED OBJECTS

A. Sarukhanyan

Summary. In this paper, we present an algorithm for the integrated processing of heterogeneous information from various search engines of an autonomous uninhabited underwater vehicle during the search and examination of artificial extended objects.

Keywords: signal, radio waves, radio communications, information, algorithm, uninhabited underwater vehicle., Decameter wavelength range.

Саруханян Ара Искосович

Аспирант, Санкт-Петербургский Политехнический
Университет Петра Великого
ara2447@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлен алгоритм интегральной обработки разнородной информации от различных поисковых систем автономного необитаемого подводного аппарата при поиске и обследовании искусственных протяженных объектов.

Ключевые слова: Сигнал, радиоволны, радиосвязь, информация, алгоритм, необитаемый подводный аппарат, декаметровый диапазон волн.

Для решения проблемы организации связи с глобально удаленными подвижными объектами широко используются спутниковые системы связи из-за глобального охвата и высокой пропускной способности. Однако из-за низкой помехоустойчивости спутниковой радиолинии использование этого типа связи в некоторых случаях не рекомендуется.

Ввиду возможностей глобального перемещения объектов связи целесообразно использовать декаметровые волноводы для передачи информации на большие расстояния. Несмотря на недостатки коротковолновой радиосвязи (декаметр), которые на качество приема информации негативно влияют. Из-за различных типов ослабления сигнала в среде передачи перегрузка ленты сигналами от разных радиостанций в различных условиях занимает особое место в системе управления и связи. [6]

Это связано с рядом преимуществ, наиболее важными из которых являются:

- ◆ дистанционная связь без передачи (десятки тысяч километров);
- ◆ Стабильность в различных условиях радиообстановки (из-за климата, географии маршрута, наличия пассивных и активных помех и т. Д.)
- ◆ Эффективность восстановления связи в случае прерывания (выход из строя других средств связи: повреждение проводных линий связи или выход из строя спутника) [6].

В радиосвязи специального назначения радиосвязь ДКМ остается наиболее эффективным средством установления и поддержания связи в чрезвычайных ситуациях в районах стихийных бедствий и тому подобное.

При связи с глобально удаленными мобильными объектами в некоторых случаях большие объемы данных не требуются, что также предпочтительно для радиосвязи ДКМ по сравнению с другими типами связи. Однако при организации радиосвязи крайне важно повысить надежность передаваемой информации под влиянием

случайных и преднамеренных сбоев, поскольку в настоящее время они еще не полностью решены.

Задача периодической проверки (подводной) подводной связи во времени становится все более актуальной, что связано с увеличением количества линий связи и их протяженностью. Примером является проверка подводных трубопроводов и кабелей (в дальнейшем называемых искусственно вытянутыми предметами) на предмет повреждений или наличия посторонних предметов. Задача проверки включает в себя: поиск расширенного объекта, отслеживание (хранение фотодокументации), аудит окружающей среды объекта и мониторинг состояния окружающей среды. Как правило, для этой цели используются надводные корабли, водолазы, буксируемые и дистанционно управляемые подводные аппараты. Использование этих инструментов часто ограничено и приводит к увеличению стоимости инспекционных работ. Перспективным решением проблемы инспекции передачи подводных коммуникаций является использование автономных необитаемых подводных аппаратов в качестве «умного перевозчика» при съемке и съемке из-за возможности длительного пребывания под водой, дальности полета, маневренности и относительно низкого трудозатрат.

Автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) — это многофункциональный робот морского базирования, отвечающий за перемещение из одного района в другой, доставку полезной нагрузки и выполнение миссии в отдаленном районе.

По сравнению с использованием роботов наемного и воздушного базирования использование АНПА затруднено особенностями морской среды:

- ◆ отсутствие глобальной навигационной спутниковой системы;
- ◆ ограниченная гидропатическая связь из-за быстрого затухания звука в воде;
- ◆ Ограничение объема передаваемой информации в соответствии с греческим общением.

В последнее время, в связи с улучшением оборудования на АНПА, особенно аккумуляторов, появилась возможность отправки АНПА на несколько дней в автономном режиме навигации на сотни километров. В то же время открылась возможность решить необходимость решения ряда сопутствующих задач, сосредоточив внимание на прогнозировании ситуаций, в которых может произойти долгосрочный переход, в том числе нестандартный и аварийный. Это, в свою очередь, требовало улучшения всей системы посредством работы АНПА, а система управления (СУ) — АНПА. Так что на данный момент разработчики роботов переходят на современные технологии, одной из которых является многодорожная технология [7].

Конечно, переход на мультиагентную технологию помогает улучшить работу СУ АНПА. Однако это поднимает вопрос о надежности работы АНПА. Дело в том, что формирование многоагентной системы — это творческий процесс, здесь нет готовых шаблонов и алгоритмов, структуры многоагентной системы и взаимодействия агентов конкретной модели АСУ, ее возможностей, задач и т.д. Наряду с его архитектурой, он также определяется характеристиками программной реализации, которая также должна обеспечивать надежную работу программного обеспечения.

Подводная связь подразделяется в соответствии с вашим назначением на линии, информацию или связь по линиям электропередачи (включая питание) и копание (для прокладки трубопроводов и кабелей). Эти объекты имеют разные геометрические, оптические и электромагнитные свойства, но также и разными способами укладки (лежа на поверхности, полностью или частично заполненные).

В зависимости от пункта назначения, существуют общие и конкретные цели и обязанности инспекции. Общие задачи включают в себя: уточнение координат объекта инспекции, обнаружение повреждений и посторонних предметов, например тех, которые находятся на объекте и в окружающей его среде. Кроме того, для кабелей и трубопроводов необходимо обнаружение подвижек, провисов и промоин объекта; а также регистрация утечек транспортируемых веществ (только для трубопроводов).

Можно выделить следующие задачи, которые должен решать АНПА в процессе инспекции:

1. поиск протяженного объекта;
2. отслеживание ИПО с ведением фото-документирования;
3. контроль состояния параметров окружающей среды на всем протяжении залегания и обследование опасных мест (для трубопроводов);
4. съемка окрестности ИПО.

Алгоритм обнаружения протяженных объектов состоит из следующих основных этапов:

- ◆ Предварительная обработка данных (фильтрация);
- ◆ Создать акустическую карту рельефа морского дна;
- ◆ Выбор границ расширенного объекта и обнаружение расширенного объекта снизу.

Гидроакустическое изображение всегда содержит шум, связанный с ошибкой измерения амплитуды звуковой волны.

Для подавления шума необходимо использовать фильтр, который не изменяет значения точек на краях

объектов (даже очень тонких), но устраняет локальные крайности на изображении. Распознавание расширенного объекта производится на акустической карте местности со ссылкой на абсолютные координаты. Карта составляется путем вычисления пространственных координат пикселей акустического изображения (с учетом вычисленного положения АНПА, расстояния пикселей от антенн ГБО и положения самих антенн на борту АНПА). Обнаружение ИПО происходит на границах (уровни серого), которые, в свою очередь, определяются размером и направлением градиента. Для оценки частных производных градиента предлагается использовать оператор Шарра, который, как показали эксперименты, дает наилучший результат (по сравнению с операторами Собеля и Превита) при определении направления градиента. Проекция акустического изображения ГБО на поверхность земли имеет неравномерную решетку, поэтому расчет градиента производится с учетом скорости подводного робота и горизонтального смещения точек относительно АНПА. Кроме того, априорная информация о направлении тестового объекта и динамических характеристиках АНПА используется для выделения пределов требуемого ИПО.

Таким образом, представленный алгоритм обработки данных поисковых систем АНПА, состоит из двух основных этапов:

1. Обработка данных о наличии и местонахождении исследуемого объекта из всех бортовых систем идентификации, их предварительная фильтрация (на основе априорной информации о местонахождении и направлении ИПО) и объединение этих данных в единый формат;
2. Комплексная обработка полученных данных вместе с информацией из бортовой навигационной системы и построение общего изображения местоположения расширенного объекта (генерация карты вероятности местоположения IPO).

Для определения наличия и координат инспектируемого объекта вблизи АНПА было предложено использовать не только текущие, но и ранее полученные данные из систем распознавания, а также априорную информацию о местоположении и направлении ИПО.

Многочувствительная эхолокационная система. АНПА оснащены эхолокационными средствами дальномера для организации движения и сбора информации вблизи грунта. Текущие данные акустических дальнометров содержат неполную информацию о форме окружающих объектов. Чтобы получить трехмерное изображение, эти данные объединяются с координатами среды во время измерения расстояния. Разработанный алгоритм распознавания расширенного объекта состоит из двух этапов:

1. На основе информации от гидролокатора и навигационной системы АНПА создана модель среды подводного робота. Задача идентификации проверяемого объекта сводится к задаче трехмерного распознавания акустически видимой части объекта на фоне дна.
2. Априорно известную форму ИПО сравнивают с формой исследуемой части грунта, используя алгоритм, основанный на нечеткой логике. Определяется вероятность обнаружения объекта в исследуемой части поверхности пола, а также взаимное расположение АНПА и объекта исследования.

Основой рельефной модели является описание земной поверхности с использованием параметрической векторной функции (зависимость координат точек рельефа от номера дальномера и времени измерения расстояния), с информацией о сложном рельефе и другие объекты, которые могут быть описаны с использованием карты высот (например, конвейер). Координаты точек разгрузки рассчитываются на основе данных навигационной системы АНПА, известных положение антенн системы эхолокации на борту устройства и их измеренные значения. Предполагается, что форма его поперечного сечения четко идентифицирует исследуемый объект, так что вы можете определить нечеткие значения «Поверхность 1» и «Не поверхность 2» для всех откликов в диапазоне ИПО. Чтобы обнаружить объект, достаточно найти точку на его поверхности, которая лежит над продольной осью ИПО. Суть алгоритма идентификации заключается в том, что за каждый новый ответ гипотеза принадлежности к верхнему краю искомого объекта принимается во внимание.

Оценка существования протяженного объекта в данной точке рассчитывается исходя из следующих нечетких правил:

1. Оценка существования искомого объекта в точке тем выше, чем больше точек окружения принадлежит его поверхности.
2. Чем больше точек окружения лежат там, где они не могут находиться (внутри объекта, непосредственно под ним и т.д.), тем оценка существования объекта в данной точке ниже.

Расчет значений показателя наличия ИПО v_0 в некоторой точке рельефа дна $[X_0; Y_0; Z_0]$ производится следующим образом:

$$v_0 = \sum_{t=t_0}^{t_0-\Delta\tau} \sum_{s=1}^S (V_1 * \mu_1(\Delta x(t, s), \Delta z(t, s)) - V_2 * \mu_2(\Delta x(t, s), \Delta z(t, s)))$$

где $x(t, s)$ и $z(t, s)$ — координаты проекций точек поверхности дна на плоскость с центром координат в точке $[X0; Y0; Z0]T$ и нормалью направленной вдоль объекта инспекции (x — ось вправо, z — вверх);

t — интервал времени из которого выбираются точки окружения;

S — количество акустических дальномеров,
 V_1, V_2 — веса функций принадлежности.

Особенностью разработанного алгоритма идентификации является то, что функции принадлежности могут быть сформированы для любого объекта формы. Таким образом, можно обнаружить такие протяженные объекты, как трубопровод (включая некруглое поперечное сечение) или желоб. Описание нужного объекта может быть дано как аналитически (для объектов простой формы), так и в табличной форме (в виде диаграмм функций принадлежности).

Результаты моделирования показали, что системы локализации эха с десятью или более лучами позволяют идентифицировать протяженный объект (с поперечным сечением от 0,5 до 2 м), независимо от относительной ориентации. Вероятность обнаружения даже частично скрытого объекта проверки составляет более 85%. Результаты моделирования подтверждают возможность использования алгоритма в контроле для решения проблемы осмотра подводных трубопроводов и других протяженных объектов со значительным поперечным сечением.

В настоящее время для организации связи с мобильными удаленными объектами основными видами связи следует считать ДКМ, СДВ и спутниковые радиолинии, обеспечивающие возможность передачи информации на большие расстояния (тысячи километров). Различные типы приема разнесенного сигнала являются специальными мерами для уменьшения глубины замирания сигнала.

По ряду причин, основными из которых являются: очереди на обслуживание на приемных РЦ, выбор тракта доведения на каждом пути от удаленных РЦ до ЦСОИ, общее время поступления сообщений для обработки может быть различным. Использование на всех участках доведения сообщений до ЦСОИ высокоскоростных ма-

гистральных линий затруднительно ввиду ряда причин, основной является географический фактор. Однако, каждая линия связи может использовать высокоскоростные «вставки» в составе тракта (составной канал).

В зависимости от тракта доведения на каждом пути от удаленных РЦ возникают различные задержки. В связи с этим для предотвращения потерь сообщений, на приемных РЦ и ЦСОИ требуется устройство для хранения сообщений, ожидающих обработку.

Общее время с момента передачи сообщения до поступления получателю $T_{зад}$, определяется как:

$$T_{зад} = t_{распр} + t_{анн.обр.} + t_{СК} + t_{оч}$$

где $T_{зад}$ — суммарная задержка времени с момента передачи до поступления сообщения получателю

$t_{распр}$ — задержка времени при распространении волны в ионосфере.

$t_{анн.обр.}$ — аппаратные задержки при обработке

$t_{СК}$ — задержка времени при доведении информации от РЦ до ЦСОИ по «составному каналу»

$t_{оч}$ — время нахождения сообщений в очереди

Временем распространения в ионосфере и аппаратными задержками, при расчете $T_{зад}$ можно пренебречь [11], следовательно величина суммарной задержки будет определяться временем нахождения сообщения в очереди при обработке на РЦ и временем определяемом в соответствии с задержкой в тракте доведения до ЦСОИ.

Как правило, системы массового обслуживания (СМО) используются для моделирования процессов обработки и передачи информации в системах связи. Предполагается, что законы распределения случайных величин, характеризующих процессы, известны. Прежде всего необходимо определить вероятностно-временные характеристики случайных процессов (заявки поступают в случайные моменты времени).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учеб. для вузов / С. И. Баскаков. — М.: КД Либроком, 2015. — 416 с.
2. Будко, П. А. Комплексное использование разнородных каналов связи для управления робототехническими комплексами на базе единой системы радиомониторинга [Текст]: материалы международ. науч. конференции / Будко, П.А., Жуков Г. А. — Научно-технические технологии в космических исследованиях Земли. 2017., Т. 9. № 1, стр. 18–41
3. Головин, О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи [Текст]: учеб. для вузов / Головин О. В., Простов С. П. — М.: Горячая линия— Телеком, 2006. — 598с.

4. Долуханов, М. П. Распространение радиоволн [Текст]: учеб. для вузов / Долуханов М. П. — М., «Связь», 1972. — 336 с.
5. Кураев, А. А. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учеб. для вузов / А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. К. Синицын. — М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. — 424 с.
6. Муромцев, Д. Ю. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учебное пособие, доп / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов. — СПб.: Лань, 2014. — 448 с.
7. Маненков В. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: Конспект лекций/ АГТУ.— Астрахань, 2004.
8. Мартынова Л. А. Алгоритмы, реализуемые интегрированной системой управления АНПА / Мартынова Л. А., Машошин А. И., Пашкевич И. В., Соколов А. И. / Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 1(162). С. 50–58.
9. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. — М.: КД Либроком, 2014. — 544 с.
10. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. — М.: КД Либроком, 2017. — 544 с.
11. Петров, Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: [Текст]: учебник для вузов / Б. М. Петров. — М.: Горячая линия -Телеком, 2014. — 558 с.
12. Ржевский Г. А., Скобелев П. О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. — Самара: Офорт, 2015. — 290 с
13. Сомов, А. М. Распространение радиоволн и антенны спутниковых систем связи: [Текст]: учебное пособие для вузов / А. М. Сомов. — М.: РиС, 2015. — 456 с.
14. Старостин, Н. Распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / Н. Старостин. — М.: Гелиос АРВ, 2010. — 264 с.
15. Юндин, М. А. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / М. А. Юндин, А. М. Королев. — СПб.: Лань, 2014. — 448 с.
16. Яковлев, О. И. Распространение радиоволн [Текст]: учебное пособие / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов и др. — М.: Ленанд, 2016. — 496 с.

© Саруханян Ара Искосович (ara2447@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭТИМИ ПРОЦЕССАМИ

ANALYSIS OF PROCESSES
OF TRANSPORTATION AND STORAGE
OF CHEMICALLY HAZARDOUS
SUBSTANCES AND APPLICATION
OF PATTERN RECOGNITION
METHOD TO SOLVE THE PROBLEM
OF MANAGEMENT OF THESE
PROCESSES

N. Smirnova

Summary. The article considers the current situation with the control of technological processes of production of chemically hazardous substances and proposes the use of methods used to solve problems in the storage and transportation of such substances. Conditions of occurrence of accidents in similar productions and ways of the organization of emergency systems, and also possibility of their development by introduction of a control system of industrial safety are considered. The article also provides methods for determining the occurrence of accidents during storage of various chemically hazardous substances with the help of various sensors, also described in the work. The requirements for such a control system are further formulated and an example of such a system used in the production of chemically hazardous substances is given. Ways of development of this system for its application at storage and transportation of chemically dangerous substances are defined. It is proposed to use methods of pattern recognition to determine emergency situations.

Keywords: recognition, analysis, method, algorithm.

Смирнова Наталья Борисовна

*Аспирант, Севастопольский государственный университет
natalinichka@gmail.com*

Аннотация. В статье рассматривается текущая ситуация с управлением технологическими процессами производства химически опасных веществ и предложено применение используемых методов решения проблем при хранении и транспортировке таких веществ. Рассмотрены условия возникновения аварий в подобных производствах и пути организации противоаварийных систем, а также возможность их развития путем внедрения системы управления промышленной безопасностью. В статье также приводятся способы определения возникновения аварийных ситуаций при хранении различных химически опасных веществ при помощи различных датчиков, также описанных в работе. Далее формулируются требования к такой системе управления и приводится пример такой системы, используемой при производстве химически опасных веществ. Определены пути развития этой системы для ее применения при хранении и транспортировке химически опасных веществ. Предложено использовать методы распознавания образов для определения аварийных ситуаций.

Ключевые слова: распознавание, анализ, метод, алгоритм.

В настоящее время существует довольно много литературы, посвященной различным аспектам управления производственными процессами, например, в работе [1] рассматриваются проблемы управления технологическими процессами производства химически-опасных веществ. В данной статье рассматриваются ситуации, возникающие при хранении и транспортировке таких веществ, и слабо освещенные в литературе. К решению проблем управления процессами производства, транспортировки и хранения применяются различные подходы, однако, при хранении и транспортировке таких веществ возникают трудности, которые могут преодолеваются похожими методами. Ко-

нечно же существуют свои особенности, но, тем не менее, сами подходы оказываются вполне работоспособными. В данной работе предлагается проанализировать текущую ситуацию с хранением и перевозкой химически-опасных веществ.

Вещества и их компоненты поставляются в различной таре (мешки, фляги). Исходя из условий технологического процесса, на заводе это все неоднократно перемещается, переключается, несколько раз отбирают пробы для анализа. Все это сопровождается транспортировкой, тряской и т.д. В результате 90% аварий (горение, взрыв и т.д.) происходит при выполнении подобных операций.

В общем объеме операций технологического процесса подобных дополнительных операций около 60%. Также надо учитывать, что вещества хранятся на складах с большой площадью, поэтому проблема даже с одной емкостью для хранения может привести к потере большого количества веществ. Аварии на предприятиях характеризуются высокой скоростью развития аварийной ситуации и практически мгновенным выделением большого количества энергии, приводящей к разрушительным последствиям [2]. Существующие системы противопожарной защиты, размещенные в цехах, не способны среагировать за столь короткое время и локализовать аварию на ранних стадиях и не допустить развития аварийных последствий. Каких-либо современных средств локализации нет, поэтому единственным способом предотвращения аварий является постоянная фиксация критических параметров материалов непосредственно в контейнерах, где они хранятся и транспортируются. Оборудование таких контейнеров индивидуальными системами подавления взрыва сокращает убытки от будущих аварий, исключает жертвы и дает возможность повторного использования «спасенного» материала в контейнере.

Необходимо для каждого компонента иметь свой собственный индивидуальный контейнер с системой контроля параметров внутри него (температура, давление или объем газовыделения в процессе хранения). Объем контейнера определяется для каждого компонента индивидуально в зависимости от потребностей, т.е. от его концентрации в смеси. Установлено, что безопасность хранения и транспортировки всех этих компонентов характеризуют такие показатели, как температура T_m и давление в контейнере (или если продукт в мешке, то давление на этот мешок). При определенных температурах, которые индивидуальны для каждого компонента, а также при различных механических нагрузках или вибрациях начинается разложение компонента, переходящее в горение или взрыв. Для большинства компонентов определены те статические и динамические характеристики, которые нельзя превышать — это граничные критические условия. Задача системы управления — не допустить достижения критических значений этих параметров (т.е. порог срабатывания системы подавления взрыва устанавливается, например, на 10 градусов ниже его критического значения). Дальнейшая польза систем подавления взрывов заключается в том, что они могут также устанавливаться для горючих продуктов с токсическими свойствами и могут быть использованы независимо от расположения оборудования.

Основная задача — фиксация первичной информации, поступающей с определенным шагом опроса непосредственно с датчиков температуры или давления, которые будут установлены в контейнерах. Затем эта

информация сравнивается с заданными критическими значениями и, в случае превышения допустимого порога, система должна выдать команду исполнительному устройству на локализацию очага разложения или горения компонента.

Система управления должна уметь получать и перерабатывать большой объем оперативной, аналитической и расчетной информации по свойствам компонентов и степени их опасности (токсичности и т.д.). Т.е. оператор может вручную внести в таблицу необходимую информацию о компоненте. Вводимая информация включает следующие данные: наименование компонента, производитель, масса, срок хранения, химический состав, а также экспериментальные данные по термораспаду и критические параметры теплового самовоспламенения ($d_{кр}$, $\tau_{инд}$, $T_{кр}$) и т.д.

Новейшей разработкой при обнаружении взрыва является использование комбинации детекторов, т.е. мультисенсор, в котором используются два или три сенсора в одном твердом корпусе. Уникальная логическая система оценки и принятия решения обеспечивает высокую безопасность обнаружения и отчетливое отличие между нарастанием давления при взрыве и изменениями давления, обусловленными процессами. С помощью динамической измерительной системы мультисенсоров распознаются опасные подъемы давления, обнаруживаются пламена, сообщается об изменениях температуры и обеспечивается немедленная реакция, если превышаются критические параметры. Логическая комбинация двух критериев активации, например, давления и скорости нарастания давления, давления и пламени, давления и температуры позволяет делать селективное обнаружение взрыва в защищенном оборудовании.

Следующим уровнем в обеспечении промышленной безопасности на производствах химически опасных веществ является внедрение программно-технологических комплексов, позволяющих осуществлять дистанционный контроль за состоянием технологических установок на объекте и параметрами технологического процесса в режиме реального времени.

Создание программно-технологического комплекса системы управления промышленной безопасностью (ПТК СУПБ) на производстве боеприпасов и спецхимии необходимо для внедрения эффективной системы предупреждения возникновения, локализации и ликвидации последствий аварий и инцидентов.

ПТК СУПБ является неотъемлемой и важной частью системы управления промышленной безопасностью предприятия, и позволяет значительно повысить эффективность и действенность ее работы.

В производстве уже используется подобная система, но для транспортировки и хранения она не работает.

Система обеспечивает выполнение следующих задач:

- ◆ ввод/вывод данных;
- ◆ проверка данных, сравнение их с допустимыми пределами и отображение тревог;
- ◆ сбор и регистрация информации, отображение истории процесса в реальном времени или ретроспективе;
- ◆ генерация отчётов по истечении определённого времени, возникновению определённого события или по запросу оператора.

Отчёты могут выводиться на монитор и принтер, в файл и базу данных в любом удобном для пользователя формате. Отчёт включает оперативную и накапливаемую информацию, результаты математических вычислений, графики и комментарии для оператора.

Возникновение критической ситуации фиксируется ПТК на основании сигналов датчиков, данных о состоянии технологического оборудования, данных о выходе параметров ТП за предупредительные или граничные значения, ввода оператором в ПТК информации о возникновении ситуации.

Информационные потоки от технологического и контроллерного оборудования обрабатываются и накапливаются в базе данных также с целью автоматизированного контроля работы оборудования и принятия своевременных мер по предотвращению аварийных ситуаций при отказах.

Развитие системы требует решения двух принципиальных задач для интеллектуализации системы управления:

1. Путём создания и внедрения новых специализированных автоматических датчиков и измерителей, дающих постоянную информацию о ходе дополнительных операций технологического процесса и критериях его эффективности — безопасности, качества и производительности,

должна быть достигнута максимальная степень автоматизации функций контроля параметров как информационной основы АСУТП;

2. Благодаря целенаправленной детальной идентификации объекта автоматизации и разработке на этой основе адекватного прикладного математического, алгоритмического и программного обеспечения, в системе должны быть реализованы с помощью современного ПТК принципиально новые и специфичные функции системы управления:

- ◆ количественный расчёт и выбор оптимальных технологических режимов аппаратов;
- ◆ автоматическое прогнозирование, идентификация (распознавание) и своевременное устранение опасных и критических технологических ситуаций путём одновременного связанного регулирования параметров безопасности;
- ◆ автоматическое прогнозирование и регулирование показателей качества готовых изделий;
- ◆ автоматическое согласование материальных потоков между технологическими аппаратами, синхронизация их работы и регулирование производительности технологической линии в целом;
- ◆ автоматическое многоцелевое оптимальное управление техпроцессом в режиме реального времени одновременно по трём критериям в соответствии с целевой функцией — достижение максимальной производительности при обеспечении безопасности и качества.

Взрывы возможны не только при критических значениях отдельных параметров, но и при некоторых некритических по отдельности сочетаниях. При этом это не какие-то конкретные значения, а некоторые функции. В связи с этим, представляется перспективным применение теории распознавания образов согласно методике, рассмотренной в работе [4], для распознавания подобных сочетаний или, иными словами, взрывоопасных ситуаций, когда действия должны быть крайне быстрыми и нет времени на принятие решения человеком-оператором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюрин О. Г., Кальницкий В. С., доклад на конференции ПТА-2010
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, утверждены Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, 11.03.2013
3. Дементьева Д.И., Кононов И. С., Мамашев Р.Г., Харитонов В. А. Введение в технологию энергонасыщенных материалов // Учебное пособие — Издательство Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова, 2009.
4. Горелик А.Л., Гуревич И. Б., Скрипкин В. А. Современное состояние проблемы распознавания. Некоторые аспекты — М.: Радио и связь, 1985. — 160с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТУИЦИИ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

MODELING INTUITION BY NEURAL NETWORKS

Sun Xilong

Summary. At present, neural networks are an exact means of automation, however, such accuracy depends on the degree of "training" of the network and the degree of training of its "intuition". In this article, we will consider modeling the "intuition" of a neural network in order to create networks with a high degree of training for quick decision-making regarding various phenomena.

Keywords: neural networks, intuition, machine learning, programming.

Сунь Силун

Аспирант, Кубанский государственный

университет

sasha.7s@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время нейронные сети представляют собой точное средство автоматизации, однако такая точность зависит от степени «обученности» сети и степени обученности ее «интуиции». В настоящей статье будет рассмотрено моделирование «интуиции» нейронной сети с целью создания высокой степени обученности сети для быстрого принятия решений относительно того или иного явления.

Ключевые слова: нейронные сети, интуиция, машинное обучение, программирование.

Искусственные нейронные сети (ИНС) имитируют мозг человека при обработке входных сигналов и преобразуют их в выходные сигналы. Она обеспечивает мощный алгоритм моделирования, который учитывает нелинейность между характеристическими переменными и выходными сигналами. ИНС — это своего рода метод непараметрического моделирования, который подходит для сложного явления, когда исследователи не знают основных функций [6]. Другими словами, ИНС может извлекать уроки из данных без конкретных предположений относительно функций.

Основная идея всех нейронных сетей заключается в следующем: каждый нейрон в нейронной сети принимает *решение*. Необходимо понять, как нейронная система принимает решение, тем самым развивая «искусственную интуицию».

Допустим, вы пытаетесь решить, стоит ли носить шляпу сегодня. Есть ряд факторов, которые повлияют на ваше решение, и, возможно, наиболее важными из них являются:

- ◆ Солнечно ли на улице?
- ◆ Нужно ли носить шляпу?
- ◆ Подойдет ли шляпа моему костюму?

Для простоты предположим, что это единственные три фактора, которые учитываются при принятии этого решения. Забудем на секунду о нейронных сетях и просто попробуем создать «программу, принимающую решение», чтобы помочь нам ответить на этот вопрос.

Во-первых, становится понятно, что каждый вопрос имеет определенный уровень важности, и поэтому нам нужно использовать эту относительную важность каж-

дого вопроса вместе с соответствующим ответом на каждый вопрос, чтобы принять решение.

Во-вторых, нам потребуется некоторый компонент, который интерпретирует каждый (да или нет) ответ вместе с его важностью для получения окончательного ответа. Звучит достаточно просто, чтобы составить уравнение, верно? Давай сделаем это. Мы просто решаем, насколько важен каждый фактор, и умножаем эту важность (или «переменную») на ответ на вопрос (который может быть 0 или 1):

$$3a + 5b + 2c > 6$$

Числа 3, 5 и 2 являются «переменными» вопросов a, b и c соответственно. a, b и c сами могут быть либо «0» (ответом на вопрос был «нет»), либо «1» (ответом на вопрос было «да»). Если приведенное выше уравнение верно, то решение состоит в том, чтобы носить шляпу, и если оно неверно, решение не носить шляпу. Уравнение говорит, что мы будем носить шляпу, только если сумма переменных, умноженная на *факторы*, больше некоторого *порогового значения*. Пороговым значением было выбрано «6». Если вы думаете об этом, это означает, что, если шляпы нет (b = 0), независимо от того, каковы другие ответы, шляпа не будет надета. То есть,

$$3a + 2c > 6$$

Никогда не верно, так как a и c только 0 или 1. Это имеет смысл — наша простая модель решения говорит нам не носить шляпу, если ее вовсе нет. Таким образом, веса 3, 5 и 2, а также пороговое значение 6 кажутся хорошим выбором для нашего простого лица, принимающего решение «я должен носить шляпу». Это также озна-

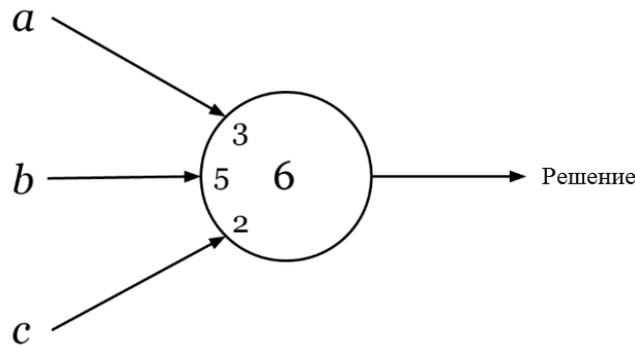


Рис. 1. Нейрон, который обрабатывает 3 фактора: a, b, c, с соответствующими весами важности 3, 5, 2 и с порогом принятия решения 6.

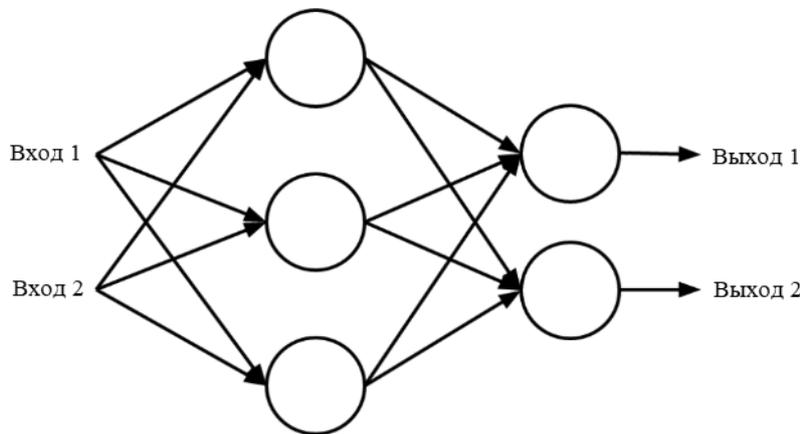


Рис. 2. Простая нейронная сеть с 2 входами и 2 выходами.

чает, что до тех пор, пока есть шляпа, на улице солнечно ($a = 1$) ИЛИ шляпа подходит для костюма ($c = 1$). Этого достаточно, чтобы надеть шляпу

То есть,

$$5 + 3 > 6 \text{ и } 5 + 2 > 6$$

Оба верны. Можно заметить, что, регулируя переменную каждого фактора и пороговое значение и добавляя больше факторов, мы можем настроить «программу, принимающую решение» таким образом, чтобы приблизительно моделировать любой процесс принятия решений.

Попробуем изобразить приведенное выше уравнение в «нейрон-форму»:

Нейрон имеет 3 входных соединения (факторы) и 1 выходное соединение (решение). Каждое входное соединение имеет коэффициент, который преобразует важность этого соединения. Если важность этого соединения низкая, то оно не окажет большого влияния на ре-

шение. Если оно высокое, решение будет сильно зависеть именно от этого соединения.

В результате получился работающий нейрон, который «взвешивает» входные данные и принимает решения. Что, если вывод (наше решение) был подан на вход другого нейрона? Этот нейрон будет использовать решение шляпе, чтобы принять *более абстрактное* решение. А что, если входы a, b и c сами являются выходами других нейронов, которые вычисляют решения более низкого уровня? Становится понятно, что нейронные сети можно интерпретировать как сети, которые вычисляют *решения о решениях*, начиная от простых исходных данных и заканчивая более сложными «мета-решениями» [5].

Ниже приведена схема простой нейронной сети, которая, по существу, имеет 3 уровня абстракции:

В качестве примера, вышеуказанные входы могут быть 2 инфракрасными датчиками расстояния, а выходы могут контролировать управление включением/выключением переключателя для 2-х двигателей, которые приводят в движение колеса робота.

В простом примере с шляпой можно довольно легко менять переменные, но как мы можем выбрать переменные и входную информацию, чтобы, скажем, робот мог следить за движением вещей? И как мы узнаем, сколько нейронов нам нужно, чтобы решить эту проблему? Можем ли мы решить это с помощью всего 1 нейрона, может быть, 2? Или нам нужно 20? И как мы их организуем? В слоях? Модулях? Такие методы, как «обратное распространение» и (совсем недавно) «нейроэволюция», эффективно используются для ответа на некоторые из этих тревожных вопросов.

ИНС работает очень похоже на человеческий мозг. По своей структуре мозг человека состоит из нейронов, и в головном мозге человека насчитывается около 85 миллиардов нейронов. Дендриты нейрона получают входные сигналы от стимуляции окружающей среды или восходящих нейронов. Сигнал обрабатывается в теле ячейки и передается по аксону на выходной нейрон. Выходной сигнал может быть получен нисходящими нейронами или функциональными органами, такими как мышцы, для осуществления реакции. Единственный искусственный нейрон работает аналогичным образом. Функциональные переменные, также известные как предикторы, входные переменные и ковариаты, являются входными сигналами, которые предоставляют информацию для распознавания образов. Каждая переменная «взвешивается» в соответствии с ее важностью. Эта работа выполняется дендритами в биологической нервной системе. Обработанные сигналы суммируются и обрабатываются функцией активации. Процедура обработки сигнала может быть математически выражена как [4]:

$$y(x) = \Phi\left(\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i\right)$$

где y — выходной сигнал, $\Phi()$ — функция активации, x — входные переменные и w — важность, присвоенная каждой входной переменной. Предположим, что есть n входных переменных. Чтобы лучше понять ИНС, ее можно сравнить с регрессионной моделью. Каждая входная переменная аналогична предикторам регрессионной модели. Важность является фактическим коэффициентом для каждого предиктора.

В топологии ИНС входные узлы получают переменные функции из необработанных данных, а выходной узел применяет функцию активации к объединенной информации из входных узлов. Узлы расположены в слоях [3]. Например, все входные узлы составляют один слой. Если сеть содержит только входные и выходные узлы, она называется однослойной сетью или единицами пропускаемого уровня. Такая сеть обычно используется для простой классификации, в которой шаблон результатов является линейно отделимым. Более сложную задачу следует выполнять с многослойной сетью, которая добавляет один или несколько скрытых слоев в однослойную сеть.

Обучение ИНС можно легко выполнить с помощью функции `nnet()`. Определенное количество информации разделена на обучающие и тестовые наборы. Поскольку наблюдения в данных расположены случайным образом, первые 700 случаев используются в качестве обучающего набора, а остальные 300 используются в качестве тестового набора.

```
> train<-data[1:700,]
> test<-data[701:1000,]
```

До настоящего времени данные хорошо подготовлены для обучения ИНС. В большинстве ситуаций переменные функции должны быть обработаны перед передачей в функцию `nnet()`.

```
> annmod<-nnet(train[,-1],train[,1],size=6)
```

Приведенный выше код создал объект класса «`nnet`» и сохранен как `ANNmod`. Первый аргумент функции `nnet()` — это фрейм данных переменных функции, а второй аргумент — вектор переменной ответа. Аргумент размера определяет количество единиц в скрытом слое.

Функция визуализации ИНС не включена в пакет `nnet`. К счастью, есть функция `plot.nnet()`, которая очень сильна при построении нейронной сети. Это также позволяет настраивать график с различными переменными. Чтобы установить данный пакет в рабочее пространство, необходимо установить пакет `devtools`. Он содержит пакет разработки инструментов для R.

```
> install.packages("devtools")
> library(devtools)
> source_url("https://gist.githubusercontent.com/
Peque/41a9e20d6687f2f3108d/raw/85e14f3a292e126f14
54864427e3a189c2fe33f3/nnet_plot_update.r")
```

Функция «`plot.nnet()`» работает следующим образом.

```
> plot.nnet(annmod, alpha.val = 0.5, pos.col='green',neg.
col='red')
```

Первым аргументом функции является объект «`nnet`». Функциональность соединений определяется аргументом «`alpha.val`», значение которого находится в диапазоне от 0 до 1. Цвет положительных соединений определяется аргументом «`pos.col`», в данном случае зеленый. Точно так же отрицательные связи изображены красным цветом. Рисунок 3 — график ИНС, показывающий узлы и соединения сети. Есть два входных узла с именами `I1` и `I2`, которые передают информацию из переменных функций `x1` и `x2`. Важность присваивается каждому из соединений между входными узлами и скрытыми узлами. Зеленый и красный цвета представляют положительные и отрицательные переменные. `V1` — это смещение, применяе-

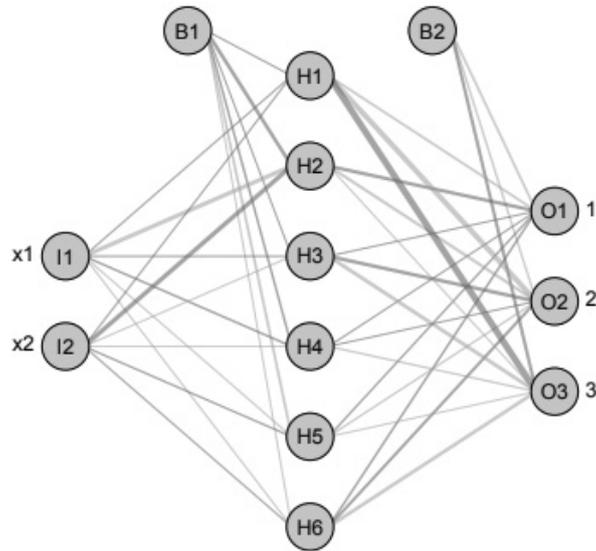


Рис. 3. График искусственных нейронных сетей, показывающий узлы и соединения сети. Есть два входных узла с именами I1 и I2, которые передают информацию из переменных функций x1 и x2. Зеленый и красный цвета представляют положительные и отрицательные переменные. B1 — это смещение, применяемое к скрытым нейронам.

мое к скрытым нейронам. Наконец, сигналы передаются на выходные нейроны, которые обозначены от O1 до O3.

Обучение ИНС — это только первый шаг. Более важной работой является прогнозирование будущих наблюдений с помощью обученной модели. Как и прогнозирование с другими моделями, функция predict() хорошо работает с ИНС [2]. Первый аргумент — это объект «nnet». Второй аргумент — это фрейм данных, содержащий переменные объекта. Поскольку переменная ответа в нашем примере является факторной переменной с тремя уровнями, тип вывода — «class».

```
> pred<-predict(annmod,test[,-1],type="class")
> table(test[,1],pred)
pred
      1      2      3
1     44     12     11
2      7    163     13
3     12     17     21
```

Чтобы проверить точность прогнозирования модели ИНС, я создал матрицу путаницы, как показано в выходных данных функции table (). Диагональ матрицы показывает правильно классифицированные числа. Кроме того, классификация модели ИНС может быть оценена с использованием precisionCal. Функция precisionCal () позволяет легко вычислить ряд средней точности, изменяя количество единиц в скрытом слое. В следующем синтаксисе функции передается число 30, которое, в свою очередь, возвращает ряд средних погрешностей для ИНС с числом скрытых единиц измерения в диапазоне от 1 до 30.

```
> accuracyCal<-function(N) {
  accuracy<-1
  for (x in 1:N) {
    annmod<-nnet(y~., data=train,
    size=x,trace=FALSE,maxit=200)
    pred<-predict(annmod,test[,-1],type="class")
    table<- table(test[,1],pred)
    if (ncol(table)==3) {
      table<-table
    }
    else {
      table<-cbind(table,c(0,0,0))
    }
    tp1<-table[1,1]
    tp2<-table[2,2]
    tp3<-table[3,3]
    tn1<-table[2,2]+table[2,3]+table[3,2]+table[3,3]
    tn2<-table[1,1]+table[1,3]+table[3,1]+table[3,3]
    tn3<-table[1,1]+table[1,2]+table[2,1]+table[2,2]
    fn1<-table[1,2]+table[1,3]
    fn2<-table[2,1]+table[2,3]
    fn3<-table[3,1]+table[3,2]
    fp1<-table[2,1]+table[3,1]
    fp2<-table[1,2]+table[3,2]
    fp3<-table[1,3]+table[2,3]
    accuracy<-c(accuracy, (((tp1+tn1)/
    (tp1+fn1+fp1+tn1))+((tp2+tn2)/
    (tp2+fn2+fp2+tn2))+((tp3+tn3)/(tp3+fn3+fp3+tn3)))/3)
  }
  return(accuracy[-1])
}
```

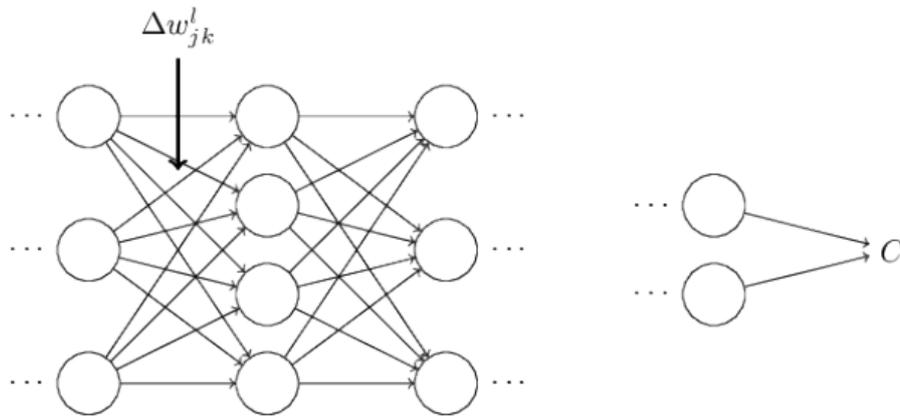


Рис. 4

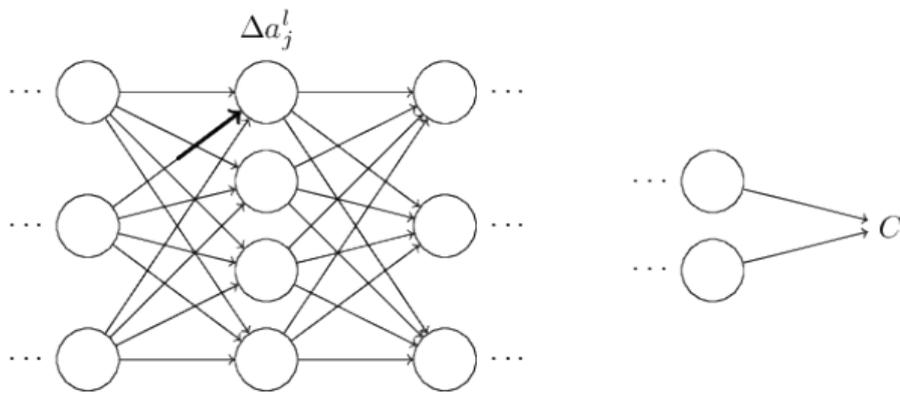


Рис. 5

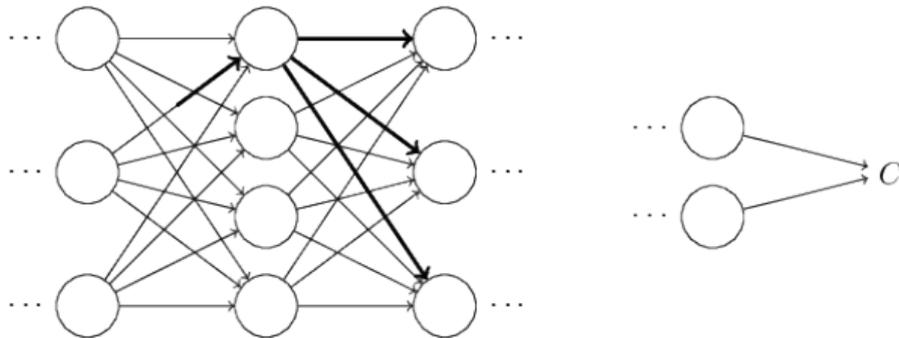


Рис.6

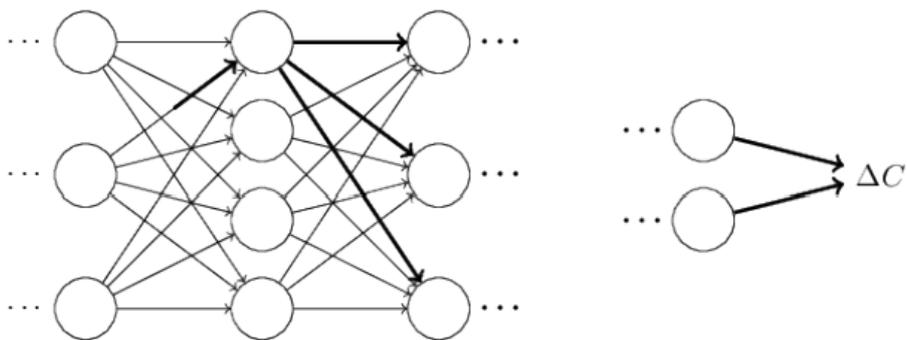


Рис.7

Обратное распространение — это основной механизм обучения нейронных сетей. Это своего рода программа, сообщающая сети, допустила ли она ошибку, когда сделала прогноз [1].

Распространение — это передача чего-либо (свет, звук, движение или информация) в определенном направлении или через определенную среду. Когда анализируется обратное распространение в машинном обучении, необходимо говорить о передаче информации, и эта информация относится к ошибке, вызванной нейронной сетью, когда она делает предположение о данных.

Чтобы улучшить «интуицию» алгоритма, необходимо представить, что мы внесли небольшое изменение « Δw^l_{jk} » в некоторый вес в сети, « w^l_{jk} » (рис. 4).

Это изменение в весе приведет к изменению активации выхода из соответствующего нейрона (рис. 5).

Это, в свою очередь, приведет к изменению всех активаций в следующем слое (рис. 6).

Эти изменения, в свою очередь, будут вызывать изменения на следующем слое, а затем на следующем и т.д. Вплоть до изменения конечного слоя, а затем сети в целом, формируя «интуицию» (рис. 7)

Изменение « ΔC » связано с изменением « Δw^l_{jk} » по уравнению:

$$\Delta C \approx \frac{\partial C}{\partial w^l_{jk}} \Delta w^l_{jk}.$$

Это говорит о том, что возможный подход к вычислению « $\partial C / \partial w^l_{jk}$ » заключается в тщательном отслеживании того, как небольшое изменение в w^l_{jk} распространяется, чтобы вызвать небольшое изменение в C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Basheer, Imad & Hajmeer, M.N. (2001). Artificial Neural Networks: Fundamentals, Computing, Design, and Application. Journal of microbiological methods. 43. 3–31. 10.1016/S0167-7012(00)00201-3.
2. Buscema, Massimo. (1998). Back Propagation Neural Networks. Substance use & misuse. 33. 233–70. 10.3109/10826089809115863.
3. O'Shea, Keiron & Nash, Ryan. (2015). An Introduction to Convolutional Neural Networks. ArXiv e-prints.
4. Schmidhuber, Juergen. (2014). Deep Learning in Neural Networks: An Overview. Neural Networks. 61. 10.1016/j.neunet.2014.09.003.
5. Горбачевская Елена Николаевна Классификация нейронных сетей // Вестник ВУиТ. 2012. № 2 (19).
6. Фаустова К. И. Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития // Территория науки. 2017. № 4.

© Сунь Силун (sasha.7s@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙНА АУДИОПРОДУКЦИИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ AUDACITY® С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА NYQUIST

Таран Василий Васильевич

К.культурологии, АНО ВО «Московский
международный университет», докторант ФГБУН
«Всероссийский институт научной и технической
информации РАН»
allscience@lenta.ru

PROJECT CONCEPTION OF AUDIO PRODUCTS IN AUDACITY® SOFTWARE ENVIRONMENT USING NYQUIST LANGUAGE

V. Taran

Summary. The problems of designing audio products in the free Audacity® software environment are considered. The approaches to solution of common and some specific problems arising when design and engineering of audio content by object-oriented and software methods are stated systematically. Technical analysis of major software components and modules intended for carrying out the simulated computer-aided audio material's design is performed on the basis of the author's engineering practice in the area of computer design. For more precise management of audio process operations special attention is paid to terminal capabilities of the program. Case studies and scenario features of built-in Nyquist programming language serving as a demonstration basis for the simulation approach to computer-aided design of audio products are presented and analyzed.

Keywords: design engineering of audio products, design engineering, technical stages of design engineering, Audacity® software environment, Nyquist programming language.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы проектирования аудиопродукции в открытой программной среде Audacity®. Систематически излагаются подходы к решению общих и некоторых частных проблем, возникающих при дизайн-проектировании аудиоматериала объектно-ориентированным и программным способами. На основе авторской инженерной практики компьютерного проектирования аудиопродукции проведен технический анализ наиболее важных программных компонентов и модулей, предполагаемых для проведения имитационного дизайн-проектирования аудиоматериала. Отдельное внимание уделяется терминальным возможностям программы в целях более точного управления процессами аудиообработки. Представлены и разобраны конкретные примеры и сценарные возможности встроенного языка программирования Nyquist, служащие демонстрационной основой в рамках имитационного подхода к компьютерному дизайн-проектированию аудиопродукции.

Ключевые слова: проектирование дизайна аудиопродукции, дизайн-проектирование, технические этапы дизайн-проектирования, программная среда Audacity®, язык программирования Nyquist.

В связи с появлением различных музыкальных жанров и стилей, а также активно развивающегося на интернет-платформе подкастинга, интернет-радиовещания и прочих областей так или иначе связанных с аудиопроизводством, становится актуальной проблема проектирования дизайна аудиопродукции. Информационно-коммуникационные технологии, передовые наработки компьютерных наук (в России и центральной Европе — Информатики)¹ и производные от них различные специализированные программные средства диктуют новые стандарты создания и обработки аудиокomпозиций. Трансформация старых музыкальных жанров, их

стилевой синтез и последующая постобработка фонограммы рождают совершенно новую аудиореальность.

Рынок продукции мультимедиа становится всё более насыщенным, изобретаются всё более изящные способы и подходы к производству аудиопродукции. Среди общепризнанных коммерческих разработок начинает расти конкуренция в области обработки звука, к примеру, программа WaveLab² от корпорации Steinberg

¹ Для более точного представления о терминологическом аппарате в области компьютерных наук и ИКТ, рекомендуется ознакомиться со статьёй: «Таран В. В. К вопросу о разграничении базовых понятий в контексте современного развития наук об информации / В. В. Таран // Меди@льманах МГУ. — 2014. — № 4. — С. 18–25».

² WaveLab — программный продукт компании Steinberg Media Technologies GmbH является профессиональным цифровым аудиоредактором широкого спектра действий, направленных на обработку аудиоматериала. Реализация концепции программы была предложена Филиппом Готье (Philippe Goutier). Распространяется на коммерческой основе. Подробнее о программе WaveLab в целом (и конкретно версии 4), а также некоторые технические рекомендации по использованию программы изложены в одноименной статье по адресу: www.web.archive.org/web/20150608220458/http://www.soundonsound.com/sos/may02/articles/wavelab4.asp (дата обращения: 29.05.2019).



Рис. 1. Логотип программы Audacity®. Графическая идея и название программы принадлежит Доминику Маццони (Dominic Mazzoni) и является зарегистрированной торговой маркой под его именем.

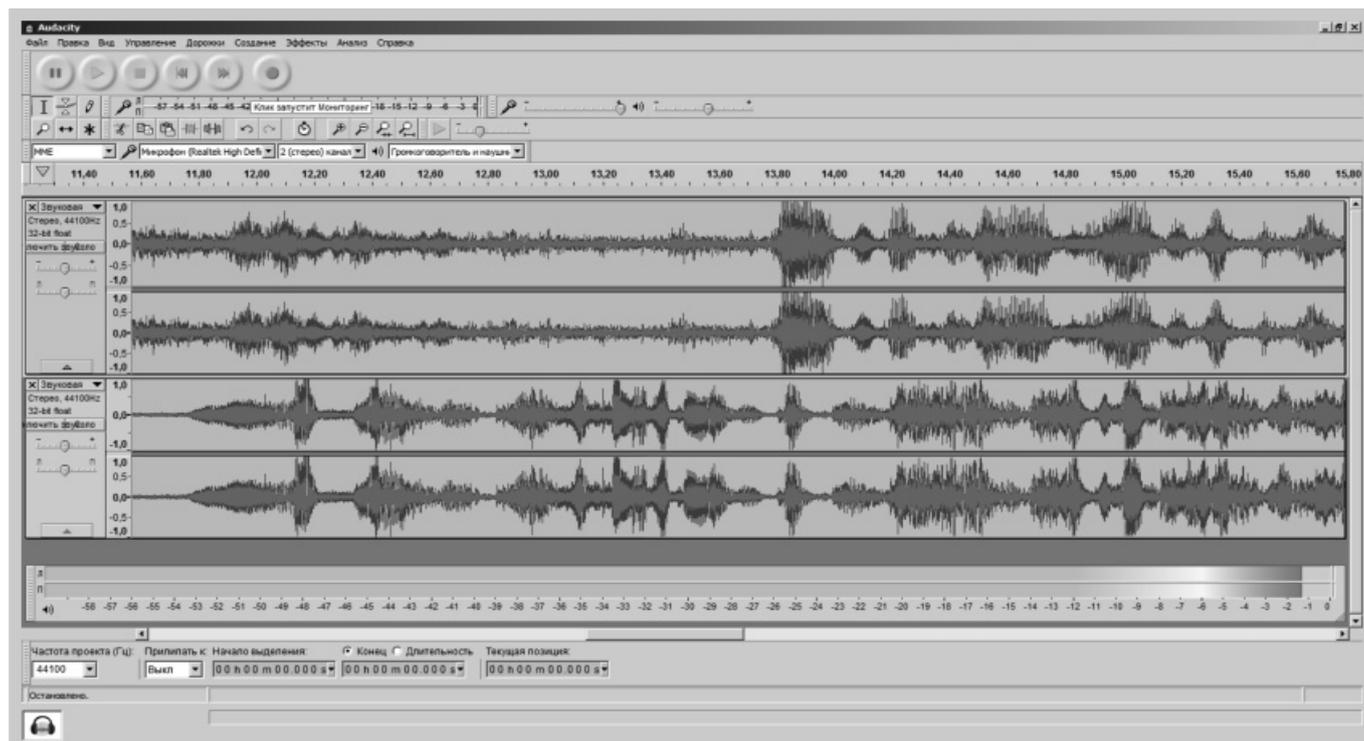


Рис. 2. Интерфейс программы Audacity® под управлением Microsoft Windows.

конкурирует с аналогичной коммерческой разработкой Soundforge от Sony¹. Конечно, программы такого типа заточены под определенные конкретные задачи, к тому же у них довольно большая требовательность к ресурсам компьютера.

Все немного иначе на рынке открытого свободно распространяемого программного обеспечения². Здесь

¹ Sound Forge — программный продукт компании Sony Creative Software, профессиональный цифровой редактор звука широкого профиля. В настоящее время является программным пакетом компании MAGIX Software. Распространяется на коммерческой основе. С более подробными характеристиками можно ознакомиться по адресу: www.magix.com/us/music/sound-forge/sound-forge-pro/ (дата обращения: 29.05.2019).

² Рынок свободно распространяемого программного обеспечения (условное понятие), характеризующее отдельный сектор мультимедийного рынка, на котором распространяется программная продукция открытого типа либо условно-открытого типа.

имеются очень достойные разработки, призванные решать широкий спектр задач, связанных с проектированием аудиопродукции и её редактированием. Одной из таких наиболее комплексных разработок является программа Audacity³. По нашему мнению, Audacity® – абсолютный лидер в области аудиопроизводства по нескольким причинам.

Во-первых, это открытое программное обеспечение, которое с виду может казаться весьма ограниченным в функциях. Но при детальном рассмотрении становится,

³ Audacity® — свободно распространяемая многофункциональная компьютерная программа для обработки, проектирования и финализации аудиоматериала. Наименование «Audacity» является зарегистрированной торговой маркой, логотип, позиционирование и начертательные элементы принадлежат Доминику Маццони (англ.: Dominic Mazzoni). Развитие программного продукта осуществляется командой «Audacity» (англ.: Audacity Team)

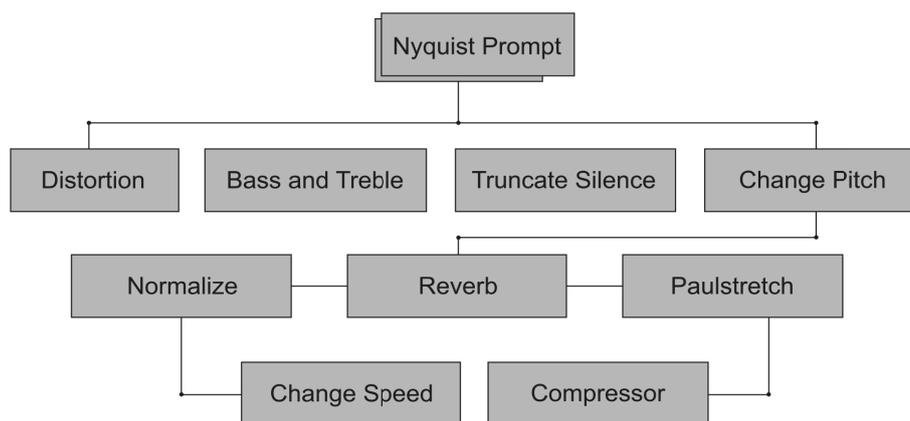


Рис. 3. Некоторые эффекты, управляемые командной оболочкой языка Nyquist, обрабатывающие аудиосигнал на одной секции.

очевидно, что это не так. Во-вторых, Audacity® — кросс-платформенное¹ программное обеспечение, поддерживающее различные операционные системы. В-третьих, по некоторым параметрам, к примеру, качество экспортируемой продукции Audacity® не то что не уступает, а превосходит аналогичные коммерческие продукты. В-четвертых, ядро программы Audacity® устроено таким образом, что его можно тонко подстроить под любые инженерные задачи и что самое важное — интегрировать с любыми приложениями. В-пятых, Audacity® имеет грамотно продуманный интерфейс именно с точки зрения работы над звуковым дизайном. Когда мы приводили первую причину лидерства Audacity® на рынке программного обеспечения в области постобработки аудио, то мы имели в виду встроенную поддержку языка Nyquist².

С нашей точки зрения, поддержка данного языка при проектировании аудиопродукции является очень важным решением, а местами и незаменимым. Реализация языка Nyquist позволяет устранять некоторые нюансы, которые (обычными) штатными средствами бывает очень трудно обойти. К тому же имеют место быть случаи, когда аудиопроект нуждается в уникальном (эксклюзивном) дизайне, но, увы, встроенных функций и эффектов по обработке звука здесь уже становится недостаточно.

Nyquist может реализовывать несколько функций одновременно, и с его помощью, возможно, сконструировать некую виртуальную программную карту об-

работки звука³. Карта, в свою очередь, может быть разделена на секции и подсекции. В каждой секции могут быть спрятаны эффекты как линейные, так и нелинейные, а в подсекциях параметры настроек каждой из них. Также карта обработки звука предполагает наложение нескольких эффектов на одну дорожку, в то время, как штатная база программы не предполагает таких опций. Итак, перед нами программная карта, которая интерактивно связана с отдельными секциями. При проектировании отдельных категорий звуковых файлов, например джинглов, часто приходится работать одновременно с несколькими программными эффектами, общей целью которых может быть более точная подстройка тонового баланса между каналами, локальная компрессия, расширение стереопанарамы и т.д. Вполне естественно, что для звукооператора необходимым условием при проектировании аудиопродукта любой сложности является точность контроля над всеми звуковыми нюансами, и именно здесь необходим линейный контроль над аудиодорожками.

Линейная обработка даёт возможность одновременного проигрывания большого числа аудиофрагментов и каждого из них по отдельности с наложением на них различных эффектов. Программа Audacity® обладает определенным спектром штатных эффектов, которые могут быть успешно применены при проектировании аудиоматериала разной направленности и разной степени сложности⁴.

¹ Кроссплатформенность программы выражается в её способности успешно адаптироваться к различным операционным системам, включая такие как MS Windows, Apple Mac, и GNU/Linux.

² Nyquist — специальный язык программирования, созданный с целью облегчить рутинные процедуры при выполнении обработки аудиоматериала, а также обеспечить оптимальное управление и контроль над различными штатными модулями обработки данных внутри самой программы.

³ Карта обработки звука — графическая (программная) карта расположения различных модулей обработки аудиоматериала, взаимодействующих между собой и по отдельности, призванная обеспечить визуальное сопровождение процессов аудиообработки и маршрутизацию действий при обработке аудио.

⁴ Эффекты перечислены в соответствии с поставленными в статье задачами по проектированию аудиоматериала на свободной программной платформе. Поэтому часть эффектов, которая не имеет отношения к данным вопросам либо имеет далекое к ним отношение, в статье не приводится.

Среди них: Amplify¹, Auto Duck², Bass and Treble³, Change Pitch⁴, Change Speed⁵, Change Tempo⁶, Classic Filters⁷, Click Removal⁸, Compressor⁹, Distortion¹⁰, Echo¹¹, Equalization¹², Fade (In)¹³, Fade (Out)¹⁴, Invert¹⁵, Noise Reduction¹⁶,

¹ Amplify — штатный модуль обработки аудиоданных, применяемый при процессах усиления общей амплитуды звуковой формы либо увеличения громкости на отдельных её участках. При обработке материала со смешанным содержанием может применяться как расширитель звукового давления. Функционирует по принципу подбора высоких частотных значений при увеличении мощности и объема звука, при понижении частотных значений (ослабляет) звуковую форму. Имеет возможность ввода собственных значений пиковой амплитуды, которые коррелируются со значениями изначально заданной громкости. Имеется автоматический контроль пиковых перегрузок. Усиление от -50,0дБ до 50,0дБ (пиковая амплитуда -51,9382дБ до 48,0618дБ).

² Auto Duck — эффект автоматического понижения амплитуды громкости. При проектировании часто применяется в области радиовещания, когда необходимо понизить громкость звуковой формы с целью наложения на неё дикторского голоса либо эффекта. Широко применяется в кинопроизводстве при озвучивании и дублировании аудиодорожки.

³ Bass and Treble — эффект регулировки нижних частот, отвечающих за бас (Bass), в основном ниже 1000 Гц и высоких частот (Treble), контролирующей звонкость звуковой формы, выше 1000 Гц. Громкость регулирует значения +/-30 дБ.

⁴ Change Pitch — эффект степени отклонения частоты и изменения звуковой формы, не затрагивающий области частот, отвечающие за темп аудиоформы и её скорость.

⁵ Change Speed — изменение скорости воспроизведения аудиоформы, при замедлении скорости воспроизведения общий диапазон частот становится ниже, при увеличении скорости соответственно — выше.

⁶ Change Tempo — эффект изменения темпа (общей продолжительности) аудиоматериала, не изменяющий степень отклонения частоты.

⁷ Classic Filters — частотные фильтры, моделирующие аналоговый эффект в цифровой обработке аудиоматериала, а также служащие средствами контроля и выполнения некоторых измерительных функций.

⁸ Click Removal — инженерный эффект, применяемый при обработке аудиозаписей, имеющих в спектральной составляющей щелчки, образуемые в результате статического электричества при перезаписи аудиоматериала с виниловых носителей.

⁹ Compressor — специальный эффект, используемый при обработке аудиоматериала для частотного выравнивания общей аудиоформы. Компрессор уменьшает динамический диапазон аудиоформы с целью дальнейшего его усиления, при этом, не искажая частоты. По сути, выделяет сигнал (его спектр) и контролирует диапазон.

¹⁰ Distortion — эффект для искажения аудиоформы. Алгоритм эффекта разрушает структуру аудиоформы и дает акустически-грязный эффект.

¹¹ Echo — эффект повторения фрагмента аудиоформы, задержка которого имеет фиксированный по времени интервал, определяемый степень повторяемости аудиофрагмента.

¹² Equalization — эффект-функция настройки нижних, средних и верхних частот в соответствии с тоновым аудиобалансом. Эффект позволяет управлять диапазоном частот, выравнивая каждый из них и приводя к соответствующим балансным значениям.

¹³ Fade In — эффект плавного нарастания звука. Использует степень плавного повышения звукового давления, тем самым изменяя амплитуду подъема аудиоформы.

¹⁴ Fade Out — эффект плавного снижения звука. Использует степень плавного снижения звукового давления, тем самым изменяя амплитуду спуска аудиоформы.

¹⁵ Invert — неразрушающий эффект отражения аудиоформы за счет полярности.

¹⁶ Noise Reduction — штатное средство подавления шума, понижает степень шума в полезном сигнале.

Normalize¹⁷, Nyquist Prompt¹⁸, Paulstretch¹⁹, Phaser²⁰, Repair²¹, Repeat²², Reverb²³, Reverse²⁴, Sliding Time Scale/Pitch-Shift²⁵, Truncate Silence²⁶, Wahwah²⁷. Все перечисленные эффекты могут быть органично вписаны в процессы производства аудиопродукции на этапе сведения и мастеринга дорожек. Для того чтобы было более понятно, в какой частотной области может быть применен каждый из эффектов, предлагаем представить данные в табличном виде (таблица 1).

Проектирование аудиопродукции является сложным этапом на пути к успешному внедрению конечного результата (финальная версия аудиопродукта). Для полного понимания процесса проектирования аудиопродукта необходимо на примере аудиоматериала разобрать последовательность действий, предпринимаемых для успешного достижения цели.

Самым важным проект-процессом на первом этапе является подбор аудиоматериала. Как и любой другой продукт интеллектуальной деятельности, аудиоматериал может обладать авторскими правами. Поэтому самым элементарным примером независимой звуковой формы может считаться голос человека, записанный на микрофон, либо материал, собранный непосредственно звуко-

¹⁷ Normalize — эффект, позволяющий нормализовать пиковую нагрузку в аудиоканале путем пересчета нижних, средних и высоких частот с возможной компенсацией баланса стереосигнала. В моносигнале происходит пересчет пиковых значений в сторону понижения либо увеличения плотности. Имеется возможность корректировки и точной подстройки отклонения аудиоформы (сигнала) от заданных центром значений от 0 ... до 0,1 ... и т.д. (DC offset).

¹⁸ Nyquist Prompt — терминальное управление программой Audacity с помощью поддерживаемого программой языка программирования Nyquist. Позволяет вводить команды Nyquist и задействовать программные функции для более гибкой и точной обработки аудиоматериала.

¹⁹ Paulstretch — встроенный алгоритм, поддерживающий функцию изменения скорости аудиоматериала в не- зависимости от скорости воспроизведения.

²⁰ Phaser — эффект вращения фаз аудиоканала, комбинирует смещенные по фазе сигнал с оригинальным сигналом.

²¹ Repair — функция позволяет редактировать аудиоматериал, извлекая из него небольшие частотные фрагменты, которые в последствии могут быть заменены близкими общечастотными значениями.

²² Repeat — алгоритм повторения аудиофрагмента, создаваемый копии аудиофрагмента и распределяющий их в соответствии с заданным временем.

²³ Reverb — эффект реверберации, пересчитывает аудиосигнал с целью добавления искусственных задержек, создавая его копию и в соответствии с заданными значениями подмешивает её в оригинальный аудиоматериал.

²⁴ Reverse — функция инвертации аудиосигнала для достижения эффекта задом наперед.

²⁵ Sliding Time Scale / Pitch-Shift — специальный алгоритм, позволяющий изменять темп аудиоматериала и задавать промежуточную скорость воспроизведения.

²⁶ Truncate Silence — функция удаления нежелательных аудиофрагментов, которые идентифицируются алгоритмом по частотным характеристикам. Бывает полезна для обнаружения и удаления шумов между речевыми интервалами.

²⁷ Wahwah — дизайн-эффект моделирует различные акустические оттенки для инструментов и вокала.

Таблица 1. Аудиоэффекты, применяемые при проектировании аудиопродукции в зависимости от степени сложности.

Наименование эффекта	Область применения в аудиоинженерии	Амплитудно-Частотные характеристики Гц/дБ
Amplify	Сведение, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, восстановление плотности звука	От 20 Гц до 20 000Гц
Auto Duck	Линейное и нелинейное сведение, компоновка аудиофайлов	От 20 Гц до 20 000Гц
Bass and Treble	аудиосведение, аудиомастеринг	От 20 Гц до +/- 1000Гц
Change Pitch	Дизайн-аудиоформы, аудиосведение, аудиомастеринг	От 20 Гц до 20 000Гц
Change Speed	Дизайн-аудиоформы, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Change Tempo	Дизайн-аудиоформы, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Classic Filters	Анализ и измерение аудиоданных, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Click Removal	аудиоремастеринг	От 20 Гц до 20 000Гц
Compressor	аудиомастеринг, аудиосведение, Дизайн-аудиоформы	От 20 Гц до 20 000Гц
Distortion	Дизайн-аудиоформы	От 20 Гц до 20 000Гц
Echo	Дизайн-аудиоформы	От 20 Гц до 20 000Гц
Equalization	Дизайн-аудиоформы, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Fade In	Дизайн-аудиоформы, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Fade Out	Дизайн-аудиоформы, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Invert	Дизайн-аудиоформы,	От 20 Гц до 20 000Гц
Noise Reduction	аудиоремастеринг	От 20 Гц до 20 000Гц
Normalize	Дизайн-аудиоформы, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Nyquist Prompt	Дизайн-аудиоформы, проектирование аудиоматериала на языке программирования Nyquist, аудиомастеринг, аудиоремастеринг, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Paulstretch	Дизайн-аудиоформы,	От 20 Гц до 20 000Гц
Phaser	Дизайн-аудиоформы,	От 20 Гц до 20 000Гц
Repair	аудиоремастеринг,	От 20 Гц до 20 000Гц
Repeat	Дизайн-аудиоформы, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Reverb	Дизайн-аудиоформы, аудиосведение, аудиомастеринг, аудиоремастеринг	От 20 Гц до 20 000Гц
Reverse	Дизайн-аудиоформы, аудиоремастеринг	От 20 Гц до 20 000Гц
Sliding Time Scale / Pitch Shift	Дизайн-аудиоформы, аудиосведение	От 20 Гц до 20 000Гц
Truncate Silence	Аудиосведение, Дизайн-аудиоформы,	От 20 Гц до 20 000Гц
Wahwah	Дизайн-аудиоформы	От 20 Гц до 20 000Гц

оператором¹. Аудиоматериал условно можно разделить на два вида: *монофонический материал* и *материал со смешанным содержанием*. К первому виду относится любой материал, имеющий всего один канал спектро-акустической формы, ко второму виду относится многоканальная спектро-акустическая форма. Сочетание разных спектро-акустических форм называется процессом сведения. Сведение в аудиопромысле — очень важный этап производства аудиопродукции. Сам процесс сведения часто применяется при подборе материала. Когда условия диктуют необходимость производства новой звуковой формы из уже имеющихся форм, при соединении отдельных частей аудиоформ образуется совершенно новая оригинальная аудиоформа. Поэтому подпроцессы сведения на данном этапе называются стыковочными процессами². Сами стыковочные процессы бывают двух типов и в зависимости от ситуации могут быть применены при звукопроизводстве. Первый тип такого процесса называется «горизонтальная стыковка». Горизонтальная стыковка применяется при склеивании двух и более аудиофрагментов, находящихся горизонтально на линейно-монтажной секции со схожими спектральными характеристиками. Второй тип — вертикальная стыковка применяется при вертикальном сведении двух аудиоформ, находящихся в горизонтальном положении и состоящих в линейной зависимости друг от друга. Стыковочные процессы дают возможность точного сведения звука и получения из него нужного материала. Второй этап — это проект-процессы, направленные на дизайн-технологии, применимые на стадии постпроизводства. Основными модульными элементами дизайн-технологии в настоящее время являются акустические спецэффекты. Спецэффекты дают возможность спроецировать виртуальную акустическую картину, для формирования акустического образа, запоминаемого человеческим мозгом. Спецэффекты могут применяться к аудиоматериалу, имеющему разную частотную амплитуду и разный смысловой оттенок. В эпоху компьютерной аудиоинженерии спецэффекты получили особую популярность среди специалистов. Эффекты делятся на *коммерческие* и *некоммерческие*. В нашем случае это *некоммерческие* штатные эффекты, интегрированные в программную среду Audacity®. Области применения штатных эффектов перечислены в табл. Но как быть, когда ситуация требует нестандартных или более креативных решений. Ведь дизайн звука практически безграничен, а произведение, получаемое после компьютерной обработки, всегда должно быть оригинальным. В этом

¹ При проектировании аудиопродукции важно обращать внимание на авторские права, поэтому самым лучшим выходом из положения является собственная монофоническая либо стереофоническая запись, преобразованная со звукозаписывающей аппаратурой.

² Стыковочный процесс это сочетание различных фрагментов аудиоматериала и подбор соответствующих спектро-частотных характеристик с целью образования новой акустической формы.

смысле Audacity® отличается от своих коммерческих и некоммерческих конкурентов. В её программной среде интегрирована поддержка специального технического языка Nyquist посредством транслятора специальной командной строки Prompt, которая для специалистов в области дизайн-технологий, компьютерной аудиоинженерии и программирования очень важна. Данная опция позволяет управлять процессами производства и проектирования аудиопродукта с ювелирной точностью. Терминальный режим позволяет вводить команды для управления аудиопроцессом, а также интерпретировать разработанные автором алгоритмы действий для создания собственного подключаемого программного приложения по обработке звука. Написание программы зависит, прежде всего, от знания конкретного аудиоматериала, его вида и типа, а также от знаний диалекта языка программирования Nyquist.

Периодически технический синтаксис языка Nyquist обновляется, поэтому важно применять соответствующую синтаксису версию компьютерной программы (во избежание ошибки передачи языком программирования характеристик нелинейной звуковой волны при трансляции в программу)³. Важнейшей функцией при проектировании дизайна аудиопродукции является функция псевдолинейного воспроизведения аудиоматериала при его обработке. На штатной панели встроенных эффектов эту функцию берёт на себя команда Preview (Предпросмотр). Однако при использовании встроенной опции при мониторинге пиковых перегрузок⁴ эффекты постобработки обрабатываемого сигнала могут давать задержку. К сожалению, данный аспект (на практике) не разрешим — при использовании штатных эффектов, но проектирование алгоритма (конкретных действий по обработке аудиосигнала) под встроенную среду выполнения команд (Nyquist Prompt) даёт возможность избежать ошибок мониторинга. В подобных аспектах и заключается основная сложность проектирования любого аудиопродукта.

Nyquist является специализированным языком программирования, производным от языка Lisp, унаследовавшим синтаксис и диалектическую основу XLISP. Сам язык и его модифицированный интерпретатор разработаны американским исследователем в области компью-

³ В зависимости от применяемой версии синтаксиса языка программирования Nyquist может быть построена командная программа, позволяющая реализовывать пакетные командные функции, т.е. к примеру, связать несколько эффектов в один или распределить их по отдельности.

⁴ Пиковые перегрузки — это нежелательные спектро-частотные характеристики, образующиеся при некорректной оцифровке аудиоматериала либо применения к нему эффекта компрессии, значения которого намного превышают установленный порог чувствительности. Также данный эффект может проявляться при частой смене частоты дискретизации обрабатываемого материала.

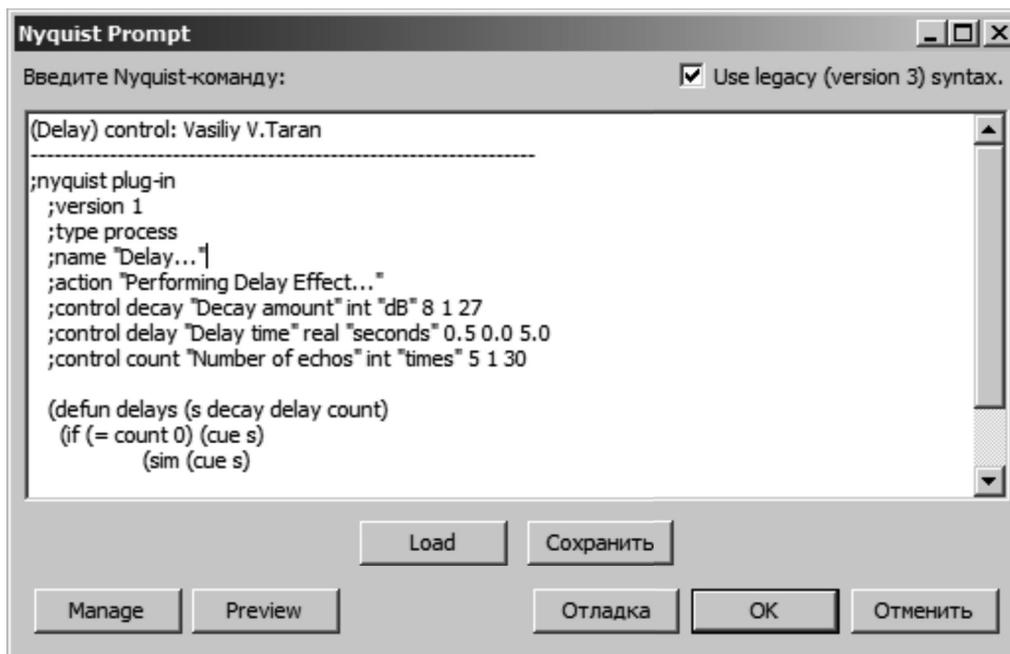


Рис. 4. Командная оболочка языка Nyquist в программной среде Audacity® с исполнением сценария задержки аудиосигнала

терных наук и аудиоинженерии Роджером Данненбергом (Roger Dannenberg) из школы компьютерных наук (на правах факультета) при университете Карнеги-Меллон (Питсбург, Пенсильвания) [1]. Свое название получил в честь американского инженера и исследователя в области технической коммуникации и связи, а также компьютерных наук Гарри Найквиста (Harry Nyquist)¹. Благодаря богатому спектру команд язык может применяться для частотной обработки, генерации сигнала склейки, монтажа, анализа и синтеза аудиоматериала.

В процессе проектирования аудиопродукции бывает необходимо подключать уже существующие или создавать принципиально новые эффекты для обработки аудиоформы. Язык является кроссплатформенным и поддерживает операционную среду MS Windows, Linux, Mac OS [1,2]. Рассмотрим некоторые функции, способствующие

¹ Гарри Найквист (англ. Harry Nyquist) — американский физик-акустик, инженер-электротехник, шведского происхождения, внёсший значительный вклад в теорию передачи и кодирования сигналов, является одним из участников разработки критерия устойчивости радиотехнических цепей с обратной связью (критерий Найквиста-Михайлова-Бode). С точки зрения компьютерной аудиоинженерии интерес представляют теоретические наработки Гарри Найквиста в области кодирования звука, результатом которых послужила теорема отсчётов, (в некоторых научных источниках: теорема выборки, теорема дискретизации, теорема Уиттекера-Найквиста-Котельникова-Шеннона), позволяющая работать с непрерывным по времени сигналом и выполнять процедуры его аналого-цифрового преобразования. По сути, работа с частотой дискретизации является важнейшим звеном в определении качества звучания аудиоматериала. Также особый вклад в развитие теоремы внесли известные учёные: К. Шеннон (Claude Elwood Shannon), Р. Хартли (Ralph Vinton Lyon Hartley).

более точному и креативному созданию некоторого вида контента. Не секрет, что среди профессионалов в области программного создания синтезированного музыкального материала большой популярностью пользуется MIDI²-технология. MIDI позволяет воспроизводить и синтезировать не физическую (запись, использующую аналого-цифровое преобразование), а виртуальную аудиоформу, т.е. технические сведения о последовательности электронных сигналов, соответствующих музыкальному шаблону. Широко используется программными виртуальными инструментами для достижения необходимого эффекта моделирования реальных музыкальных инструментов.

Синтез, получаемый в результате использования MIDI-технологии, позволяет использовать новые нестандартные результаты посредством моделирования аудиоформы и улучшает в целом дизайн-процессы [3,4].

² MIDI (Musical Instrument Digital Interface) — интерфейс и формат музыкальных инструментов на цифровой основе. Создан в 1982 году крупнейшими фирмами по производству музыкального оборудования, среди которых: Yamaha, Korg, Roland и другие. Интерфейс спроектирован с целью упростить задачи в области аранжировки звука классическими музыкальными инструментами посредством специальных данных, включающих в себя технические сведения о воспроизведении нотной таблицы, типа записи данных (моно/стерео), длительности звучания, громкости и прочих аудиохарактеристик. Также MIDI является аппаратным интерфейсом маршрутизации аудиосигнала, обладающим 16-ти канальным адаптером, для передачи независимых сигналов. Основной задачей MIDI как аппаратного интерфейса является связь различных цифровых музыкальных инструментов с вычислительной техникой.

С точки зрения языка Nyquist, последовательность действий для чтения MIDI-файла может быть выражена следующей формулировкой¹:

```
(setf midi-file (open-binary "start.mid"))2
(seq-read-smf my-seq midi-file)
(close midi-file)
```

В то время как запись может выражаться так³

```
(setf midi-file (open-binary "copy.mid": direction:
output))
(seq-write-smf my-seq midi-file)
(close midi-file)
```

Здесь open-binary — открытие бинарного файла start.mid — абстрактное название файла MIDI-потока. Последняя строка (close midi-file) указывает на закрытие MIDI-файла. Язык Nyquist и его прародитель XLISP, используя точный синтаксис, обладают достаточной базой для искусственной генерации сигнала с последующей ретрансляцией в MIDI. Рассмотрим пример подобной точной трансляции с сохранением данных в установленном диапазоне:

```
(defun midinote (seq time dur voice pitch vel)
(setf time (round (* time 1000)))
(setf dur (round (* dur 1000)))
(setf pitch (round pitch))
(setf vel (round vel))
(seq-insert-note seq time 0 (1+ voice) pitch dur vel))
```

Формулировка после добавленных замечаний

```
(defun test ()
(setf *seq* (seq-create))
(midinote *seq* 0.0 1.0 1 c4 100)
(midinote *seq* 1.0 0.5 1 d4 100)
(midinote *seq* 2.0 0.8 1 a4 100)
(setf seqfile (open-binary "test.mid": direction: output))
```

¹ При проведении операций, связанных с программным проектированием аудиоматериала, использовались штатные рекомендации и формулировки, изложенные в Nyquist Reference Manual (Nyquist Version 2.36), существует обновленная база Nyquist Reference Manual 2013–2018 с соответствующей компиляцией языка (Nyquist Version 3.15). Некоторые формулировки, применяемые в версии языка (Nyquist 2.36), могут иметь более мобильное изложение в версии (Nyquist 3.15). Список подробных изменений см. в Nyquist Reference Manual Copyright 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 by Roger B. Dannenberg.

² Некоторые образцы команд и примеры сценариев с авторскими дополнениями, используемые в статье, взяты с сайта-форума URL: www.audacity-forum.de/download/edgar/nyquist/nyquist-doc/examples/rbd/10-sequence-example.htm (дата обращения к электронному ресурсу: 12.06.2019).

³ **Прим. автора.** Среда NyquistIDE (Nyquist 3.15) использует собственные выражения в синтаксисе Lisp. В принципе многие из примеров могут выполняться и на самом Lisp/XLISP. Однако, по мнению автора, выражения Nyquist упрощают обработку данных.

```
(seq-write-smf *seq* seqfile)
(close seqfile))
```

Символьная функция setf — устанавливает значение поля, seq — задает последовательность звуковых комбинаций. Если понадобится воспользоваться подключаемыми эффектами визуализации звуковой формы, возможно, обратиться к библиотеке OpenGL, это позволит визуализировать аудиоматериал в части его спектрального представления:

```
case "-openGL":
$pref:: Video:: displayDevice = "OpenGL";
$argUsed[%i]++;
```

Другим примером оформления звуковой формы, при дизайн-проектировании конечного аудиопродукта, может являться программный эффект скрипа иглы, возникающий на старых виниловых проигрывателях при появлении пыли, вызывающей эффект статического электричества, программно его можно записать следующим образом:

```
(defun ring (dur pch scl)
(let ((modstep1 (hz-to-step (* (step-to-hz pch) (sqrt 2.0))))
(modstep2 (hz-to-step (* (step-to-hz pch) (sqrt 11.0))))
(stretch dur
(mult
(env 0.05 0.1 0.2 1 0.6 0.24 1)
(fmosc pch (mult
(pwl 0.07 1800 0.15 1000 0.4 680 0.8 240 1 100 1)
scl
(osc modstep1)
(osc modstep2)))))))
(play (ring 7.1 (hz-to-step 1) 1.2))
```

Здесь pwl⁴(piece-wise linear) — является кусочно-линейной функцией, задает аппроксимированные значения (при контрольных точках) на единицу времени. sqrt⁵(square root) — вычисляет квадратный корень общего аудиофрагмента либо каждого по отдельности.

```
(play (sim
(scale 0.15 (at 2.9 (ring 7.1 (hz-to-step 1) 1.2)))
(scale 0.175 (at 4.9 (ring 5.1 (hz-to-step 2) 1.414)))
(scale 0.2 (at 6.9 (ring 3.1 (hz-to-step 4) 1.8))))))
```

⁴ pwl, pwl-list — может также использоваться для установления контроля аппроксимированных значений над частотными значениями верхнего и нижнего рядов.

⁵ Можно использовать s-sqrt для обобщения функции квадратного корня, может применяться при вычислении квадратного корня каждого из отдельных аудиофрагментов для более точной выборки. Удобно использовать при многоканальном редактировании аудиоматериала, последовательно применяя данную функцию.

Оператор `sim` вызывает многократные (одновременные) поведения, используется, когда необходимо воспроизводить `<(play (sim >` спектро-частотные группы (в примере их три) одновременно. Также данный оператор даёт возможность возврата результирующей суммы, этот аспект упрощает работу с вложенными преобразованиями. Преобразования объединяются в соответствии с правилами вложенных выражений:

```
sim(cue(a-snd),
loud(6.0, cue(a-snd) @ 3))
```

Здесь `sim` устанавливает масштаб звуковой амплитуды со смещением второго входа `a-snd`. Использование преобразований с вложенными выражениями дают возможность учитывать внутриспектральные характеристики (изменение тембра, смещение частоты в виртуальном канале) при реализации абстрактной плотности децибел, выражающейся в громкости. Данная ситуация даёт возможность уйти от примитивного умножения `a-snd` на коэффициент масштабирования. Поведение является сигналом, реализующим громкость простым амплитудным масштабированием. По сути эффект, получаемый в результате приведённых манипуляций, эквивалентен умножению `db-to-linear (6.0)`. Преобразования в одинаковом порядке применимы к группам поведений:

```
loud(6.0, sim(cue(a-snd) @ 0.0,
cue(a-snd) @ 0.7))
```

`scale` — оператор управления масштабированием. Позволяет управлять точностью амплитудного масштабирования и применяется для оптимизации громкости в каналах, использующих входные и выходные числовые значения (0,15,17,21). `hz-to-step` — является функцией возврата шага для частоты в Гц, устанавливаемого числовым значением (1,2,4).

Приведенные примеры показывают, насколько точным может быть подход к созданию дизайна звуковых форм, причём, границы творчества при таком подходе ничем не очерчиваются, и все зависит от фантазии автора и основывается на грамотном программном подходе. Что касается синтеза, используемого для дизайн-проектирования, то некоторые оригинальные идеи изложены Р. Даннербергом на международной компьютерной музыкальной конференции [5]. Ещё одной важной проблемой, возникающей при проектировании аудиопродукта программными средствами, является проблема синхронизации звуковых дорожек проекта. Часто приходится искусственно подгонять ту или иную аудиодорожку под стандарты фонограммы. Интерфейс программы для таких действий довольно хорошо продуман, однако, когда речь заходит о некоторых тонкостях синхронизации, штатных функций начинает не хватать. Примером может

служить ситуация, когда необходимо подгонять многодорожечную запись под определенный шаблон¹. К тому же контроль над временным потоком является важным моментом при синхронизации сигнала по заданному темпу [6]. Допустим, у нас есть 8 аудиодорожек для сведения, из них семь содержат инструментальные партии и одна вокальную. Каждая из этих дорожек имеет частоту дискретизации 44 100 Гц, с потоковой разрядностью 32 бит. Для изменения значений частоты дискретизации при её воспроизведении предусмотрено специальное выражение (стартовая отметка):

```
(play (sound-srate-abs 44100.0 (osc c4)))
```

Промежуточная отметка

```
(play (sound-srate-abs 48000.0 (osc c4)))
```

Конечная отметка

```
(play (sound-srate-abs 88200.0 (osc c4)))
```

Запустив алгоритм повышенной автокорреляции, при частотном анализе секции звуковой формы, определим, что средним пределом частоты аудиофрагмента будет 347 Гц, в то время как пиковая нагрузка будет определена в 400 Гц. Необходимо уравнивать в частоте каждый из аудиофрагментов таким образом, чтобы каждая дорожка, содержащая, к примеру, отдельную инструментальную партию при среднем пределе в 347 Гц, ровнялась допустимой пиковой нагрузке в 400 Гц. Конечно, в разумных пределах этого эффекта можно достичь штатной компрессией, установив диктуемые задачей параметры, однако при такой ситуации нужно коммутировать все дорожки через одну мастер-секцию², что при дальнейших процедурах постобработки может негативно сказаться на общей акустической панораме. Подробное описание штатно поддерживаемых частот описано в таблице 2.

¹ Бывают случаи, когда при сведении требуется синхронизация большого количества аудиодорожек, в такой ситуации очень трудно уследить за точными интонационными нюансами как инструментальной партии, так и вокальной. В отличие от противоположной ситуации, когда сводится в единое целое уже заранее сведенная инструментальная партия с вокалом, представленный процесс осложняется уровнем контроля за аудиодорожками.

² В силу разных вычислительных мощностей персональных компьютеров и рабочих станций, при условии использования различных аудиокарт (даже премиум-класса) не рекомендуется применять программные эффекты реального времени на одной мастер-секции для достижения поставленных задач в области сведения аудиоматериала. Поскольку программная оболочка (интерфейсы) различных модулей реального времени может неадекватно реагировать на вводимые функции оператором, в результате программная оболочка может отказать и проект ждет зависание. Чтобы избежать подобных ошибок, лучше применять эффекты реального времени поочередно и в зависимости от творческих задач, стоящих перед аудиоинженером. К сожалению, в Audacity® штатный интерфейс микшерного пульта не поддерживает цепочное наложение аудиоэффектов на мастер-секции, поэтому необходимость маршрутизации эффектов в этом случае очень актуальна. Аудиоэффекты в Audacity® накладываются по отдельности на редактируемую дорожку, если их несколько, то на каждую по отдельности.

Таблица 2. Параметры частоты дискретизации, поддерживаемые Audacity®.

Частота дискретизации	Ед. измерения	Разрядность *	CI /Nyquist ^{PL**}
8000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
11025	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
16000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
22050	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
44100	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
48000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
88200	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
96000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
176400	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
192000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
352800	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs
3844000	Гц	16/24 ^{PCM} , 32 ^{BF}	sound-srate-abs

*Примечание: все параметры частоты дискретизации, поддерживаемые проектом, могут быть интерпретированы в соответствии с разрядностями, например частота 88200=16/24^{PCM}, 32^{BF}.

** Примечание: см. раздел обозначения данной статьи.

Можно также и устанавливать эффект компрессии на каждую аудиодорожку по отдельности, но в таком случае, при малейших ошибках компрессии, будет очень сложно выполнять процедуры декомпрессии сведенных аудиодорожек. В таких условиях полезным окажется следующий программный код:

```
(gate test () Fragment_audio
(setf *eq* 347.400 hz (seq-create))
(gate ((50 .2 1)(35 .2 1)(20 .2 1)(10 .2 1)
(setf s'((50 .2 1)(35 .2 1)(20 .2 1)(10 .2 1)
((50 .2 1)(35 .2 1)(20 .2 1)(10 .2 1)))
(setf s'((10.2 1)(20 .2 1)(35 .2 1)(50 .2 1)
((10.2 1)(20 .2 1)(35 .2 1)(50 .2 1))))
```

Для того, чтобы правильно соотносить частотные значения *eq*, которые впоследствии будут отвечать временному (пороговому) интервалу и логическому элементу gate можно использовать символ инкремента¹ (incf symbol), в некоторых случаях символ инкремента может быть представлен как элемент множества (incf (aref myarray i)). Либо воспользоваться программной версией компрессора, которая задает более точные параметры, нежели штатный модуль с графическим интерфейсом (Compressor):

```
;(set-control-srate 100)
;(set-sound-srate 100)
;(setf xx (pwl 0 1 1 0 1.1 1 1.8 0 2 1 3 0 5))
;(setf xx (pwl 0 1 1 .2 1.1 1 1.8 .2 2 1 3 0 5))
;(setf yy (snd-follow xx 0.1 0.25 1.0 30))
;(setf db-factor (/ 1.0 (log 0.00001)))
```

¹ Если используется как переменная — приобретает вид (incf i).

Здесь set-control устанавливает порог выборки введенного значения, set-sound-srate устанавливает вызов частоты дискретизации при низком её пороге, db-factor задает плотность воспроизведения звука, влияя на громкость, pwl задает перечень контрольных точек (0,0) и осуществляет кусочно-линейную конвертацию. Вычисления на разных типах процессоров, производимые внутри оболочки языка Nyquist на обычном персональном компьютере, обладающем средней мощностью, дают более высокие результаты скорости обработки аудиоинформации, чем аналогичные действия, обрабатываемые интерфейсно-ориентированным способом [7].

И последней, заключительной проблемой является процедура финализации² спроектированного аудиопродукта для дальнейшего его распространения. Известно, что конечный аудиопродукт может звучать на различных воспроизводящих системах по-разному. Хотя частотные характеристики могут удовлетворять нормам и принятым стандартам аудиообработки. Проблема эта кроется, в первую очередь, в том, что частотные характеристики колонок и вообще динамиков могут быть раз-

² Прим. автора. Финализация — это финальный процесс обработки аудиоматериала с целью усреднения спектро-частотного акустического баланса, для оптимального его воспроизведения на различных воспроизводящих электро-акустических устройствах. К таким устройствам относятся: колонки, акустические системы, системы репродукции звука, громкоговорители. Каждые из этих устройств имеют свою частотно-балансную специфику зависящую, в первую очередь, от объёма репродуктора (динамика) и соотношений размера колонки. К примеру, портативные колонки всегда будут подчёркивать верхний спектр частот (от 10 000 Гц до 20 000 Гц), в то время как стационарные (большие) колонки опционально будут выделять низкие частоты (от 20 Гц до 100 Гц). Искусство инженера финализации аудио материала заключается в подборе идеального баланса нижних, средних и высоких частот, сохраняя при этом начальную частоту дискретизации.

ными, к тому же огромное значение здесь будет иметь и способ производства воспроизводящего устройства и качественные характеристики, такие как материал, из которого изготовлена мембрана, проводники, используемые для возбуждения звуковой волны, и магнитная основа. Поэтому при программном проектировании не может быть универсального подхода к процессам фильтрации.

Однако некоторые акустические нюансы можно смоделировать программно. Речь идет о программной эмуляции различных типов динамиков, используемых в аудиопроизводстве. Это имитация настенных колонок, напольных колонок, сабвуферов, наушников, репродукторов и т.п. Конечно, формат статьи не позволяет сделать подробных выкладок со всеми частотными характеристиками различных воспроизводящих звук устройств и привести подробные примеры моделирования на языке Nyquist по каждому из них. Но можно создать некие искусственные условия программной среды, благодаря которым будет возможна эмуляция тех процессов, о которых сказано выше. Чтобы создать такие условия нужно воспользоваться нестандартными возможностями языка Nyquist.

Нестандартные возможности языка Nyquist заключаются в некоторых особых функциях, призванных осуществить расстановку опорных точек для экспликации выделенных частот, соответствующих установленным значениям¹; тем самым виртуально смоделировав эффект присутствия для аудиоинженера, целью которого является уравнивание аудиочастот и отсечение нежелательных частотных значений при мониторинге аудиоформы для успешного её воспроизведения на разных устройствах. В этой ситуации предлагаем следующий вариант решения поставленной задачи:

```
(+ (* (+ (* (+ (-Value) (*Value, r)) (expt, h 2))
-102.91325-102.91349
-96.89265-96.89289
-93.37082-96.89289
-90.87205-102.91349
-96.89265-102.91349
-102.91325-96.89289
-93.37082-93.37107
-90.87205-93.37107
```

¹ К установленным значениям относятся частотные характеристики физических воспроизводящих устройств. Это микроколонки, наушники открытого и закрытого типов, акустические системы, домашние, автомобильные и профессиональные. Каждый из заявленных устройств имеет свой собственный диапазон воспроизведения. К примеру, микроколонки, как правило, воспроизводят высокие частоты, низкие частоты становятся менее слышны. Крупные колонки воспроизводят спектр частот аудиоматериала равномерно. А Наушники (в зависимости от типа) могут подчеркивать либо низкие, либо высокие частоты.

```
-90.87205-93.37107
-93.37082-93.37107
-102.91325-96.89289
```

Ряды математических значений представляют полосы частот, варьирующиеся в определённых пределах, каждая из которых является блоком битовых данных, которая может быть объединена в один массив. Пример объединения данных приведён ниже. Заголовок первой цепочки, требующий установки значений Value выборки частотного диапазона, похож на начало сценария, используемого для синтеза аудиофрагмента, однако в данном случае он устанавливает значения отсчета тех частот, которые должны быть отброшены либо уравнены в своих математических значениях при заданном интервале выборки. Подстановка кусочно-линейной функции может помочь при контроле рядов (верхний и нижний ряд).

```
(pwl 0 8 0.1-6 0.76 3 0.5 0 1-3 8)))
(pwl. .... .)))*
```

Поставленная задача имеет ещё и альтернативный вариант решения. Задача решается по коду, разработанному Роджером Даненбергом, без установления точных значений (процедура похожа на графический эквалайзер см. рис. 4), либо на локальное усреднение частот² для сглаживания амплитудного спектра, когда частоты объединяются в один узел), а не как в предыдущем примере, когда каждая частота регулируется по отдельности (синтаксис SAL).

```
(defun smooth-amplitude (frame)
(let* ((len (length frame))
(lenm1 (1- len))
(lenm2 (1- lenm1))
(rslt (make-array (length frame))))
(setf (aref rslt 0) (+ (* 0.75 (aref frame 0))
(* 0.25 (aref frame 1))))
(dotimes (i lenm2)
(let* ((ip1 (1+ i))
(ip2 (1+ ip1)))
(setf (aref rslt ip1) (+ (* 0.25 (aref frame i))
(* 0.5 (aref frame ip1))
(* 0.25 (aref frame ip2))))))
(setf (aref rslt lenm1) (+ (* 0.25 (aref frame lenm2))
(* 0.75 (aref frame lenm1))))
rslt))
```

² *Свободная pwl-секция для подстановки верхних и нижних рядов []. Двухзначные значения рядов могут быть от [] и до — []. Локальное усреднение частот может представлять интерес при сведении аудиодорожек, имеющих различные типы канального воспроизведения моно/стерео, для расширения спектральных пиковых значений моноканала (например, вокал) для более оптимального представления формант. Фиксация частотного фильтра предполагает значения (0.25, 0.25).

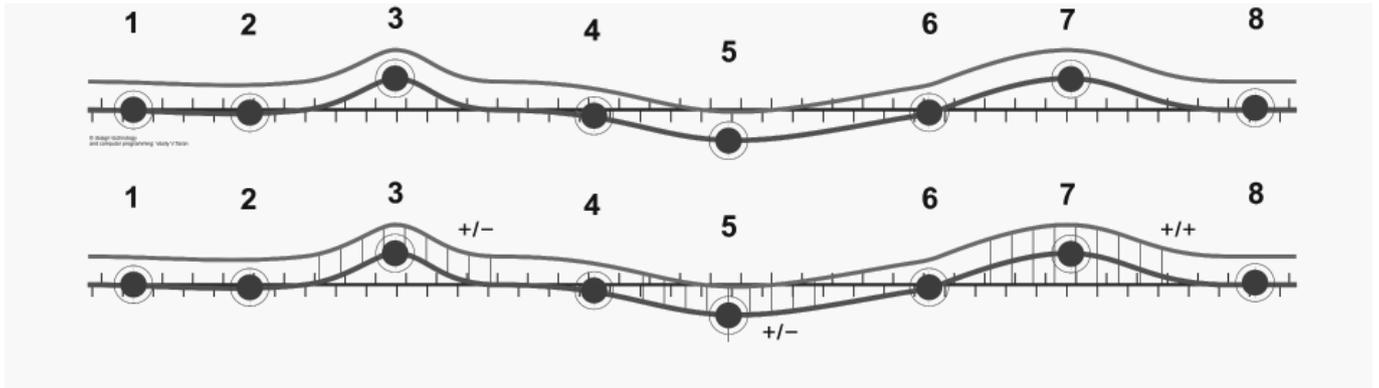


Рис. 5. Пример визуального контроля над управлением узловыми связками частот амплитудного спектра.

Рис. 5. иллюстрирует возможность связки частот, объединённых в узлы, упрощающие контроль управления над амплитудным спектром. При необходимости введения энного элемента множества (для разделения ветки потока) предусмотрена символьная функция `expr n` и трактовка записи, используемая синтаксис Lisp, примет следующий вид `(aref expr n)`. Запись, используемая SAL-синтаксис (как в примере выше), будет иметь несколько другой вид `setf (aref expr n)/(setf (aref rslt1 ...))`. Алгоритм, описанный на Nyquist с расширением Lisp, также помогает отсечь низкие частоты на общем (фронтальном) канале и на моно канале:

```
;; NYQ: LOWPASS2 — обрабатывает один канал
(defun nyq: lowpass2 (x hz q)
  (if (or (> hz (* 0.5 (snd-srate x)))
        (< hz 0))
      (error "cutoff frequency out of range" hz)
      (let* ((w (* 2.0 Pi (/ hz (snd-srate x))))
             (cw (cos w))
             (sw (sin w))
             (alpha (* sw (sinh (/ 0.5 q))))
             (a0 (+ 1.0 alpha))
             (a1 (* -2.0 cw))
             (a2 (- 1.0 alpha))
             (b1 (- 1.0 cw))
             (b0 (* 0.5 b1))
             (b2 b0))
        (nyq: biquad-m x b0 b1 b2 a0 a1 a2)))
```

При бинарном отображении схема имеет следующий вид

¹ Прим. автора. `rslt` является глобальной переменной языка Nyquist, подерживающего синтаксис Lisp. В правилах Lisp глобальная переменная заключается в `*_*` при возврате функции больше чем одного значения следует процедура помещения `*rslt*` в список дополнительных значений. В ветке XLISP — `*RSLT*`. Операция напоминает средство многократного возврата значений на языке Common Lisp.

Фрагмент воспроизводимого файла с уравненными частотами без привязки к данным

```
0000C248 72 44 6C50 74 53 CD E6 D7 7B0B2A 01 00 00 00
0000C258 E5 58 51 00 BC B4 4D00 00 CA 0A 00 3B03
D9 5F
0000C268 B2 66 4D00 00 CE00 00 8D8F 28
```

Фрагмент воспроизводимого файла с уравненными частотами с привязкой к данным

```
0000C248 72 44 6C50 74 53 CD E6 D7 7B0B2A 01 00 00 00
rDIptSHжЧ{*....
0000C258 E5 58 51 00 BC B4 4D00 00 CA 0A 00 3B03
D9 5F eXQ·jrM·K·;·Щ_
0000C268 B2 66 4D00 00 CE00 00 8D8F 28
```

Стоит отметить, что нечто похожее достигается эффектом компрессии, состоящей из разных частотных диапазонов. Классический вариант такой компрессии представляется как независимое компрессирование нижних, средних и верхних частот. Для оптимизации таких процессов, а также для манипуляции с выделенными диапазонами (включая их разграничение), предусмотрена специальная библиотека `bandfx.lsp` она упрощает действия по налаживанию частотных характеристик.

Проведенный анализ возможностей программной среды Audacity® показал её функциональность и пригодность для проектирования аудиопродукции для коммерческого и некоммерческого постпроизводства. Вопросы проектирования аудиопродукции в условиях бурного развития мультимедийного рынка являются особо актуальными. Большинство представленных на рынке систем обработки аудиоконтента как свободно распространяемых, так и коммерческих обладают ограниченным набором штатных функций для решения задач проектирования аудиоматериала.

Система Audacity® обладает профессиональными возможностями для проектирования аудиоконтента. Перечисленные в статье штатные средства и встроенные модули позволяют решать огромное количество задач, возникающих при аудиопроектировании. Для повышения эффективности обработки аудиоматериала и для решения узкопоставленных задач введена терминальная оболочка, позволяющая программисту-проектировщику вводить предусмотренные языком Nyquist команды, а также составлять микропрограммы и исполнять их в программной среде Audacity®.

В статье также показаны некоторые примеры имитационного дизайн-проектирования, программно моделирующие разные акустические эффекты и некоторые физические условия с целью создать качественную акустическую основу для дизайн-проектирования.

Данная статья позволяет по новому взглянуть на возможности аудиоредактора Audacity®, а проведенный анализ и демонстрация некоторых примеров использования программной основы для моделирования различных ситуаций, возникающих при обработке аудиопродукции, будут полезны программистам и аудиоинженерам при проведении инженерных работ, связанных с записью и коррективкой аудиоматериала, а также его дизайн-проектированием.

Обозначения

[Audacity®] — Зарегистрированная торговая марка (бренд — принадлежащий Доминику Маццони, англ.: Dominic Mazzoni) на рынке свободно распространяемого программного обеспечения, в целях уважения к ав-

торским наработкам в статье упоминается с верхним регистром.

[+/-] — балансное соотношение узла *верхних частот* поднимает огибающую в соответствии с уровнем децибелов.

[+/>] — балансное соотношение узла *верхних и нижних частот* поднимает огибающую в соответствии с уровнем децибелов.

[*] — оператор «умножения» (включающий звуки).

[Lisp] — расширение файла данных, записанных на языке программирования Lisp. По тексту статьи можно встретить разное написание языка Lisp/LISP. Обусловлено это историческими традициями развития языка, старое написание (преимущественно используемое с середины 60-х годов прошлого века) LISP, а в современной практике программирования Lisp. Таким образом, допустимым являются два написания: Lisp/LISP=List Processing/ LISP Processing.

[NYQ/NQ] — допустимое сокращение языка программирования Nyquist. Может применяться во внешних подключаемых источниках обработки аудиоданных.

[.NY] — расширение файла данных, записанных на языке программирования Nyquist.

[CE /Nyquist^{PL}] — искусственно введённое понятие (для разграничения функций и операторов) в целях упрощения обозначений элементов контроля. Control Items /Nyquist — Programming Language, по тексту может обозначаться как CINPL.

[<>] — условные угловые скобки для отделения некоторых функций и операторов языка Nyquist во избежание путаницы с другими печатными символами.

[+] — оператор «сложения» (включающий звуки).

[@] — оператор «сдвига фазы» времени.

[>] — оператор «больше чем».

[<] — оператор «меньше чем».

[-] — оператор «вычитания» (включающий звуки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Dannenberg R. B. Nyquist Reference Manual Version 2.36 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science / Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 05.03. 2007, p.205
2. Dannenberg R. B. Nyquist Reference Manual Version 3.15 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science / Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 11.08. 2018, p.276
3. Dannenberg R.B. «The Implementation of Nyquist, a Sound Synthesis Language», Computer Music Journal, 21(3) (Fall 1997), pp. 71–82.
4. Dannenberg R.B. «Machine Tongues XIX: Nyquist, a Language for Composition and Sound Synthesis», Computer Music Journal, 1997, 21(3), pp. 50–60.
5. Dannenberg R.B. «The Implementation of Nyquist, A Sound Synthesis Language», in Proceedings of the 1993 International Computer Music Conference, International Computer Music Association, (September 1993), pp. 168–171.
6. Dannenberg R.B. «Time-Flow Concepts and Architectures For Music and Media Synchronization», in Proceedings of the 43rd International Computer Music Conference, International Computer Music Association, 2017, pp.104–109.
7. Dannenberg R., Thompson N. Real-Time Software Synthesis on Superscalar Architectures / Computer Music Journal, 21 (3), (Fall 1997), pp. 83–94.

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

MATHEMATICAL MODELING OF CONDITIONS FOR IRON EXTRACTION FROM ASH AND SLAG WASTE OF HEAT POWER PLANTS

**A. Troeglazova
N. Vihareva**

Summary. The possibility of extracting iron ions from the ash and slag waste of thermal power plants obtained by burning brown coal is estimated. The method of probabilistic-determined multi-factorial design of the experiment was used to study the effect of the concentration of sulfuric acid, the duration of the leaching process, the proportion of ash and slag waste in the mixture (T + F), the concentration of sodium chloride and its fraction in the mixture. The significance of the influence of all these factors, except for the fraction of sodium chloride in the mixture, on the degree of analyte extraction from ash and slag waste of thermal power plants into the solution was established. The degree of analyte recovery under established optimal conditions was 92%.

Keywords: ash and slag waste from thermal power plants, extraction, iron, multi-factorial design of the experiment, Protodyakonov equation, sample preparation.

Троеглазова Анна Владимировна

*PhD, доцент, Сибирский государственный
университет геосистем и технологий (Новосибирск)
troeglasovaa@mail.ru*

Вихарева Надежда Анатольевна

*К.т.н., доцент, Сибирский государственный
университет геосистем и технологий (Новосибирск)
milana-maria@mail.ru*

Аннотация. Оценена возможность извлечения ионов железа из золошлаковых отходов тепловых электростанций, полученных при сжигании бурых углей. Методом вероятностно-детерминированного многофакторного планирования эксперимента изучено влияние концентрации серной кислоты, продолжительности процесса выщелачивания, доли золошлаковых отходов в смеси (Т+Ж), концентрации хлорида натрия и его доли в смеси. Установлена значимость влияния всех перечисленных факторов, кроме доли хлорида натрия в смеси, на степень извлечения аналита из золошлаковых отходов тепловых электростанций в раствор. Степень извлечения аналита при установленных оптимальных условиях составила 92%.

Ключевые слова: золошлаковые отходы тепловых электростанций, извлечение, железо, многофакторное планирование эксперимента, уравнение Протодьяконова, пробоподготовка.

Ежегодное количество образуемых отходов в развитых странах составляет до 15 тонн на человека в год, в странах с сырьевой экономикой до 50–100 тонн. Основная доля отходов приходится на промышленные области и представлена вскрышными породами горнодобывающей отрасли, хвостами обогащения, золошлаковыми отходами (ЗШО) теплоэлектростанций (ТЭЦ) [1–5]. Основными техногенными отходами ТЭЦ являются золошлаки и дымовые газы. Выход ЗШО зависит от вида топлива и составляет для бурых углей 10–15%, каменных — 30–40%. Ежегодный выход золы и золошлаковых смесей при сжигании углей составляет около 19 млн. т, а в золоотвалах к настоящему времени накоплено более 300 млн.т отходов [6].

В выбросах ТЭЦ содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭЦ мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа–400 млн. доз, магния –1,5 млн. доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется

только потому, что они попадают в организмы в незначительных количествах. Однако этот факт не исключает их отрицательного влияния через воду, почвы и другие звенья экосистем [3].

Золы на 96–98% состоят из оксидов: оксид кремния — 45–60%; оксид кальция — 2,5–9,6%; оксид магния — 0,5–4,8%; оксид железа — 4,1–10,6%; оксид алюминия — 10,1–21,8% итриоксид серы — 0,03–2,7% [2, 5, 7]. Кроме приведенных макроэлементов, составляющих основную массу отходов, ЗШО содержат микропримеси таких элементов, цинк, свинец, барий, кобальт, ванадий, никель, ртуть, мышьяк, сурьма, стронций, таллий, германий, бор, бериллий, фтор и др. [6]. При сгорании угля часть микроэлементов (Sr, Ba, Sc, Y, La, Ti, Zr и др.) концентрируется в шлаке. Другие элементы (Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb и др.) при температурах выше 1000 °С выносятся из зоны высоких температур и конденсируются в электрофильтрах (при 110–120 °С), поэтому можно ожидать обогащения летучей золы именно этими металлами [7].

Таблица 1. Элементный состав образца золошлаковых отходов ТЭЦ

Содержание аналитов, г/т												
Li	Na	Mg	Al	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
8,45	8870	1310	2819	4280	3092	6,69	355,5	134,30	39,42	1245	30310	29,47
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	In
50,03	86,32	76,4	7,59	9,97	14,83	2515	37,12	56,15	0,18	4,03	0,52	0,06
Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
1,83	0,57	0,72	1788	17,87	38,36	4,71	17,97	4,40	1,65	5,39	0,66	3,52

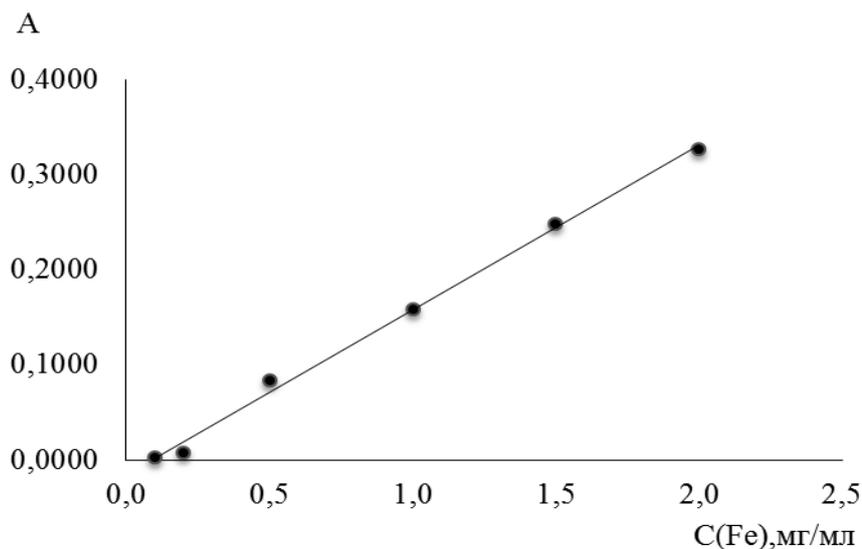


Рис. 1. Градуировочная характеристика фотометрического определения содержания железа

Зола ТЭС при правильном и эффективном использовании представляет собой богатый сырьевой ресурс для многих отраслей промышленности. Использование золы непосредственно, или в результате дополнительной переработки является наиболее рациональным и эффективным направлением в предотвращении загрязнения окружающей среды отходами ТЭЦ [1]. Зола и шлаки, представляющие собой минеральную несгорающую часть угля, содержат значительное количество химических элементов и их соединений — оксид кремния, алюминия, железа, редкоземельные металлы и другие. Поэтому золошлаковые отходы можно рассматривать в качестве перспективного сырья для извлечения ценных компонентов [2].

Цель настоящей работы заключается в установлении оптимальных параметров извлечения соединений железа из золошлаковых отходов тепловых электростанций.

Методика исследования

В качестве сырья для выщелачивания ионов железа применяли образцы золошлаковых отходов (ЗШО)

тепловых электростанций, полученные при сжигании угля в пылевидном состоянии и направляемые методом гидроудаления на золоотвал. Пробу гидропульпы отфильтровывали через фильтр «синяя лента», отфильтрованную золу высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу SNOL 67/350 (АО «Утеносэлектротехника», Литва) при температуре (105 ± 5) °С. Затем образец ЗШО в воздушно-сухом состоянии измельчали на шаровой мельнице марки PULVERISETTE6 (Германия) до частиц размером 0,1 мм.

Для приготовления стандартных растворов ионов железа применяли железоаммонийные квасцы (ТУ 6–09–5359) с квалификацией не ниже «хч». Растворы с меньшими концентрациями готовили путем последовательного разбавления стандартных растворов.

Содержание железа в образце золошлакового отхода определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500 (Agilent, США) после кислотного растворения образца. Остаточное содержание железа в растворах, полученных после выщелачивания, определили фотометрическим

Таблица 2. Результаты статистической обработки градуировочной характеристики по определению содержания железа

Аналит	$\bar{\gamma}_n$	A	S _a	b	S _b	V _y	F(V ₁ ; V ₂)	r
Fe	0,0137	0,18	2,82·10 ⁻⁴	0,0189	3,50·10 ⁻⁴	2,91	3,26	0,9963

Примечания:

$\bar{\gamma}_n$ — среднеарифметическое значение относительных стандартных отклонений;

a и b — коэффициенты в уравнении $y = a + bx$;

S_a и S_b — стандартные отклонения коэффициентов a и b;

V_y — отношение средних квадратов отклонений;

F(V₁; V₂) — квантиль распределения.

r — коэффициент корреляции

Таблица 3. План-матрица пятифакторного планирования эксперимента по растворению образца золошлаковых отходов (%)

№	R(Fe)	Уп (Fe)	№	R(Fe)	Уп (Fe)	№	R(Fe)	Уп (Fe)
1	0,00	2,92	13	0,00	6,30	25	0,00	26,33
2	0,00	8,09	14	16,67	25,84	26	37,93	29,98
3	0,0	10,2	15	42,33	49,43	27	0,00	2,37
4	25,80	15,82	16	39,66	50,81	28	38,34	8,23
5	17,54	34,54	17	0,00	3,77	29	34,03	24,78
6	48,84	12,69	18	30,62	10,38	30	15,86	41,99
7	0,00	3,83	19	0,00	19,26	31	39,86	15,26
8	0,00	8,45	20	35,36	39,39	32	0,00	1,53
9	31,34	32,42	21	36,71	42,24	33	41,53	7,54
10	48,90	59,46	22	0,00	3,23	34	39,35	29,66
11	58,80	59,39	23	34,13	9,07	35	20,65	55,20
12	0,00	4,31	24	31,65	17,06	36	16,23	55,64

методом. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре СФ-2000 (Спектр, Россия).

Для установления оптимальных условий выщелачивания проводили серию экспериментов в условиях многофакторного планирования эксперимента [8]. В качестве реагента для выщелачивания использовали раствор азотной кислоты и раствор серной кислоты. В химический стакан вместимостью 250 мл помещали 5,00 г подготовленного образца ЗШО, затем приливали 100 мл кислоты. По истечении указанного времени отбирали аликвоты по 2 мл и помещали в мерные колбы вместимостью 100 см³. Объем раствора доводили до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивали и фотометрировали.

Результаты и их обсуждение

Испытуемый образец золошлаковых отходов характеризуется сложным качественным и количественным составом, результаты элементного анализа, определенного методом масс-спектрологии с индуктивно связанной плазмой, представлены в таблице 1.

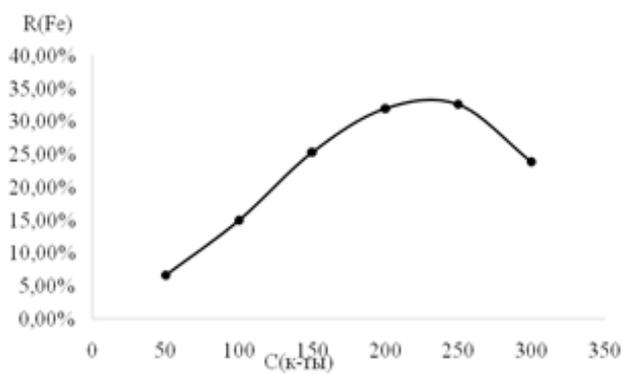
Измерение интенсивности аналитического сигнала (оптическую плотность) проводили 3 раза для каждого градуировочного раствора. Используя полученные значения, построили градуировочную характеристику, отражающую зависимость оптической плотности от содержания аналитов в градуировочных растворах (мг/см³), представленную на рисунке 1.

Значение коэффициента корреляции близко к единице, что свидетельствует о линейной зависимости между значениями концентраций аналита (мг/см³) и оптическими плотностями A. В соответствии с требованиями РМГ 54–2002 [9] проведена статистическая обработка построенных градуировочных характеристик. Полученные результаты представлены в таблице 2. Поскольку среднеарифметическое значение относительных стандартных отклонений $\gamma \leq 0,4$, то статистическую обработку градуировочных характеристик проводили с применением метода наименьших квадратов как указано в таблице 2.

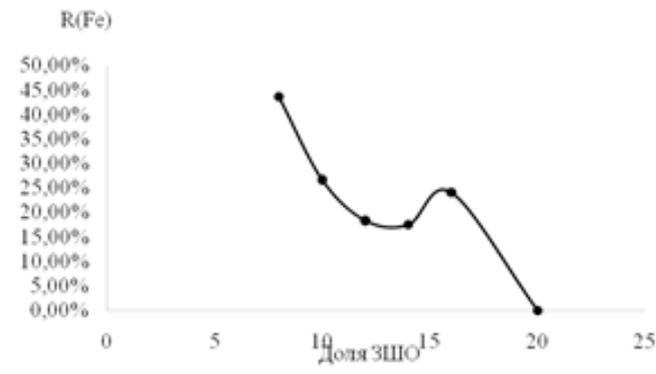
Полученное значение V_y (таблица 2) сравнивали с табличным значением квантиля F-распределения со сте-

Таблица 4. Экспериментальные значения частных функций определения железа

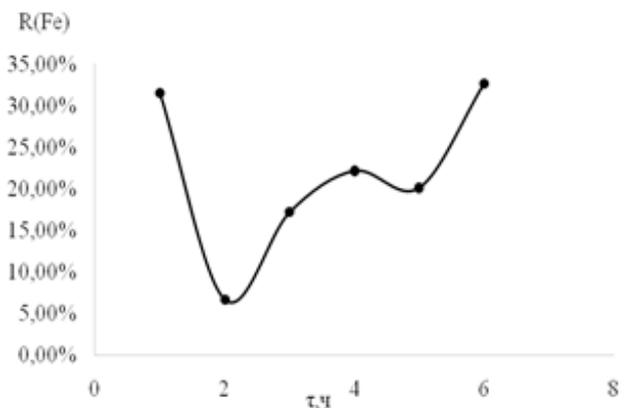
№	Фактор	Уровень						
		1	2	3	4	5	6	7
1	С к-ты, г/л	6,64%	14,99%	25,32%	32,01%	32,63%	23,87%	21,78%
2	Доля ЗШО в смеси (Т: Ж),%	0,00%	24,10%	17,50%	18,39%	26,73%	43,63%	21,73%
3	τ(выщел), час	31,56%	6,64%	17,18%	22,17%	20,13%	32,68%	21,73%
4	С NaCl, г/л	23,74%	25,23%	12,97%	15,09%	21,51%	28,37%	21,75%
5	V NaCl,%	25,51%	21,29%	25,01%	23,39%	8,03%	27,14%	21,73%



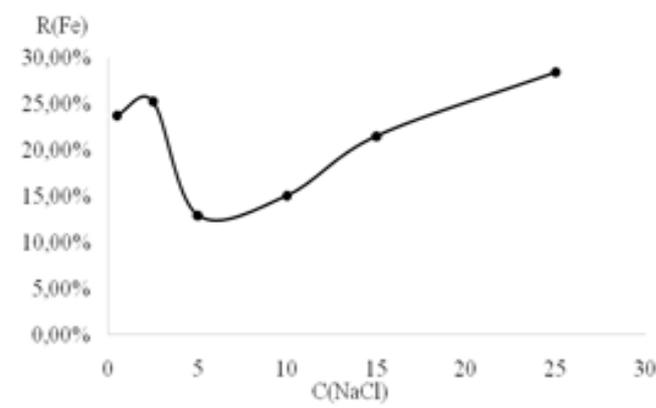
Зависимость степени извлечения железа от концентрации кислоты



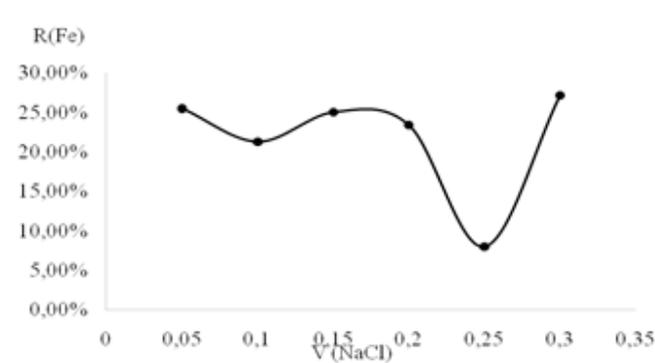
Зависимость степени извлечения железа от доли ЗШО в смеси (Т: Ж)%



Зависимость степени извлечения железа от времени



Зависимость степени извлечения железа от концентрации добавки NaCl



Зависимость степени извлечения железа от объема добавки NaCl

Рис. 2. Частные зависимости степени извлечения железа от условий проведенного процесса.

Таблица 5. Расчетные значения частных функций для определения железа

№	Функция	Уровень						
		1	2	3	4	5	6	7
1	$Y=0,08-0,000831x$	12,16%	16,31%	20,47%	24,62%	28,78%	32,93%	21,74%
2	$Y=0,7138-0,046x+0,000616x^2$	4,02%	13,55%	19,05%	25,05%	31,54%	38,52%	21,74%
3	$Y=0,3946-0,1567x+0,0245x^2$	26,24%	17,92%	14,50%	15,98%	22,36%	33,64%	21,74%
4	$Y=0,2413-0,014x+0,00064x^2$	23,45%	21,03%	18,73%	16,53%	17,53%	29,13%	21,75%
5	$Y=0,3177-1,19x+2,88x^2$	26,54%	22,75%	20,40%	19,49%	20,02%	21,99%	21,74%

Таблица 6. Коэффициент корреляции R и его значимость t_R для частных функций железа

Аналит	обозначения	С к-ты, г/л	Доля ЗШО в смеси (Т: Ж),%	Т (выщел), час	С NaCl, г/л	V NaCl, %
Fe	R	0,702	0,851	0,660	0,718	≈0
	t_R	2,76	6,157	2,418	2,968	≈0
	значимость	+	+	+	+	-

пенями свободы $V_1 = N - 2$ и $V_2 = N(J - 1)$. Т.к. $V_y \leq F(V_1, V_2)$, то с доверительной вероятностью 0,95 можно считать градуировочная характеристика линейна для фотометрического определения содержания железа в концентрационном диапазоне 0,1–2,0 мг/см³.

Для определения оптимальных условий кислотного выщелачивания золошлаковых отходов составлен план пятифакторного эксперимента на шести уровнях. За независимые факторы принимали концентрация серной кислоты, доля ЗШО в смеси, продолжительность выщелачивания, концентрация хлорида натрия, объём хлорида натрия в смеси. Результаты анализа растворов, полученных после сернокислотного выщелачивания, из твердой фазы золошлаковых отходов представленные в виде степеней извлечения аналитов из твердой фазы в раствор, представлены в таблице 3.

Полученные результаты степеней извлечения аналита распределены по пяти изучаемым факторам (таблица 4).

Близость друг к другу средних арифметических значений степеней извлечения в рамках отдельных факторов (таблица 4) свидетельствует о корректности проведенных расчетов.

После выборки экспериментального массива по факторам были построены точечные графики частных зависимостей степеней извлечения аналитов от условий проведенного процесса по данным таблицы 4, представлены на рисунках 2.

Частные зависимости степени извлечения железа от концентрации кислоты рассчитывали используя метод наименьших квадратов. Долю ЗШО в смеси Т: Ж, вре-

мя выщелачивания, концентрация добавки NaCl, объём добавки NaCl рассчитывали по методу Крамера. Результаты представлены в таблице 5.

На основании результатов эксперимента после усреднения действия всех факторов строят точечные графики зависимости степеней извлечения аналитов от уровней варьируемых факторов. Полученные зависимости описываются уравнением (1).

$$y = a_0 + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (1)$$

где y — числовое значение параметра отклика сигнала, %;

n — число уровней варьируемых факторов;

x — значения выбранных факторов заданного уровня;

a_i — численные коэффициенты.

Выведенные регрессионные уравнения для каждого аналита и каждого изучаемого фактора представлены в таблице 5.

Близость (отличие 0,01–0,03%) значений общего среднего, рассчитанного на основании теоретических значений степеней извлечения, к экспериментально полученным средним арифметическим значениям степеней извлечения свидетельствует об отсутствии систематических погрешностей в полученных результатах.

Оценку значимости влияния изученных факторов на степень извлечения аналитов из твердой фазы в раствор проводили по критерию Стьюдента путем сопоставления значимости коэффициента нелинейной множественной корреляции t_R с его критическим значением при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свобо-

$$Y_n(Fe) = \frac{[0,08 - 0,000831x] \cdot [0,7138 - 0,046x + 0,000616x^2]}{21,74^3 \cdot [0,3946 - 0,1567x + 0,0245x^2]^{-1} \cdot [0,2413 - 0,014x + 0,00064x^2]^{-1}} \quad (2)$$

ды $f = N(m - 1)$ (где N — необходимое количество экспериментов; m — число параллельных опытов в каждом эксперименте). Результаты матричной проверки значимости влияния шести исследуемых факторов на степень извлечения аналитов представлены в таблице 6.

На основании полученных данных таблицы 6 можно сделать вывод, что на степень извлечения железа значимое влияние оказывает концентрация кислоты, доля ЗШО в смеси Т: Ж (%), время выщелачивания (ч), концентрация добавки NaCl. С целью оптимизации условий сернокислотного выщелачивания золошлаковых образцов на основании уравнения Протодьяконова были выведены обобщенные функции, включающие математические модели каждого фактора, оказывающего влияние на извлечение аналита. На основании обобщенной функций рассчитаны коэффициент корреляции и его значимость, которые составили 0,6413 и 6,16 соответственно. Превышение t_R критического значения коэффициента Стьюдента (2,02) свидетельствует об адекватности выведенного обобщенного уравнения.

С целью оптимизации условий кислотного выщелачивания золошлаковых отходов выведены обобщенные функции на основании уравнения Протодьяконова, включающие математические модели каждого фактора, влияющего на извлечение аналита (2).

Таким образом, для извлечения ионов железа (степень извлечения 92%) установлены следующие оптимальные условия: концентрация серной кислоты 250г/л, доля ЗШО в смеси 8%, продолжительность выщелачивания 1 час, концентрация хлорида натрия 2,5г/л, объем хлорида натрия 0,25%;

Заключение

На основании проведенных исследований сделаны следующие заключения:

1. установлен фазовый и элементный состав золошлаковых отходов тепловых электростанций. Относительно высокие содержания соединений кремния, железа, бария, алюминия, титана, ванадия обуславливают целесообразность их извлечения путем выщелачивания с последующим осаждением в виде малорастворимых соединений.
2. оценена применимость методик УФ-спектрофотометрического определения содержания ионов железа (диапазон 0,1–2,0 мг/см³) в сложных растворах, полученных после выщелачивания образцов золошлаковых отходов ТЭЦ. Все установленные градуировочные характеристики линейны в изученных концентрационных диапазонах аналитов.
3. изучено влияние природы минеральной кислоты на степень извлечения аналитов из твердой фазы в раствор. Установлена невозможность применения в качестве выщелачивающего реагента раствора азотной кислоты, приводящего к Методом вероятностно-детерминированного планирования эксперимента установлены оптимальные условия сернокислотного выщелачивания ионов Fe^{3+} из твердой фазы золошлаковых отходов: концентрация серной кислоты 250г/л, доля ЗШО в смеси 8%, продолжительность выщелачивания 1 час, концентрация хлорида натрия 2,5г/л, объем хлорида натрия 0,25%. Степень извлечения аналитов при этом составила 92%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К. Ж., Туреханова Г. И. Вторичная переработка отходов (золошлаков) промышленных предприятий // Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева — 2014.
2. Беляев Р.А., Еранская Т. Ю., Коновалов И. Н. Золошлаковые отходы: проблемы и пути их решения // Экология и промышленность России. — 1999. — № 6. — С. 34–38.
3. Абишева З. С. Кислотно-экстракционная технология извлечения ценных компонентов из золы-уноса от сжигания энергетических углей / З. С. Абишева, И. А. Блайда, Е. И. Пономарева // Цветные металлы. 1994. № 3. С. 36–38.
4. Гужелев Э. П. Рациональное применение золы ТЭЦ: Результаты научно-практических исследований / Э. П. Гужелев, Ю. Т. Усманский. Омск: Омский гос. ун-т, 1998. — 238 с.
5. Михайлов Ю. Л. Физико-химические исследования процессов выщелачивания компонентов золы от сжигания углей экибастузского бассейна: дис. ... канд. хим. наук / Ю. Л. Михайлов. Красноярск, 2001.
6. Berry E. E. Enhanced resource recovery by beneficiation and direct acid leaching of fly ash / E. E. Berry, R. T. Hemmings, D. M. Golden // Fly Ash and Coal Convers. by Prod.: Charact., Util. And Disposal: III Symp. Pittsburgh, 2002. P. 365–380.

7. Черепанов А.А., Кардаш В. Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2009, № 2. — С. 98–115.
8. Малышев В. П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента / В. П. Малышев — Алма-Ата: «Наука», 1977. — с. 35.
9. РМГ 54–2002 Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов.

© Троеглазова Анна Владимировна (troeglasovaa@mail.ru), Вихарева Надежда Анатольевна (milana-maria@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Новосибирск

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

MODELING OF REGIONAL
SUSTAINABLE INNOVATIVE
DEVELOPMENT USING NATURAL
SCIENCE METERS IN SOLVING
APPLIED PROBLEMS

*E. Shamaeva
N. Musina*

Summary. The article discusses the formulation and selection of applied problems of modeling regional sustainable innovative development using natural science meters the technology for evaluating the technical and economic effectiveness of innovations is analyzed; technology for estimating hidden reserves, planning and monitoring problem solving.

Keywords: natural science meters, regional development modelling, management of innovative resources and hidden reserves, SCALAR planning methodology.

Шамаева Екатерина Федоровна

К.т.н., доцент, Государственный университет «Дубна»

shamef-kate@yandex.ru;

Мусина Нургуль Маратовна

*Аспирант, Государственный университет «Дубна»
nurgul_musina@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрена постановка и выбор прикладных задач моделирования регионального устойчивого инновационного развития с использованием естественнонаучных измерителей; проанализирована технология оценки технико-экономической эффективности новаций; показана технология оценки скрытых резервов, планирования и контроля решения проблем.

Ключевые слова: естественнонаучные измерители, моделирование регионального развития, управление инновационными ресурсами и скрытыми резервами, методология планирования КАЛАР.

Постановка и выбор прикладных задач моделирования регионального устойчивого инновационного развития с использованием естественнонаучных измерителей.

В системном анализе под исходной системой координат понимают первоначальное состояние объекта, который проектируется или же вход в систему. В свою очередь конечная система координат представляется собой искомое, обусловленное принципами моделирования, состояние или же выход из системы.

С учетом вышеизложенного метод проектирования и управления устойчивым развитием рассматривается как правила трансформации объекта из первоначального состояния в ожидаемое в соответствии с базовыми принципами.

Задача представляет собой систему, состоящую из трех элементов — «вход», «процесс», «выход». «Вход» представляет собой исходную систему координат. «Процесс» обуславливает правила разрешения задач. «Выход» является окончательная (ожидаемая) система координат (рис. 1) [1].

Реализуем такие классы задач (рис 2.) [2]:

Результат преобразования исходной в конечную или требуемую систему координат и есть решенная задача.

Задачу, которую можно выразить в естественнонаучных измеримых величин или в измерителях в исходную систему координат и процедуры решения задачи называют формализованность задачи.

В настоящее время выбор методов проектирования устойчивого развития не связан с критериями устойчивого развития и системой показателей, он реализуется основываясь на критериях «адекватных конкретной ситуации»¹, являющиеся необходимыми в процессе решения текущих задач, однако они отнюдь не достаточны при управлении и проектировании развитием.

¹ К числу таких критериев относятся: соответствие типу решаемой задачи (обоснованность); необходимость учитывать временные затраты (когнитивность); возможность проверки достоверности информации (исходных данных) и другие.

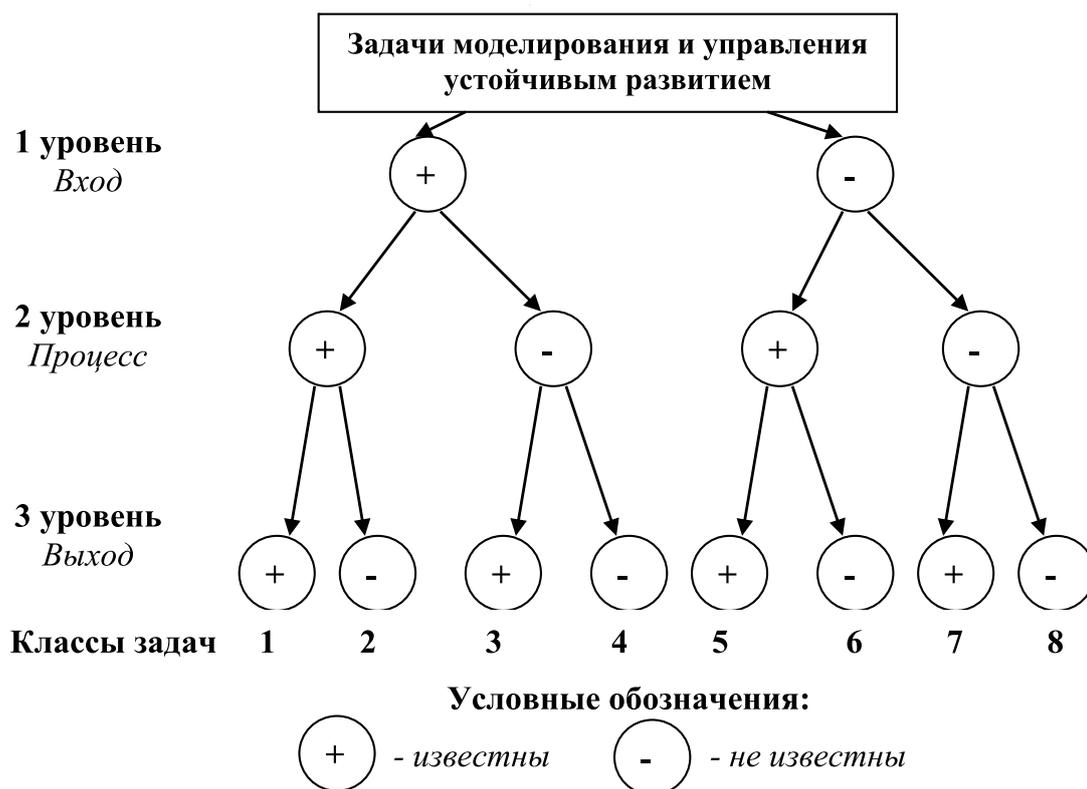


Рис. 1. Дерево логики возможных задач



Рис. 2. Классы задач в проектировании устойчивого развития

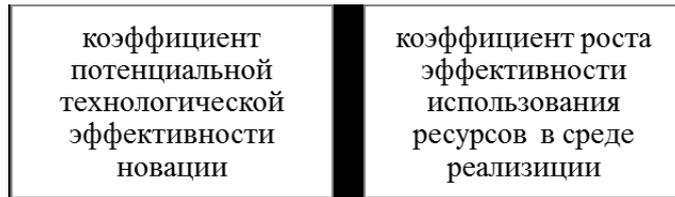


Рис. 3. Коэффициенты технико-экономической эффективности новаций

Технология оценки технико-экономической эффективности новаций

Правилами оценки вклада новаций в рост эффективности использования ресурсов предусмотрено определение эффективности использования ресурсов объекта проектирования до и после внедрения новации. Для этого рассчитываются два параметра (рис. 3) [3].

Коэффициент потенциальной технологической эффективности новации (κ) определяется:

$$\kappa_i(t) = \frac{b_{ji}(t)}{g_{ji}(t)}, \quad (1)$$

где $b_{ji}(t)$ — затраты энергии на выпуск единицы j -ой продукции за определенный период времени на протяжении i -го производственного процесса с учетом имеющихся технологических возможностей;

$g_{ji}(t)$ — затраты энергии на выпуск единицы j -ой продукции за определенный период времени на протяжении i -го производственного процесса с учетом технического потенциала новации.

Увеличение эффективности использования ресурсов вычисляется в среде реализации (региональной системе):

$$\varphi_1(t_0 + t_1) = \varphi_0(t_0) + \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \eta_{i0}(t_0) \cdot (\kappa_i(t_0) - 1) \cdot \frac{l_i(t_0 + t_1)}{m_i(t_0 + t_1)}, \quad (2)$$

где $\varphi_1(t_0 + t_1)$ — эффективность применения ресурсов (технологический потенциал системы) за период времени $(t_0 + t_1)$

$\varphi_0(t_0)$ — технологический потенциал на начало периода t_0 ;

i — производственные процессы в объекте, который проектируется $i = 1, 2, \dots, n$;

$\eta_{i0}(t_0)$ — обобщающий коэффициент уровня совершенства технологий (КСТ), используемых в i -м производственном процессе на начало периода t_0 ;

$\kappa_i(t_0)$ — показатель технологического потенциала новации в i -м производственном процессе на начало периода t_0 ;

l_i — число предприятий или производственных объектов, включенных в i -й производственный процесс, на которых внедряется новация;

m_i — общая численность производственных объектов, включенных в i -й производственный процесс;

t_0 — первоначальный период времени (год, месяц);

t_1 — время, которое необходимо для внедрения инновации в i -й производственный процесс на l_i -производственных объектах.

Если в региональном объекте проектирования выделено m_n ($n = 1, 2, \dots, i$, где i — количество выделенных производственных процессов) производственных объектов, а в соответствии с планом реализации новаций на время $(t_0 + t_1)$ количество производственных объектов, на которых реализуется новация, равно l_n ($n = 1, 2, \dots, i$), то эффективность использования ресурсов в региональном объекте управления на время $(t_0 + t_1)$ рассчитывается по формуле:

$$\varphi_1(t_0 + t_1) = \varphi_0(t_0) + \frac{1}{n} \cdot \sum \eta_{i0}(t_0) \cdot (\kappa_i(t_0) - 1) \cdot \frac{l_i(t_0 + t_1)}{m_i(t_0 + t_1)}. \quad (3)$$

Средством повышения эффективности использования энергоресурсов (энергоэффективности) служит внедрение новых технологий (новаций) в различные производственные процессы и отрасли хозяйства.

Технология оценки скрытых резервов, планирования и контроля решения проблем

На рис 4. представлены общесистемные показатели управления региональной системой на основе естественнонаучных измерителей с указанием их пространственно-временных размерностей.

В методологии проектирования и управления региональным устойчивым инновационным развитием с использованием естественнонаучных измерителей дефекты или проблемы¹ характеризуют скрытые резервы региональных систем и определяются величиной проблем и включают процедуры определения величин

¹ Проблема — это разность между необходимыми и имеющимися мощностями системы.



Рис. 4. Общесистемные показатели управления региональной системой

Определение целевых параметров производственной системы.

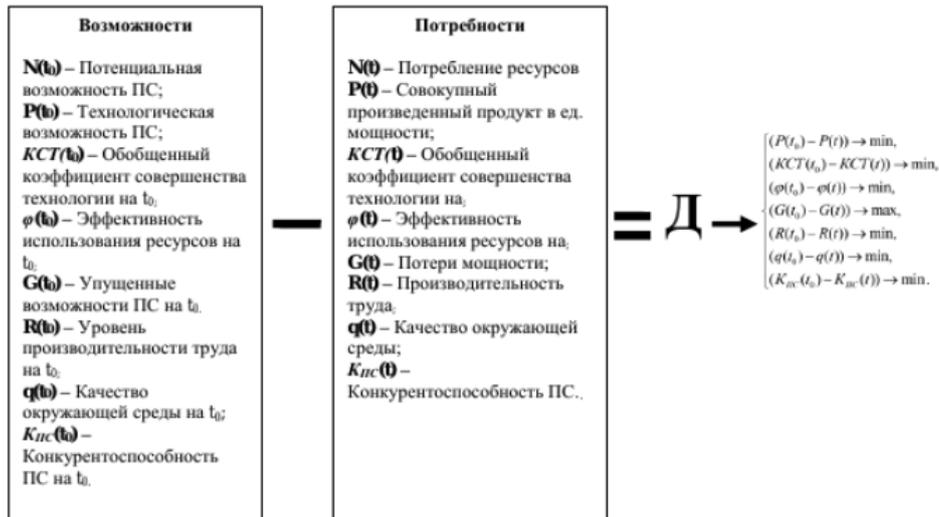


Рис. 5. Схема расчета дефектов

ны и состава проблем, последствий от их не решения (рис. 5).

Величина проблемы определяется как разность между целевым значением (то есть потребностью) на определенное проектное время и фактическим значением параметра (то есть возможностью) для текущего времени, включая параметры (рис. 6):

- ◆ M — численность населения (человек);
- ◆ T_{ср} — средняя ожидаемая продолжительность жизни (лет);
- ◆ P — совокупный произведенный продукт в единицах мощности (Вт);

\hat{P} — совокупный конечный продукт в единицах мощности (Вт);

N — суммарное потребление природных энергоресурсов в единицах мощности (Вт);

η — обобщенный коэффициент совершенства технологий (безразмерные единицы)

φ — эффективность использования природных энергоресурсов (безразмерные единицы);

U — совокупный уровень жизни в единицах мощности (кВт/чел.);

q — качество окружающей природной среды (безразмерные единицы);

QL — качество жизни в единицах мощности (кВт/чел.).

	Накопленная величина проблем (2010–2020 гг.)
Численность населения (M), млн. чел.	4,83
Продолжительность жизни (T_{cp}), лет	4,28
Годовой совокупный произведенный продукт в единицах мощности (P), ГВт	233,31
Годовой совокупный конечный продукт в денежных единицах (ε)	2099,80
Годовой суммарное потребление природных энергоресурсов в единицах мощности (N), ГВт	136,18
Годовые потери мощности (G) ГВт	-97,13
Обобщенный коэффициент совершенства технологии (η)	0,16
Эффективность использования ресурсов (φ)	0,16
Совокупный уровень жизни в единицах мощности (U), кВт/чел.	1,52
Совокупный уровень жизни в денежных единицах ($U_{пв}$). тыс. руб./чел.	13,65
Количество окружающей природной среды (q) безразмерные единицы	0,04
Качество жизни в единицах мощности QL кВт/чел	1,35
Качество жизни в денежных единицах, ($OL_{пв}$) тыс. руб./чел	12,13

Рис 6. Состав и величина проблем устойчивого инновационного развития на примере России (2010–2020 гг., сценарии: сохранение существующих темпов и сценарий устойчивого развития*)

* Подробнее см: Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Мониторинг и оценка новаций: формализация задач в проектировании регионального устойчивого инновационного развития.— Palmarium Academic Publishing, 2012.— 216 с.

Проектирование параметров регионального объекта на рассматриваемое проектное время осуществляется из условий сохранения сложившихся темпов роста численности, продолжительности жизни населения, суммарного потребления природных энергоресурсов и совокупного конечного продукта в единицах мощности (рис. 7).

Правила оценки проблем позволяют проводить декомпозицию по параметрам и региональным объектам, включая следующие этапы (рис 8.)

Например, обозначая долю внутреннего конечного продукта от совокупного конечного величины продукта, произведенного и реализованного в регионе за время t , через α_1 и долю внешнего продукта — через α_2 , будем иметь: $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ (4)

Получается, чем больше доля внешнего продукта (α_2), тем больше у регионального объекта внешнеполитические интересы и наоборот.

В монографии В.Г. Афанасьева «Научно-техническая революция, управление, образование» [5] предлагается программа совершенствования систем управления, согласно которой оптимизация использования имеющихся научно-технических средств системы осуществляется по следующим этапам (рис. 9.).

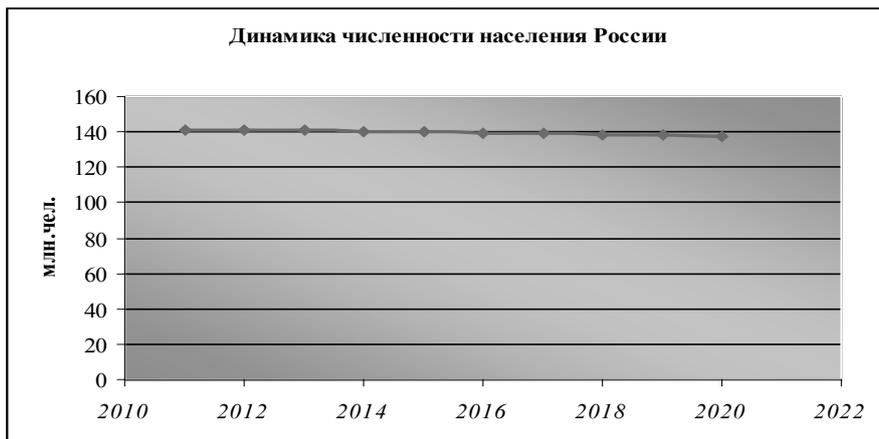
Внедрение целевой программы предусматривает на каждой стадии осуществление проектирования изменений в системе управления, ключевые вопросы: «Кто»,

«Что», «Когда», «Где», «Сколько», «Кому». Рассмотрим пример, представим, что организовано «Научно-производственное объединение контрольной электронной аппаратуры для пищевой промышленности (НПО КЭАПП). Это объединение получило в свое распоряжение некоторые основные и оборотные средства, земельные здания, сооружения и оборудование, которые будут использованы в конечном итоге для производства контрольной электронной аппаратуры, однако, пока не работает ни один цех, ни одна сборочная линия, хотя в целом ясен будущий проект. Объединение стоит в начале своей деятельности. Итак, проанализируем документы, которые отвечают на следующие вопросы, соответствующие каждому целевому результату (рис. 10).

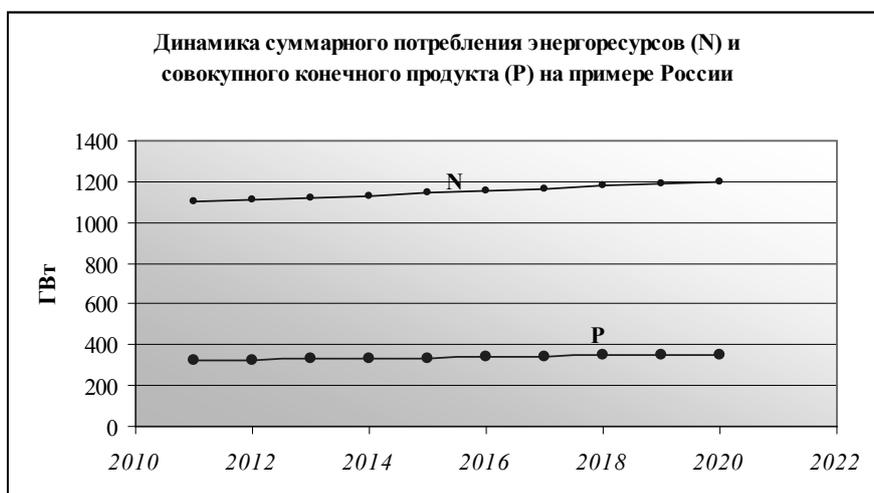
Например, руководителю Иванову необходимо получить результат в оговоренные сроки используя выделенные ресурсы. Т.к. данный руководитель не в состоянии осуществить все работы, связанные с планированием самостоятельно, он выделит главные части результата и распределит их среди подчиненных ему сотрудников (рис. 11.).

На этом рисунке показан первый круг разбиения результата и первый акт децентрализации ответственности за результат. Иванов как лицо, принимающее решение (ЛПР) укажет ответственным исполнителям контрольные сроки предъявления результата и разобьет отпущенный ресурс между подцелями.

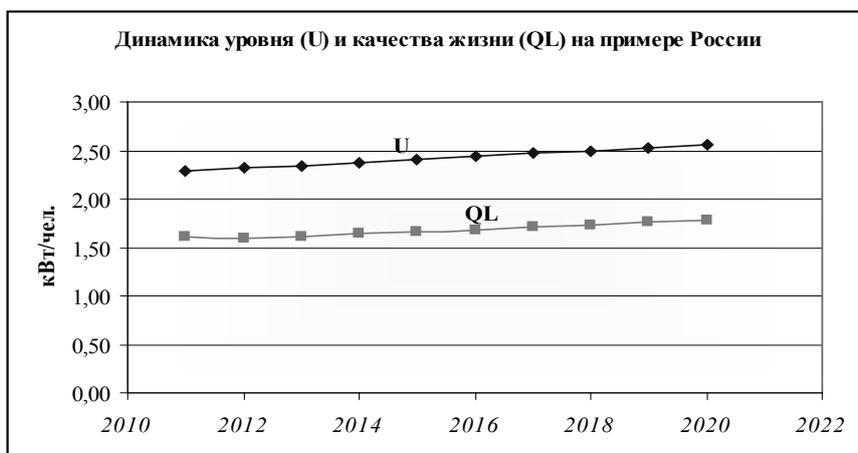
Выделенные в качестве ответственных, исполнители, в свою очередь, будут нуждаться в навыках и опыте



а) численность населения



б) суммарное потребление и совокупный конечный продукт



в) уровень и качество жизни в единицах мощности

Рис. 7. Динамика параметров устойчивого развития России с 2010 по 2020 гг. при условии сохранения текущей динамики

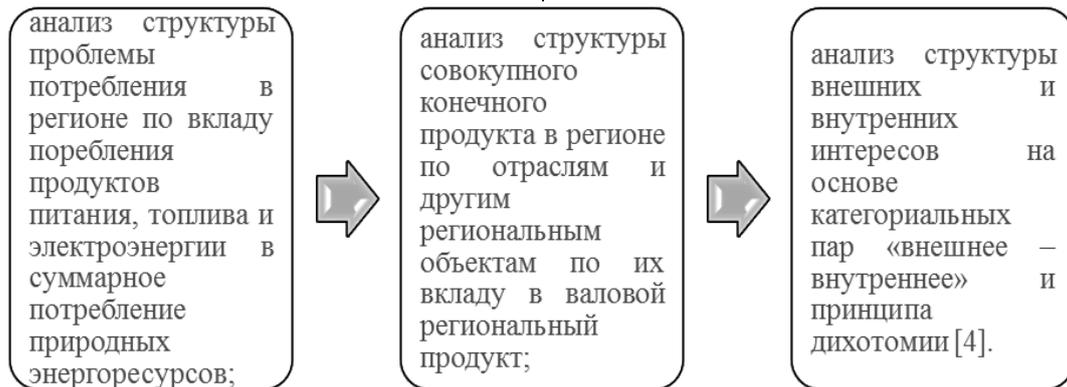


Рис. 8. Этапы оценки проблем

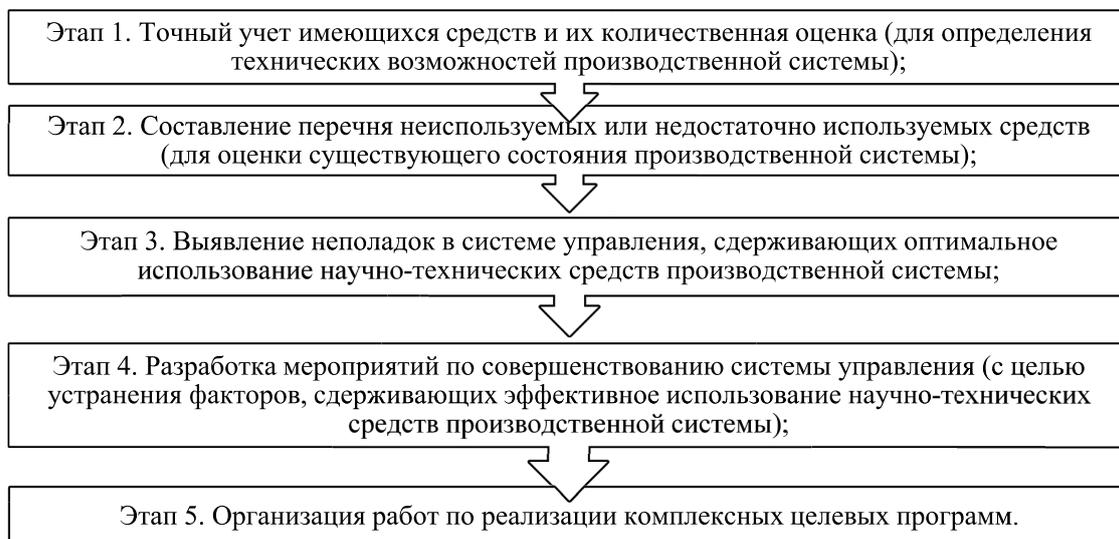


Рис. 9. Этапы управления устойчивым региональным развитием

более узких специалистов. Этими специалистами могут быть как сотрудники предприятия, так и привлеченные кадры. На этом этапе будет осуществлено второе разбиение результатов и вследствие чего сформируется круг децентрализации ответственности, в дальнейшем будут реализованы последующие акты делегирования ответственности за результаты.

Появятся следующие круги разбиения результата, и процедура распределения ответственности будет концентрироваться на тех промежуточных действиях, которые могут быть поручены для выполнения отдельным специалистам, которые способны уже самостоятельно сделать все необходимое на оборудовании, ЭВМ, с использованием ручных инструментов и т.п.

Сигналом для прекращения дробления результатов может быть, к примеру, граничная стоимость, когда разбиение действий будет окончено по всем подцелям

и в результате будет получена первая предмодель регламентирующая план работ, на основе которой может быть построена карта работ. Условно карта работ показана на рис. Соответствующая ей списковая структура может иметь вид (рис. 12).

Стандарт проектного управления устойчивым развитием — это последовательность правил на основе семантических вопросов управления.

Последовательность правил включает:

1. Декомпозиция по семантическому вопросу;
2. Поставим в соответствие семантическому вопросу;
3. По каждому результату, включаемому в план, необходимо ответить на шесть вопросов (по числу граней «кубика планирования»).

Таким образом, получаем паспорт проекта (табл. 1–6).

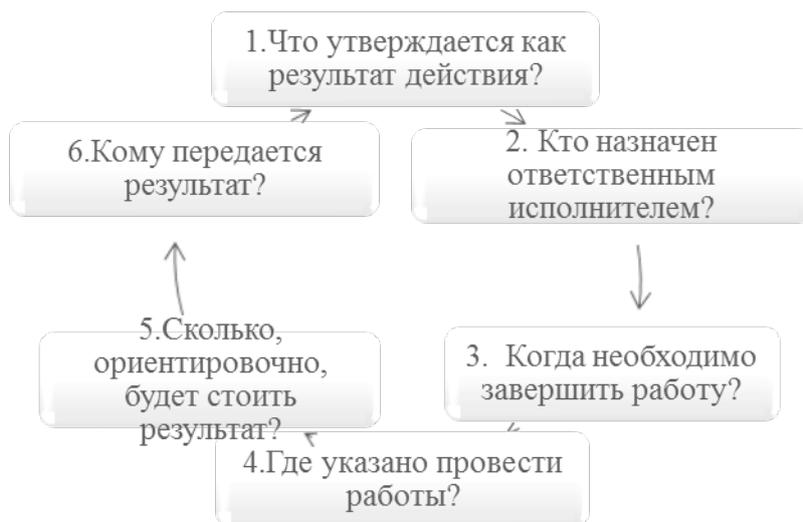


Рис. 10. Интуитивная схема управления развитием

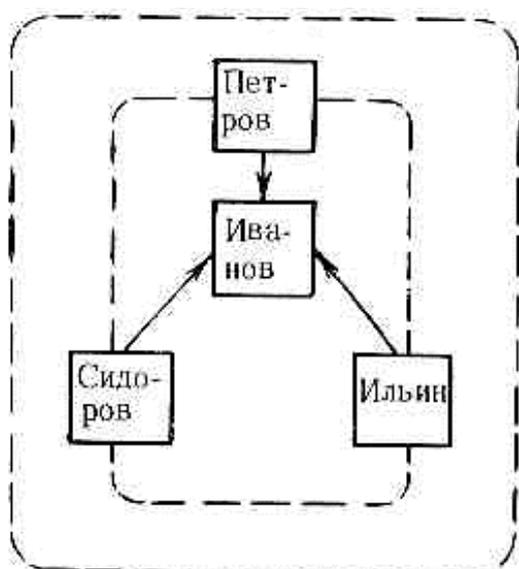


Рис. 11. Первый круг разбиения задачи управления

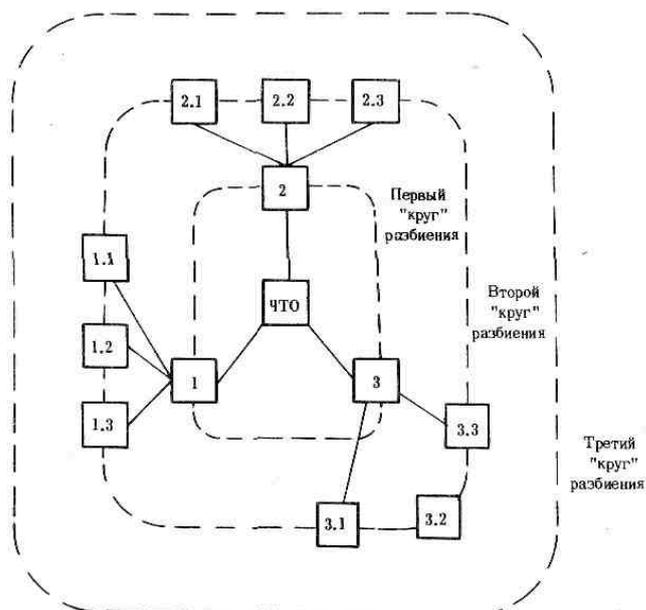


Рис. 12. Круг разбиения задачи управления

Таблица 1. Декомпозиция по семантическому вопросу «ЧТО»

	Что	Что	Что
Что	утверждается как результат действия		
Что			

Таблица 2. Декомпозиция по семантическому вопросу «КТО»

	Кто	Кто	Кто
Что	назначен ответственным исполнителем		
Что			

Таблица 3. Декомпозиция по семантическому вопросу «КОГДА»

	Когда	Когда	Когда
Что	Необходимо завершить работу		
Что			

Таблица 4. Декомпозиция по семантическому вопросу «ГДЕ»

	Где	Где	Где
Что	указано провести работы		
Что			

Таблица 5. Декомпозиция по семантическому вопросу «СКОЛЬКО»

	Сколько	Сколько	Сколько
Что	Сколько, ориентировочно, будет стоить результат		
Что			

Таблица 6. Декомпозиция по семантическому вопросу «КОМУ»

	Кому	Кому	Кому
Что	передается результат		
Что			

Перспективы развития методов проектирования и управления устойчивым инновационным развитием заключаются в создании теории и методологии, которые обеспечат единство языка системы и объектов управления на основе универсальных устойчивых мер — измерителей. Преобразование из исходной си-

стемы координат в требуемую связывается с возможностью использования и развития теории и методологии проектирования устойчивого развития в системе «природа — общество — человек» и естественнонаучных измерителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов А. Н. Системное познание мира: методологические проблемы. — М., 1985.
2. Большаков Б.Е., Шамаева Е. Ф. Мониторинг и оценка новаций: формализация задач в проектировании регионального устойчивого инновационного развития. — Palmarium Academic Publishing (Германия), 2012. — 216 с.
3. Большаков Б.Е., Шамаева Е. Ф. Системный анализ методов проектирования и управления устойчивым развитием //Интернет-журнал «Науковедение». 2012 № 4 (13) [Электронный ресурс]. — М., 2012. — Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-4-12>, свободный.
4. Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA. — М.: Компьютер Пресс, 1998.
5. Bolschakov B. Vdovichenko L. Problemas de simulascian de las relaciones internacionales en las terminas de magnitudes fisicamente mensurables. XI Congreso mundial de la Asociacion Internacional de la Ciecia Politika. — М., 1979.
6. Bolshakov B.E., Kuznetsov O. L. Sustainable development: Natural and Scientific principles. «Gumanistika», St Petersburg — Moskow — Dubna, 2002.
7. Brans J.P., Vincke Ph., Mareschal, B. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method//European Journal of Operational Research. 1986. Vol. 24.
8. Edwards W., Barron F. H. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for multi attribute utility measurement//Organizational Behavior and Human Decision Process, 1994. Vol. 60.
9. Sustainable Development and the Future of Cities — Bernd Hamm и Pandurang K. Muttagi, Intermediate Technology — 2008.
10. Sustainable Development Strategies A Resource Book Compiled by: Barry Dalal-Clayton and Stephen Bass of IIED for UNDP and OECD — 2009.
11. The Knowledge management process: a practical approach, IDC, 2000.

КОМПЛЕКСНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ, СОПРОВОЖДАЮЩИМИСЯ ПОВРЕЖДЕНИЕМ НИЖНЕГО АЛЬВЕОЛЯРНОГО НЕРВА

INTEGRATED TREATMENT OF PATIENTS WITH LOWER JAW FROM ACCOMPANIED BY DAMAGE TO THE LOWER ALVEOLAR NERVE

M. Abashev

Summary. The article discusses the clinical effectiveness of the use of magnetic laser therapy and the use of a drug containing nucleotides in the treatment of fractures of the lower jaw, accompanied by damage to the lower alveolar nerve, are evaluated. The immediate results of the treatment complex are studied and based on the data obtained, practical recommendations have been developed for the treatment of patients with complications of jaw fractures associated with dysfunction of the lower alveolar nerve.

Keywords: fracture of the lower jaw, lower alveolar nerve, nucleotides, magnetic laser therapy.

Абашев Максим Андреевич

Врач-стоматолог общей практики, Первый Санкт-Петербургский Государственный Медицинский Университет имени академика И. П. Павлова
trerg.maxim@yandex.ru

Аннотация. В статье проводится оценка клинической эффективности использования магнитолазерной терапии и применения препарата, содержащего нуклеотиды при лечении переломов нижней челюсти, сопровождающихся повреждением нижнеальвеолярного нерва. Изучаются ближайшие результаты комплексного лечения и на основе полученных данных разработаны практические рекомендации по лечению пациентов с осложнениями переломов челюстей, связанных с нарушением функции нижнеальвеолярного нерва.

Ключевые слова: перелом нижней челюсти, нижнего альвеолярного нерва, нуклеотиды, магнитолазерная терапия.

Ведение

Поиcки средств и методов лечебного воздействия на процессы, происходящие в нервах, которые повреждаются во время переломов челюстей, с целью стимуляции их восстановления, остаются одной из актуальных задач хирургической стоматологии [1,6]. Среди всех посттравматических повреждений костей лицевого скелета, переломы челюстных костей занимают особое место в силу своих функциональных и косметических особенностей [7, 11, 14].

Среди всех переломов лицевых костей ведущее место принадлежит переломам нижней челюсти [2,3]. От 60 до 80% переломов нижней челюсти проходят там, где находится нижнечелюстной канал, то есть в области угла челюсти, моляров и премоляров [4,9]. Одним из наиболее частых осложнений, возникающих при переломах нижней челюсти, являются повреждения нижнеальвеолярного нерва (НАН) в нижнечелюстном канале (НК) [1, 7, 12]. Кроме анатомически обусловленных причин, травма нижнеальвеолярного нерва может возникать в результате ошибок хирургического лечения [3, 15].

Данный нерв является периферической ветвью тройничного нерва, повреждение которого вызывает ряд

физиологических и морфологических изменений в тканях лица и органах полости рта [5,16]. Нарушение функции нерва различной степени возникает при непосредственной травме нерва во время смещения обломков во время повреждения нижнечелюстного канала, а также при компрессии нерва послеоперационным отеком или гематомой в просвете канала. Независимо от вида повреждения нерва в канале, происходит компрессионная и токсическая травма нижнеальвеолярного нерва (НАН) [7].

Это осложнение проявляется в виде отсутствия или длительного изменения чувствительности тканей в зоне иннервации в виде анестезии, гиперестезии или парестезии [10], а также могут проявляться длительными болями в области лица различной интенсивности, которые имеют приступообразный характер, что приводит к эмоционально-стрессовым нарушениям и значительно ухудшает качество жизни пациента [6].

Проблема восстановления функций НАН напрямую зависит от продолжительности компрессии нерва в НК, так как на процесс реабилитации влияют главным образом факторы токсического воздействия продуктов распада на сосудисто-нервный пучок и нарушения полноценного кровоснабжения как самого нерва, так и тканей, которым иннервируются [8, 13].

При лечении больных с переломами нижней челюсти, адекватное медикаментозное лечение, направленное на восстановление жизнедеятельности поврежденного нижнеальвеолярного нерва, вообще не назначается или проводится несвоевременно, и поэтому оно малоэффективно [4,9]. Лечение повреждений периферических нервов не всегда эффективно и остается сложной задачей. Это связано с многогранностью клинических проявлений, наличием ряда осложнений (болевого синдрома, двигательных и трофических нарушений, контрактур и т.д.) [16].

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что проблемы восстановления периферических нервов, в том числе нижнеальвеолярного, после травм, однозначно до сих пор не решены. Поскольку степень восстановления структур и функций нерва находится в прямой зависимости от полноты и времени их реинервации, а реинервация зависит от степени восстановления миелиновой оболочки нерва, изучение влияния методов лечения на миелинизацию нервных волокон, является актуальной проблемой современной теоретической и клинической медицины [10].

Поэтому, разработка способов лечения, направленных на ускорение восстановления функций нижнеальвеолярного нерва, будет способствовать уменьшению времени лечения больных.

Клиническое обследование пациентов проводилось на базе Первого Санкт-Петербургского Государственного Медицинского Университета имени академика И.П. Павлова.

Основным критерием включения пациентов в исследования было наличие признаков нарушения функции нижнеальвеолярного нерва после перелома нижней челюсти. Под динамическим наблюдением находились 6 женщин и 114 мужчин с ангулярными переломами нижней челюсти, у которых были обнаружены симптомы повреждения нижнеальвеолярного нерва, пациенты входили в возрастную группу от 18 до 57 лет.

Все пациенты разделены на 3 группы: группа сравнения — использован традиционный метод лечения, включавший в себя шинирование, использование антибиотикотерапии, препарата из группы антигистаминных средств и препарата группы нестероидных противовоспалительных средств; основная группа А — традиционный метод лечения, дополнен магнитолазерной терапией; основная группа Б — традиционный метод, дополненный использованием препарата, содержащего нуклеотиды.

Группа сравнения включала 33 пациента (3 женщины и 30 мужчин). Средний возраст пациентов группы срав-

нения составил $28,36 \pm 7,99$. Пациенты группы сравнения были госпитализированы в остром периоде после травмы до 3-х суток.

Основная группа А состояла из 42 пациентов мужского пола, средний возраст $26,92 \pm 6,96$. Пациенты основной группы А были госпитализированы в остром периоде после травмы до 3-х суток.

Основная группа Б включала 45 пациентов (3 женщины и 42 мужчины). Средний возраст пациентов основной группы Б составил $27,15 \pm 8,28$, пациенты основной группы Б были госпитализированы в остром периоде после травмы до 3-х суток.

Средняя продолжительность стационарного лечения составила: в группе сравнения — $13,72 \pm 1,20$; в основной группе А — $13,45 \pm 1,22$; в основной группе Б — $13,42 \pm 1,23$.

Клиническое обследование включало опрос, сбор анамнеза, объективное исследование. Всем пациентам проводилась оценка местного неврологического статуса, а также рентгенологические и специальные методы обследования. Таким образом, мы исследовали динамику клинических симптомов в пациентов с ангулярными переломами нижней челюсти, которые сопровождались повреждением нижнеальвеолярного нерва, и сравнили три метода лечения:

1. традиционный с применением шинирования и противовоспалительной терапии;
2. традиционный с применением шинирования и противовоспалительной терапии + магнитолазерной терапии участка перелома;
3. традиционный с применением шинирования и противовоспалительной терапии + препарат, содержащий нуклеотиды. Сравнительная эффективность методов лечения нами оценена по разнице динамики избранных характеристик в определенные промежутки времени.

Следует отметить, что показатели всех исследований в начале лечения были почти одинаковы во всех группах. Такие показатели, как порог ощущения, порог боли, уровень выносливости боли, степень нарушения тактильной чувствительности, площадь нарушения тактильной чувствительности, нарушение мандибулярного рефлекса, трофические нарушения сравнивались с помощью критерия Стьюдента и цепей Маркова (МСМС).

С помощью электроодонтометрии мы исследовали порог ощущения, порог боли и уровень выносливости боли в проекции ментального отверстия, таким образом, оценивали проводимость нижнеальвеолярного нерва.

При исследовании порога ощущения нами было установлено, что в основной группе А по состоянию на седьмые сутки получен результат ($42,00 \pm 0,79$) достоверно лучше результата в группе сравнения ($42,61 \pm 1,14$) ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($34,95 \pm 0,79$) достоверно лучше результата группы сравнения ($42,61 \pm 1,14$) ($p < 0,05$).

На четырнадцатый день в основной группе А результат ($36,90 \pm 0,88$) достоверно лучше результата в группе сравнения ($37,45 \pm 1,48$) ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($16,73 \pm 0,75$) достоверно лучше результата ($37,45 \pm 1,48$) группы сравнения ($p < 0,05$).

При исследовании порога боли нами было установлено, что в основной группе А по состоянию на седьмые сутки результат ($52,88 \pm 0,80$) достоверно лучше результата в группе сравнения ($52,90 \pm 1,26$) ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($46,11 \pm 0,83$) достоверно лучше результата ($52,90 \pm 1,26$) группы сравнения ($p < 0,05$). На четырнадцатый день в основной группе А ($47,17 \pm 0,85$) результат достоверно лучше результата ($47,43 \pm 1,27$) в группе сравнения ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($37,46 \pm 0,79$) достоверно лучше результата ($47,43 \pm 1,27$) группы сравнения ($p < 0,05$).

При исследовании уровня выносливости боли нами было установлено, что в основной группе А по состоянию на седьмые сутки результат ($73,41 \pm 0,96$) достоверно лучше результата ($73,73 \pm 1,18$) в группе сравнения ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($67,02 \pm 0,89$) достоверно лучше результата ($73,73 \pm 1,18$) группы сравнения ($p < 0,05$). На четырнадцатый день в основной группе А результат ($72,31 \pm 0,75$) достоверно лучше результата ($73,15 \pm 1,15$) в группе сравнения ($p > 0,05$), а в основной группе Б результат ($53,09 \pm 0,79$) достоверно лучше результата ($73,15 \pm 1,15$) группы сравнения ($p < 0,05$).

Исходя из этого, можно говорить, что использование препарата, содержащего нуклеотиды, достоверно улучшает проводимость нижнеальвеолярного нерва, а предложенный нами метод электрокровоодонтодиагностики можно использовать, как достоверный метод диагностики повреждения нижнеальвеолярного нерва.

Исследовав степень нарушения тактильной чувствительности, можем сказать, что на седьмой день в основной группе А улучшение почти не отмечалось ($2,60 \pm 0,29$) и результаты были сходны с таковыми в группе сравнения ($2,69 \pm 0,47$) ($p > 0,05$), а в основной группе Б ($1,87 \pm 0,34$) отмечалось хорошее, хотя и недостоверное, улучшение по отношению к группе сравнения ($2,69 \pm 0,47$) ($p > 0,05$). На четырнадцатый день наблюдали почти одинаковый показатель в основной группе А ($2,51 \pm 0,46$) по отношению к группе сравнения ($2,69 \pm 0,47$) ($p > 0,05$), и досто-

верно лучший результат в основной группе Б ($0,84 \pm 0,36$) по отношению к группе сравнения ($2,69 \pm 0,47$) ($p < 0,05$).

Подобные показатели и такая же тенденция были обнаружены при исследовании нарушений температурной и болевой чувствительности. И хотя тактильная, температурная и болевая чувствительность проводится по различным типам волокон, исходя из результатов исследования, можно достоверно говорить о том, что препарат, содержащий нуклеотиды, способствует восстановлению всех видов чувствительности в зоне иннервации нижнеальвеолярного нерва.

Проведя исследования площади нарушения тактильной чувствительности нижней губы и подбородка, выяснили, что на седьмой день в основной группе А ($8,53 \pm 0,47$) улучшения не отмечалось, и результаты были сходны с таковыми в группе сравнения ($8,54 \pm 0,47$) ($p > 0,05$), а в основной группе Б ($6,37 \pm 0,32$) отмечалось хорошее, хотя и недостоверное, улучшение по отношению к группе сравнения ($8,54 \pm 0,47$) ($p > 0,05$). На четырнадцатый день наблюдали достоверно лучший результат в основной группе А ($7,57 \pm 0,29$) по отношению к группе сравнения ($7,88 \pm 0,32$) ($p > 0,05$), и достоверно лучший результат в основной группе Б ($3,31 \pm 0,31$) по отношению к группе сравнения ($7,88 \pm 0,32$) ($p < 0,05$).

Также было проведено исследование и сравнение площади нарушения болевой чувствительности в зоне иннервации нижнеальвеолярного нерва. Выявлены сходные результаты и, соответственно, сходная динамика показателей. Это позволяет нам достоверностью отметить, что препарат, содержащий нуклеотиды, способствует восстановлению функции нижнеальвеолярного нерва, а предложенный нами метод контроля может быть использован, как достоверный метод контроля нарушения функции нижнеальвеолярного нерва при травмах.

При исследовании мандибулярного рефлекса по состоянию на 14-сутки выявлено незначительное недостоверное улучшение результатов в основной группе А ($2,40 \pm 0,54$) по отношению к группе сравнения ($2,43 \pm 0,69$) ($p > 0,05$) и значительный достоверный лучший результат в основной группе Б ($0,84 \pm 0,37$) по отношению к группе сравнения ($2,43 \pm 0,69$) ($p < 0,05$). Проведя анализ других симптомов, выявлена неодинаковая динамика в основной группе А и в основной группе Б. Так, показатель спонтанной (произвольной боли) на седьмой день в основной группе А ($1,47 \pm 0,50$) был лучше показателя в группе сравнения ($2,09 \pm 0,29$) ($p > 0,05$), но хуже такового в основной группе Б ($1,02 \pm 0,14$) ($p < 0,05$). По завершению наблюдения (четырнадцатые сутки), показатели в основной группе А и основной группе Б были почти одинаковыми ($0,26 \pm 0,44$ и $0,22 \pm 0,42$ соответственно)

и были намного лучше от таковых в группе сравнения ($1,48 \pm 0,50$) ($p < 0,05$).

Клинические проявления, такие как ноющая и стреляющая боль, которые мы исследовали в клиническом обследовании, имели подобные динамику и тенденции с показателем спонтанной (произвольной) боли. Поэтому, можно считать их родственными симптомами и рассматривать в группе.

Рассматривая группу жалоб, отражающих невропатические нарушения, следует отметить такие клинические жалобы, как ощущение жжения и ощущение покалывания в зоне иннервации нижеальвеолярного нерва, а именно в области нижней губы и подбородка соответствующей стороны. Было обнаружено, что использование магнитолазерной терапии в основной группе А привело к незначительному снижению данных симптомов по состоянию на седьмые ($1,45 \pm 0,86$) и на четырнадцатые сутки ($1,00 \pm 0,85$), по отношению к группе сравнения ($1,30 \pm 0,46$) ($p < 0,05$). Тогда, как в основной группе Б при использовании препарата, содержащего нуклеотиды на седьмые сутки наблюдался значительный регресс ($0,46 \pm 0,50$) ($p < 0,05$), а на четырнадцатый день данные симптомы не наблюдались ($p < 0,05$). Все жалобы, отражающие невропатические нарушения имели лучшую динамику в основной группе А ($p < 0,05$), а в основной группе Б все жалобы на четырнадцатые сутки отсутствовали ($p < 0,05$). Таким образом, с уверенностью можно сказать, что препарат, содержащий нуклеотиды, способствует исчезновению невропатических проявлений при травмах нижеальвеолярного нерва.

Проанализировав данные шкал и опросников, обнаружили такие закономерности. Согласно данным визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) лучшие результаты отмечались в основной группе А, несколько худшие в основной группе Б и худший результат в группе сравнения. Так на седьмой день в основной группе А результат был в 3,2 раза ($p < 0,05$), а на четырнадцатый день — в 13,6 раза лучше по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). В то же время, в основной группе Б соответствующие показатели отличались в 1,53 и 2,97 раза соответственно ($p < 0,05$). Это позволяет утверждать, что магнитолазерная терапия показала достоверно лучший эффект по уменьшению боли, чем использование препарата, содержащего нуклеотиды.

Проведя исследования результатов шкалы общей оценки симптомов невропатии (NTSS-9), болевой шкалы LANSS обнаружили следующую зависимость. На седьмой день показатели шкалы NTSS-9 в основной группе А составляли ($13,66 \pm 1,14$) и основной группе Б ($13,42 \pm 0,77$) и имели недостоверно лучший результат, по отношению к группе сравнения ($17,66 \pm 1,15$) ($P > 0,05$). Но по состо-

янию на четырнадцатый день показатели были лучше в основной группе А ($6,03 \pm 1,59$) в 4,36 раз ($p < 0,05$), в основной группе Б ($2,53 \pm 0,50$) в 5,79 раз ($p < 0,05$) по отношению к группе сравнения ($14,60 \pm 1,02$).

Согласно данных болевой шкалы LANSS, на седьмые сутки в основной группе А ($10,05 \pm 0,71$) наблюдается резкое снижение показателей соответствующее разнице с группой сравнения ($18,21 \pm 0,78$) ($p < 0,05$) в 1,82 раза, тогда как разница между основной группой Б ($13,47 \pm 0,49$) и группой сравнения ($18,21 \pm 0,78$) отличались в 1,35 раз ($p > 0,05$). На четырнадцатый день результаты изменились в пользу основной группы Б ($6,24 \pm 0,55$), и различия показателей между группами составили: группа сравнения — основная группа А ($17,54 \pm 0,62$ и $9,62 \pm 0,72$) и группа сравнения — основная группа Б ($17,54 \pm 0,62$ и $6,24 \pm 0,55$) и отличались соответственно в 1,82 и 2,8 раза ($p < 0,05$).

При исследовании данных опросника невропатической боли DN4 значительного улучшения в основной группе А не наблюдалось (7 сутки — $7,76 \pm 0,61$; 14 сутки — $5,71 \pm 0,53$) по отношению к группе сравнения ($8,54 \pm 0,63$) ($p < 0,05$; $p > 0,05$), в основной группе Б ($6,40 \pm 0,49$) на седьмой день выявлено недостоверное улучшение по отношению к группе сравнения ($8,54 \pm 0,63$) ($p < 0,05$), а на четырнадцатые сутки — значительное достоверное улучшение результатов ($1,69 \pm 0,45$) в 4,35 раз ($p < 0,05$).

Шкала общей оценки симптомов невропатии (NTSS-9), болевая шкала LANSS и опросник невропатической боли DN4 включают диагностику болевого синдрома и невропатических нарушений с различных сторон, и поэтому имеют не одинаковую динамику в группах при использовании различных методов лечения. Такие различия динамики показателей, по нашему мнению, показывают, что использование магнитолазерной терапии в основной группе А вызывает мощный обезболивающий эффект. Использование же препарата, содержащего нуклеотиды проявляет лучшую эффективность при лечении невропатических нарушений.

Наблюдая за динамикой симптомов невропатий (тепловая, холодовая, статическая и динамическая гипералгезии), выявлено, что через 14 дней все эти симптомы полностью исчезают в основной группе А и основной группе Б, тогда как в группе сравнения данные симптомы наблюдаются по окончании срока наблюдения, и их интенсивность уменьшается менее чем на 50%. Этот факт дает нам возможность утверждать, что магнитолазерная терапия и использование препарата, содержащего нуклеотиды при травмах нижеальвеолярного нерва минимизирует невропатические проявления.

Проведя углубленный статистический анализ с помощью МСМС методологии таких клинических признаков,

как площадь нарушения тактильной чувствительности, степени нарушения тактильной чувствительности нижней губы, трофических нарушений слизистой, нарушение мандибулярного рефлекса, порога ощущения, порога боли, уровня выносливости боли, мы получили следующие статистически достоверные результаты. Наблюдается выраженный эффект лечения с использованием препарата, содержащего нуклеотиды, который обеспечивал достоверно более быстрое исчезновения нарушений во все промежутки наблюдения по всем параметрам, за исключением трофических нарушений слизистой. Метод с использованием магнитолазерной терапии значительно уступал методу с применением препарата, содержащего нуклеотиды на всех этапах исследования и по всем характеристикам, по ряду клинических характеристик не отличаясь по эффективности от традиционного лечения.

Выводы

1. На основании данных комплексных исследований: общеклинических, неврологических (шкалы NTSS-9, LANSS, DN4, ВАШ), качественных и количественных сенсорных тестов, электродиагностики, обоснована целесообразность применение разработанного алгоритма диагностики повреждения нижнеальвеолярного нерва при переломах нижней челюсти
2. Доказана клиническая эффективность использования магнитолазерной терапии при лечении повреждений НАН, применение которой обеспечивает значительный обезболивающий и противовоспалительный эффект, что способствует

уменьшению использования обезболивающих препаратов на $6,24 \pm 0,71$ суток. Показатели ВАШ в 13,6 раза меньше, показатели спонтанной боли в 5,69 раза меньше по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). Величина болевой реакции симптома косвенной нагрузки составляла $0,55 \pm 0,50$ балла, что соответствует снижению на 79,4% ($p < 0,05$). Показатель DN4 составлял $5,71 \pm 0,53$ балла, что на 22,4% ниже группы сравнения ($p > 0,05$).

3. Оценена клинической эффективности использования препарата содержащего нуклеотиды при лечении переломов нижней челюсти по состоянию на 14 сутки. Показатели спонтанной боли составили $0,22 \pm 0,42$ балла, что в 6,72 раза ниже таковых в группе сравнения ($p < 0,05$). Показатели шкалы NTSS-9 составляли $2,53 \pm 0,50$ балла, что в 5,77 раза ниже таковых в группе сравнения ($p < 0,05$). Показатели нарушения тактильной чувствительности составляли $0,84 \pm 0,36$ балла, что в 3,2 раза ниже по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). Полученные результаты показывают значительную положительную клиническую эффективность препарата, содержащего нуклеотиды.
4. На основании данных комплексных клинико — экспериментальных исследований обосновано применение предложенного комплекса лечения пациентов с осложнениями переломов нижней челюсти, связанных с нарушением функции нижнеальвеолярного нерва, позволяющему предотвратить осложнения и достичь устойчивых клинических результатов лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруков С. Г. Клинико-иммунологическая оценка результатов применения биорезонансной стимуляции в комплексном лечении больных с переломом нижней челюсти / С. Г. Безруков, К. Н. Каладзе // Вестник стоматологии. — 2011. — № 3 — С. 41–44.
2. Ешиев А. М. Профилактика и лечение воспалительных осложнений открытых переломов нижней челюсти с применением гидроксиапатита — коллапанового геля / А. М. Ешиев, Н. Мырзашева // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 437–441.
3. Закишева С. М. Регионарное введение препаратов в комплексном лечении переломов нижней челюсти / С. М. Закишева, А. Т. Токбергенова // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 6. — С. 5.
4. Иваничев Г. А. Комплексный регионарный болевой синдром — регионарная скелетно-мышечная боль / Г. А. Иваничев // Международный неврологический журнал. — 2012. — № 2 (48). — С. 25–28.
5. Калиновский Д. К. Совершенствование оказания медицинской помощи на этапах лечения и реабилитации пострадавших с травмами челюстно-лицевой области / Д. К. Калиновский, И. Н. Матрос-Таранец, С. Б. Алексеев // Врач скорой помощи. — 2009. — № 5. — С. 18–24.
6. Матрос-Таранец И. Н. Результаты лечения 1900 пострадавших с переломами нижней челюсти / И. Н. Матрос-Таранец, М. В. Дзюба, И. Х. Дуфаш // Современная стоматология. — 2006. — № 1. — С. 102–106.
7. Медведев Ю. А. Тактика лечения пациентов с переломами нижней челюсти в пределах зубного ряда / Ю. А. Медведев, Д. Ю. Милукова // Стоматология. — 2012. — № 6. — С. 48–51.
8. Морозова М. Н. Морфологическая оценка эффективности лечения травматического неврита нижнеальвеолярного нерва комбинированными нейротропными препаратами / М. Н. Морозова, В. Б. Калиберденко, Д. Н. Шаблий // Таврический медицинский вестник. — 2013. — Т. 16, № 1, Ч. 2 (61). — С. 129–131.
9. Омар Х. М. Ультразвуковая диагностика как метод планирования лечения больных с переломами нижней челюсти и оценки репаративного остеогенеза / Х. М. Омар, О. В. Цымбалов // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 10. — С. 542–544.

10. Подольский В. В. Эффективность транскраниальной электростимуляции в комплексном лечении больных с открытым переломом нижней челюсти: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «Стоматология» / Подольский В. В. — Волгоград, 2009. — 20 с.
11. Тимофеев А. А. Изучение состояния нижнего альвеолярного нерва при повреждениях нижней челюсти в динамике проводимого лечения. Часть 1 / А. А. Тимофеев, В. Л. Леснухин // Современная стоматология. — 2009. — № 3. — С. 109–115.
12. Duddu Mahesh Kumar. Cap splint — a definitive treatment modality for pediatric mandibular fractures — a case report / Mahesh Kumar Duddu, Radhika Muppa, Prameela Bhupatiraju // Indian Journal of Dental Sciences. — 2012. — Vol. 4, Issue 5. — P. 47–49.
13. Hoddeson E. Management of mandibular fractures from penetrating trauma / E. Hoddeson, E. Berg, C. Moore // The Open Otorhinolaryngology Journal. — 2013. — № 7. — P. 1–4.
14. Lamarca A. Uridine 5'-triphosphate promotes in vitro Schwannoma cell migration through matrix metalloproteinase-2 activation / A. Lamarca, A. Gella, T. Martiñáñez // PLOS ONE. — 2014. — Vol. 9, Issue 6. — P. 1–5.
15. Prabhakar Attiguppe R. A modified surgical approach to a case of mandibular fracture in a 5-year-old girl / Attiguppe R. Prabhakar, Kirthi Kumar Rai, Divya Prahlad // Contemporary Clinical Dentistry. — 2013. — Vol. 4, Issue 1. — P. 81–83.
16. Seung Min Nam. The application of the Risdon approach for mandibular condyle fractures / Seung Min Nam, Jang Hyun Lee, Jun Hyuk Kim // BMC Surgery. — 2013. — Vol. 13 (25). — 7 p.

© Абашев Максим Андреевич (trerg.maxim@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РОЛЬ НАРУШЕНИЙ ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ДЕСНЕВОЙ ЖИДКОСТИ В ПАТОГЕНЕЗЕ БЫСТРОПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ПАРОДОНТИТА

THE ROLE OF VIOLATIONS OF THE CYTOKINE PROFILE OF GINGIVAL FLUID IN THE PATHOGENESIS OF RAPIDLY PROGRESSING PERIODONTITIS

**S. Akimova
J. Osipova
N. Baranova**

Summary. Relevance and goals. In connection with the steady increase in the prevalence of inflammatory periodontal diseases, among which the prevalence of aggressive forms of periodontitis is also increasing, the question of a detailed study of the pathogenesis of this group of diseases does not lose its significance. Currently, the pathogenesis of rapidly progressive periodontitis, associated with the influence of cytokines on the course of inflammatory and destructive changes in periodontal tissues, needs to be clarified.

Materials and methods. The study involved 60 patients, 20 of whom had no signs of inflammation of periodontal tissues, 20 patients with rapidly progressive periodontitis; the comparison group consisted of 20 patients with chronic periodontitis. All patients underwent clinical and instrumental periodontal research according to the standard method, the content of gingival fluid IL-1, TNF- α , TGF- β 1 was carried out by enzyme-linked immunosorbent assay.

Results. It was revealed that in patients with rapidly progressive periodontitis, there is a pronounced imbalance of cytokines in the gingival fluid, which correlates with the severity of inflammatory events, while the TGF- β 1 content (regeneration factor) also increases, but the ratio of its concentration and IL-1 concentration is disturbed in favor of the latter, which certainly allows to state the fact that the intensity of bone destruction processes significantly exceeds the activity of regeneration processes.

Conclusions. One of the mechanisms of the active inflammatory process in RPP is the overproduction of pro-inflammatory cytokines, which contributes to the progression of inflammatory and destructive changes in tissues, against the background of reduced regeneration due to insufficient production of cytokines that initiate regeneration processes.

Keywords: periodontitis; rapidly progressive periodontitis; cytokines, IL-1, TNF- α , TGF- β 1.

Акимова Светлана Анатольевна

Аспирант, Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского
svetlana.akimova1987@yandex.ru

Осипова Юлия Львовна

Д.м.н., доцент, Саратовский ГМУ
им. В. И. Разумовского
osipova-sgtmu@mail.ru

Баранова Надежда Ивановна

Д.б.н., профессор, ПИУВ — филиал ФГБОУ ДПО
РМАНПО Минздрава России (г. Пенза)
snil@piuv.ru

Аннотация. Актуальность и цели. В связи с неуклонным ростом распространенности воспалительных заболеваний пародонта, среди которых распространенность агрессивных форм пародонтита также увеличивается, вопрос детального изучения патогенеза данной группы заболеваний, не теряет своей значимости. В настоящее время требуют уточнения вопросы патогенеза быстро прогрессирующего пародонтита, связанные с влиянием цитокинов на ход воспалительно-деструктивных изменений в тканях пародонта.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 60 пациентов, 20 из которых не имели признаков воспаления тканей пародонта, 20 пациентов с быстро прогрессирующим пародонтитом (БПП); группу сравнения составили 20 больных хроническим пародонтитом. Всем пациентам проведено клинико-инструментальное исследование пародонта по стандартной методике, содержание в десневой жидкости IL-1, TNF- α , TGF- β 1 проводилось методом иммуноферментного анализа.

Результаты. Выявлено, что у больных быстро прогрессирующим пародонтитом имеет место выраженный дисбаланс цитокинов в десневой жидкости, что коррелирует с выраженностью воспалительных явлений, при этом содержание TGF- β 1 (фактора регенерации) также увеличивается, однако соотношение его концентрации и концентрации IL-1 нарушается в пользу последнего, что безусловно, позволяет констатировать тот факт, что интенсивность процессов деструкции костной ткани значительно превышает активность процессов регенерации.

Выводы. Одним из механизмов активного воспалительного процесса при БПП является гиперпродукция провоспалительных цитокинов, способствующая прогрессированию воспалительно-деструктивных изменений в тканях, на фоне сниженной регенерации, обусловленной недостаточной продукцией цитокинов, инициирующих процессы регенерации.

Ключевые слова: пародонтит; быстро прогрессирующий пародонтит; цитокины, IL-1, TNF- α , TGF- β 1.

Введение

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений современной медицины является установление характера влияния эндогенных белковых биорегуляторов на течение иммунобиологических процессов, их роли в патогенезе многих заболеваний. Интерес клиницистов к данному вопросу вызван все более частыми попытками применения цитокинов в клинической практике, однако механизм их действия, степень их влияния на те или иные иммунобиологические процессы до конца не выяснены и требуют дальнейшего изучения [1].

В стоматологии выделяют ряд нозологий, в патогенезе которых большое значение имеет нарушение цитокиновой регуляции иммунобиологических реакций. Так нарушения местного и системного иммунного ответа лежат в основе патогенеза быстропрогрессирующего пародонтита [2, 3]. Однако в силу сложности взаимодействий факторов, обуславливающих развитие и прогрессирование БПП, вопрос характера и степени участия цитокинов в этих процессах все еще остается открытым [3].

Таким образом, цитокины, потенцируя и отчасти определяя иммунный ответ макроорганизма на внедрение патогенной флоры, и непосредственно нарушения в системе цитокинов являются неотъемлемым звеном патогенеза БПП. Особая роль в развитии БПП отводится провоспалительным цитокинам — IL-1, TNF- α и противовоспалительному цитокину TGF- β 1 [3]. Применение метода иммуноферментного анализа для определения содержания цитокинов в десневой жидкости позволяет оценить характер нарушений их баланса, выявить механизмы влияния на процессы происходящие в ходе развития воспалительной реакции, что несомненно позволит повысить эффективность диагностики и лечения данной патологии.

Цель

Определить характер изменений цитокинового профиля десневой жидкости у больных с быстропрогрессирующим пародонтитом.

Материалы и методы

Для достижения поставленных целей было обследовано 60 человек, из которых, 20 пациентов с диагнозом быстропрогрессирующий пародонтит, 20 с хроническим пародонтитом (группа сравнения), 20 человек имели интактный пародонт (контрольная группа).

Критерии включения: лица мужского и женского пола в возрасте от 18 до 45 лет, не имеющие тяжелых органических патологий. Все участники были ознакомлены

с протоколом проводимого исследования и дали свое согласие на участие в исследовании. Все пациенты были обследованы по стандартной методике, также была проведена индексная оценка гигиенического статуса и тяжести воспалительных явлений тканей пародонта (Green J.C., Vermillion J.R., 1964), Muhlemann, в модификации (Cowell R. et al., 1975), Flesar T.J. (1980), PMA (Parma, 1960), PI (Russel A.L., 1956)), компьютерная томография и ортопантомография.

Для определения содержания IL-1, TNF- α , TGF- β 1 производили забор десневой жидкости путем погружения полоски фильтровальной бумаги размером 4x9 мм до полного пропитывания. Далее образец погружали в пробирку «Эпендорф», содержащую 1 мл физиологического раствора и подвергали центрифугированию в течение 10 минут (микроцентрифуга Elmi, Sky Line, Латвия) для получения разведения 1:200. Затем образец замораживали при температуре -20 градусов и размораживали в день постановки реакции. Установление количественного содержания IL-1, TNF- α , TGF- β 1 в десневой жидкости проводили путем применения метода твердофазного иммуноферментного анализа с использованием реактивов фирмы «Bender MedSystems», Австрия. Результаты выражались в пг/мл.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно имеющимся данным, IL-1 и TNF- α , будучи одними из наиболее биологически активных цитокинов, являются основными регуляторами интенсивности и длительности иммунологической реакции в ходе воспалительного процесса. При этом IL-1 активирует пролиферацию и дифференцировку Т- и В — лимфоцитов, высвобождение нейтрофилов из костного мозга и их миграцию в очаг воспаления, стимулирует продукцию других провоспалительных цитокинов IL-2, IL-6, TNF- α [4]. В свою очередь TNF- α стимулирует выработку IL-1 и IL-6, активирует синтез коллагеназы, способствует мобилизации кальция из костной ткани, запускают апоптотическую гибель клеток [5].

TGF- β 1 известен как ингибитор воспалительной реакции, способствует активации фибробластов, стимулирует синтез межклеточного вещества, играя важную роль в репаративных процессах, подавляет секрецию матричных металлопротеиназ и активирует продукцию их ингибиторов. Оказывая влияние на стадию G1, участвует в дифференцировке клеток эпителия [6, 7, 8].

Результаты проведенного исследования показали, что у пациентов с интактным пародонтом содержание IL-1 составило $112,8 \pm 19,2$; TNF- α — $78,4 \pm 14,2$. Количество IL-1 и TNF- α в группе обследуемых с хроническими пародонтитом (IL-1— $204,4 \pm 20,2$ ($p < 0,05$); TNF- α — $404,7$

$\pm 28,2$ ($p < 0,05$)) и значительном повышении данных показателей у пациентов с БПП (IL-1—398,4 \pm 39,2 ($p < 0,05$); TNF- α — 743,7 \pm 28,2 ($p < 0,05$)). Таким образом уровень IL-1 в десневой жидкости больных БПП в 3,5 раза превышает таковой у пациентов с интактным пародонтом и в 2 — у пациентов с хроническим пародонтитом. В свою очередь содержание TNF- α в десневой жидкости больных с БПП (TGF- β 1—174,3 \pm 21,4 ($p < 0,05$)) в 2 раза превышает контрольные значения (TGF- β 1—85,3 \pm 14,2). Содержание TGF- β 1 в группе больных с хроническим пародонтитом составило 128 \pm 18,4.

Полученные данные свидетельствуют о резком угнетении пролиферативно-регенеративных процессов в пародонте при БПП и преобладании процессов деструкции тканей что приводит к быстрому разрушению опорного аппарата зубов и скорой их потере.

Нами установлена прямая корреляционная связь индекса РМА с количественным содержанием цитокинов IL-1 и TNF- α в десневой жидкости ($r=0,63$ и $r= 0,60$ соответственно) ($p < 0,05$), демонстрируя важную роль дисбаланса провоспалительных цитокинов в патогенезе прогрессирующего воспалительного процесса. IL-1 и TNF- α , обладающие синергидным, взаимоусиливающим эффектом, являются отражением тяжести воспалительно-деструктивных процессов в пародонте. IL-1 и TNF- α , являясь катаболическими цитокинами, стимулируют резорбцию костной ткани, что способствует усугублению воспалительно-деструктивных явлений в пародонте [4]. В свою очередь TGF- β , являясь противовоспалительным цитокином, может проявлять бимодальный эффект, в умеренных концентрациях стимулируя репарацию,

а в высоких- угнетая ее [9]. Таким образом, чем более выражена продукция провоспалительных цитокинов, тем более активным является воспалительно-деструктивный процесс и его клинические проявления. Выявленная гиперпродукция интерлейкинов и нарушение их соотношения свидетельствует о безусловно важном значении интерлейкиновой регуляции иммунобиологических процессов при быстро прогрессирующем пародонтите.

ВЫВОДЫ

С увеличением концентрации провоспалительных цитокинов (IL-1 и TNF- α) в десневой жидкости нарастает тяжесть воспалительно-деструктивных процессов в пародонте, выражающихся в прогрессирующей резорбции костной ткани. При быстро прогрессирующем пародонтите, как наиболее тяжелом варианте течения пародонтита наблюдается выраженное повышение концентрации провоспалительных цитокинов, нарушение соотношения про- и противовоспалительных цитокинов, что обуславливает нарушение нормального течения местных иммунологических реакций и как следствие стремительный лизис костной ткани, приводящий к потере зубов в кратчайшие сроки. Таким образом, в патогенезе БПП имеет место глубокое нарушение местных иммунологических реакций, и в данном случае применение иммуномодулирующей терапии наряду с противомикробными препаратами представляется оправданным. Также определение уровня указанных цитокинов (IL-2, IL-6, TNF- α) в десневой жидкости может стать значимым диагностическим и прогностическим критерием оценки состояния тканей пародонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Картелишев А. В., Смирнова Н. С., Демина О. М. «Цитокины в клинической и эстетической медицине» // Вестник Эстетической Медицины. 2010. Т. 9. № 4. С. 40–46.
2. Роль цитокинов в механизмах развития хронического воспаления в тканях пародонта / Л. В. Ковальчук, Л. В. Ганковская, М. А. Рогова и др. // Иммунология. 2004. № 4. С. 24–26.
3. Фролова Л. Б. Новые подходы к оптимизации терапии быстро прогрессирующего пародонтита // Казанский медицинский журнал. 2010. Т. 91. № 2. С. 218–223.
4. Горбунова И. Л., Вишнягова Н. А., Вишнягова В. В. Взаимодействие местных и общих факторов в патогенезе хронического генерализованного пародонтита // Г. И. Скрипкина, Материалы XXIV международного юбилейного симпозиума «Инновационные технологии в стоматологии», посвященного 60-летию стоматологического факультета Омского государственного медицинского университета. Омск: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский центр КАН», 2017. С. 109–120.
5. Фактор некроза опухоли: морфология, патофизиология, диагностическое значение / Ю. И. Скворцов, А. А. Ильин, Л. Е. Кувшинова и др. // Паллиативная медицина и реабилитация. 2007. № 2. С. 39–40.
6. Роль цитокинов в патогенезе глазных болезней / В. П. Еричев, С. Ю. Петров, А. М. Суббот и др. // Национальный журнал глаукома. 2017. Т. 16. № 1. С. 85–99.
7. Massague J., Blain S. W., Lo R. S. TGFbeta signaling in growth control, cancer, and heritable disorders // Cell 2000. 2012. V. 103. № 2. P. 295–309.
8. Penn J.W., Grobelaar A. O., Rolfe K. J. The role of the TGFbeta family in wound healing, burns and scarring: a review // International J Burns and Trauma. 2012. V.2. № 1. P. 18–28.
9. Каспарова Е. А. О применении цитокинов и их комплексов в офтальмологии // Вестник офтальмологии. 2002. № 4. С. 47–49.

© Акимова Светлана Анатольевна (svetlana.akimova1987@yandex.ru),

Осипова Юлия Львовна (osipova-sgtmu@mail.ru), Баранова Надежда Ивановна (snil@piuv.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ БЕСПЛОДИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С ЭНДОМЕТРИОИДНЫМИ КИСТАМИ ЯИЧНИКОВ

THE EVALUATION OF THE CLINICAL EFFECTIVENESS OF INFERTILITY TREATMENT IN PATIENTS WITH ENDOMETRIOID OVARIAN CYSTS

E. Annenkova

Summary. The assessment of efficiency of the algorithm for the use of diagnostic and treatment measures complex for infertility associated with (EOC) the algorithm for the diagnosis and treatment of infertility associated with endometrioid ovarian cysts (EOC) was performed. We showed that treatment choice of this category of patients should be made according to the following characteristics: age, previously performed surgical treatment for EOC, pain, size and number of cysts, ovarian reserve and access to the follicles.

In patients with the history of surgical treatment for endometriosis the assisted reproductive technologies should be the first-line therapy. The developed algorithm showed a statistically significant increase of pregnancy rates in patients with infertility and EOC compared to the standard approach.

Keywords: endometrioid ovarian cysts, infertility, pregnancy, prognosis, correlation, assisted reproductive technologies.

Анненкова Елена Игоревна

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва
mdannenkova@mail.ru

Аннотация. Выполнена оценка эффективности применения алгоритма лечебно-диагностических мероприятий при бесплодии, ассоциированном с эндометриоидными кистами яичников (ЭКЯ). Показано, что выбор тактики лечения этого контингента пациенток следует осуществлять с учетом таких характеристик, как возраст пациенток, ранее выполненное хирургическое лечение по поводу ЭКЯ, наличие болевого синдрома, размеры и количество кист, овариальный резерв и доступ к фолликулам. Разработанный алгоритм в отношении пациенток, ранее оперированных по поводу эндометриоза, должен предусматривать применение вспомогательных репродуктивных технологий как терапию первой линии. Показано, что использование разработанного комплекса мероприятий способствует статистически значимому повышению частоты наступления беременности по сравнению с использованием стандартных подходов лечения бесплодия у женщин с ЭКЯ.

Ключевые слова: эндометриоидные кисты яичников, бесплодие, беременность, прогноз, корреляция, вспомогательные репродуктивные технологии.

Введение

В настоящее время частота встречаемости эндометриоза у женщин с бесплодием, в лечении которых используются вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ), составляет в среднем 20–35%. При этом частота выявления эндометриоидных кист яичников (ЭКЯ) в данной популяции пациенток составляет около 30–40%, и их ведение — сложная и актуальная, но нерешенная в мире задача [1–3]. Одним из дискуссионных до настоящего времени остается вопрос о необходимости хирургического лечения ЭКЯ у пациенток с бесплодием. По данным ряда исследований, хирургическое вмешательство может привести к повреждению ткани яичника и снижению овариального резерва [3, 4]. С другой стороны, показано, что оперативное лечение ЭКЯ не оказывает значимого влияния на частоту наступления беременности после использования методов ВРТ [5, 6].

В доступной литературе практически отсутствуют сведения о результатах масштабных клинических ис-

следований по сравнительной оценке эффективности оперативного лечения ЭКЯ и выжидательной тактики у пациенток с бесплодием, планирующих экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО). Нет четких данных о том, что хирургическое удаление ЭКЯ оказывает негативное влияние на овариальный резерв: наряду с его снижением после хирургического лечения показано и частичное восстановление характеристик после выполненной операции [4, 6, 7]. До настоящего момента отсутствует единство взглядов на «идеальный» метод хирургического лечения: полное удаление с иссечением капсулы кисты или дренирование и последующая абляция капсулы кисты [8–10].

В связи с вышеизложенным не выработан единый протокол лечения и подготовки пациенток с ЭКЯ, сочетающихся с infertility, при планировании использования ВРТ. Все это обуславливает необходимость проведения исследований, направленных на совершенствование выбора лечебной тактики при ЭКЯ у женщин, страдающих бесплодием.

Цель исследования

Обоснование применения комплекса лечебно-диагностических мероприятий при бесплодии, ассоциированном с ЭКЯ.

Материалы и методы

На базе Центральной клинической больницы № 1 филиала Негосударственного частного учреждения здравоохранения «Научный клинический центр открытого акционерного общества «Российские железные дороги», филиала № 2 Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Лечебно-реабилитационный центр Минэкономразвития России» было проведено обследование пациенток с бесплодием.

На 1 этапе работы из 635 обследованных женщин с бесплодием у 289 пациенток из этой выборки (45,5%) было диагностировано наличие ЭКЯ. В ходе исследования выполнялось комплексное обследование и лечение пациенток с применением хирургических методов и/или ВРТ, а также оценка исходов лечения с анализом частоты развития осложнений, частоты и сроков наступления беременности.

На 2 этапе работы был проведен корреляционный анализ для выявления взаимосвязей между клиническими характеристиками обследованных пациенток с количеством попыток и результатом применения ВРТ. Полученные результаты позволили разработать алгоритм лечебно-диагностических мероприятий при бесплодии, ассоциированном с ЭКЯ.

На 3 этапе работы на основании предыдущего опыта лечения данной категории пациенток и с учетом данных литературы был разработан алгоритм диагностики и лечения бесплодия у женщин с ЭКЯ и выполнена оценка клинической эффективности предложенного подхода к ведению этого контингента пациенток.

Проводили обследование, лечение и наблюдение за 82 женщинами с ЭКЯ и бесплодием, которые были включены в 2 группы:

- ♦ группу 1 составили 38 женщин, в лечении которых был использован стандартный комплекс лечебно-диагностических мероприятий;
- ♦ в группу 2 вошли 44 пациентки, в лечении которых применяли разработанный нами алгоритм.

Длительность наблюдения составила 1 год после лечения. Сравнивали частоту наступления беременности в зависимости от подхода к ведению пациенток с ЭКЯ: спонтанная беременность, беременность, возникшая после одной или нескольких операций, с применением ВРТ.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась с использованием пакетов программ Statsoft STATISTICA 10 и Microsoft Excel 2016. Нормальность распределения оценивалась с применением критерия Колмогорова-Смирнова. Для всех качественных показателей были рассчитаны частоты встречаемости признаков в процентах от численности групп. Достоверность межгрупповых различий подтверждалась при недостижении p порогового уровня статистической значимости нулевой гипотезы 0,05. Оценку корреляций между количественными и качественными показателями проводили путем расчета ранговых непараметрических коэффициентов корреляции Спирмена.

Результаты исследования

Корреляционный анализ, целью которого была попытка определения прогностических факторов результатов ЭКО у женщин с ЭКЯ и бесплодием, показал, что частота воспалительных заболеваний органов малого таза в анамнезе пациенток положительно коррелировала с увеличением сроков наступления беременности после лапароскопии ($r = 0,427$, $p < 0,05$). Наличие дисменореи у пациентки статистически значимо сильно коррелировало с увеличением сроков наступления спонтанной беременности ($r = 0,648$, $p < 0,05$). Установлено, что вылушивание кисты в ходе лапароскопии было статистически значимо отрицательно связано со сроком наступления спонтанной беременности после вмешательства, то есть при использовании этого метода лечения, беременность наступала в более короткий срок ($r = -0,319$, $p < 0,05$). Возможно, полученные результаты можно объяснить тем, что больший опыт хирурга, выполняющего операцию, позволяет аккуратнее вылушивать кисту без разрывов и повреждения собственной ткани яичника, что, в свою очередь, приводит к лучшим результатам хирургического лечения.

Коагуляция тканей яичника, как и резекция яичника в ходе лапароскопии были отрицательно связаны с наступлением беременности после хирургического лечения ($r = -0,650$ и $-0,306$, соответственно; $p < 0,05$).

Были выявлены статистически значимые ассоциации сроков наступления спонтанной беременности после лапароскопии с некоторыми лабораторными показателями. Так, повышение уровня СА-125 было связано с увеличением сроков наступления беременности ($r = 0,464$, $p < 0,05$), в то время как более высокие уровни антимюллерова гормона (АМГ) после оперативного вмешательства достоверно отрицательно, однако слабо коррелировали со снижением сроков наступления беременности ($r = -0,254$, $p < 0,05$).

Количество кист, их размеры и обеднение фолликулярного аппарата по данным ультразвукового исследо-

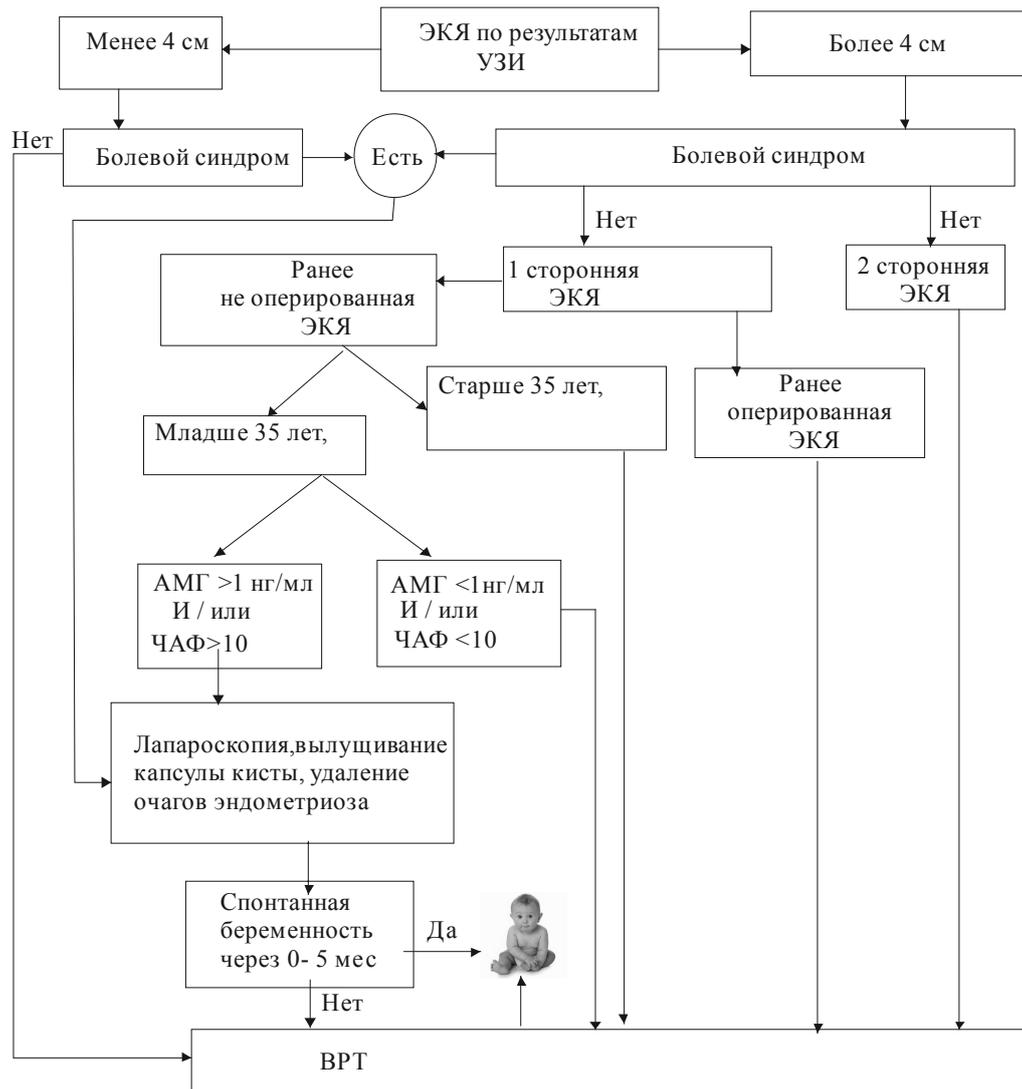


Рис. 1. Алгоритм диагностики и лечения пациенток с эндометриоидными кистами и бесплодием

вания (УЗИ) были неблагоприятными прогностическими факторами в отношении сроков наступления беременности. Так, количество и размеры кист прямо коррелировали со сроком наступления беременности, также отмечена взаимосвязь увеличения срока наступления беременности с обеднением фолликулярного аппарата ($r = 0,287, p < 0,05$).

Данные, полученные на предыдущих этапах нашего исследования, а также проведенный анализ литературы, позволили нам разработать и предложить алгоритм диагностики и лечения бесплодия у женщин с ЭКЯ, представленный на рис. 1.

По нашему мнению, после выявления ЭКЯ по результатам УЗИ для принятия дальнейших решений о тактике лечения следует принять во внимание следующие

характеристики: возраст, ранее произведенное хирургическое лечение по поводу ЭКЯ, наличие болевого синдрома, наибольший размер кисты (более или менее 4 см), наличие сохраненного овариального резерва и возможный доступ к фолликулам.

Размеры кисты менее 4 см и отсутствие болевого синдрома позволяют рекомендовать проведение такой пациентке ВРТ. Женщинам с размерами ЭКЯ менее 4 см и наличием болей следует выполнять хирургическое лечение. При этом в ходе лапароскопии выполняется вылушивание капсулы кисты и удаление очагов эндометриоза. Аналогичный подход применяется и в ходе лечения пациенток с односторонними кистами более 4 см и болевым синдромом, которым ранее хирургическое лечение ЭКЯ не проводилось. При этом женщинам старше 35 лет при наличии ограничения доступа к фоллику-

Таблица 1. Частота наступления беременности в зависимости от подхода к ведению пациенток с эндометриодными кистами

Исход	Группа 1 (Стандартный подход к ведению пациенток с ЭКЯ) n=38		Группа 2 (Применение разработанного алгоритма) n=44	
	абс.	%	абс.	%
Беременность наступила	14	36,8	30	68,2*
Беременность не наступила	26	63,2	14	31,8*

Примечание: * — различия статистически значимы (при $p < 0,05$) по критерию χ^2 по сравнению с соответствующим показателем в группе 1

лам целесообразно проводить хирургическое лечение (лапароскопия, вылушивание кисты), а при отсутствии такого ограничения пациентка может быть направлена на ВРТ.

При двусторонних кистах с ограничением доступа к фолликулам также рекомендуется производить хирургическое лечение, а при отсутствии ограничения доступа осуществляется ВРТ.

Для обеспечения удобства использования разработанного алгоритма нами была разработана программа принятия врачебных решений в ходе ведения женщин с бесплодием и ЭКЯ, применение которой позволило автоматизировать выбор тактики ведения таких пациенток.

На заключительном этапе работы исследования проводили оценку клинической эффективности применения предложенного подхода к ведению пациенток с ЭКЯ и бесплодием.

В табл. 1 представлена частота наступления беременности в зависимости от подхода к ведению пациенток с ЭКЯ. В группе пациенток, которых вели в соответствии со стандартным подходом к диагностике и лечению женщин с ЭКЯ, частота наступления беременности составила 36,8% (14 случаев), тогда как в группе пациенток, которых вели в соответствии с разработанным нами алгоритмом, беременность наступила у 30 женщин (68,2%).

Таким образом, частота была статистически значимо выше ($p=0,005$).

Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что при выявлении ЭКЯ по результатам УЗИ для принятия дальнейших решений о тактике лечения следует учитывать такие характеристики, как возраст пациенток, ранее выполненное хирургическое лечение по поводу ЭКЯ, наличие болевого синдрома, размеры и количество кист, наличие сохраненного овариального резерва и доступ к фолликулам. Таким образом, полученные нами данные подтверждают мнение ряда авторов о том, что лечение пациенток с бесплодием и эндометриозом должно быть индивидуальным, в процессе выбора метода лечения необходимо оценивать выраженность болевого синдрома, эффективность ранее проводившейся терапии и попыток ЭКО, характеристики овариального резерва [7, 11].

Проведенное исследование продемонстрировало клиническую эффективность применения разработанного алгоритма диагностики и выбора метода лечения женщин с ЭКЯ и бесплодием. Эти данные подтверждают, что предложенный подход должен предусматривать в отношении пациенток, ранее оперированных по поводу эндометриоза, применение ВРТ как терапию первой линии для сокращения времени наступления беременности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вандеева Е.Н., Протасова А.Э., Кузьмина Н.С. Сочетанная гинекологическая патология при эндометриоз-ассоциированном бесплодии // Журнал акушерства и женских болезней. — 2016. — Т. 65, № 5. — С. 40–43.
2. Boujenah J., Salakos E., Pinto M. et al. Endometriosis and uterine malformations: infertility may increase severity of endometriosis // Acta Obstet. Gynecol. Scand. — 2017. — Vol. 96(6). — P. 702–706.
3. Коган Е.А., Акопова Е.О., Унанян А.Л. Бесплодие при эндометриозе: краткий очерк современных представлений // Пространство и Время. — 2017. — № 1(27). — С. 251–259.
4. Дубинская Е.Д., Дутов А.А. Отдаленные результаты лечения бесплодия у пациенток с эндометриозами // Тенденции развития науки и образования. — 2018. — № 42–4. — С. 52–56.

5. Owczarek D., Malinowski A., Wilczynski M. Ovarian reserve evaluation after laparoscopic cyst enucleation, depending on applied haemostasis technique and with particular consideration of endometrial cysts // *Prz. Menopauzalny.* — 2018. — Vol. 17(1). — P. 22–27.
6. Смирнова Т.А., Жукович А. С. Современные аспекты лечения эндометриодных кист яичников малого размера у пациенток репродуктивного возраста // *Медицинский журнал.* — 2019. — № 2. — С. 108–114.
7. Li X., Zeng C., Zhou Y. F. et al. Endometriosis fertility index for predicting pregnancy after endometriosis surgery // *Chin. Med. J. (Engl).* — 2017. — Vol.130(16). — P. 1932–1937.
8. Dueholm M. Uterine adenomyosis and infertility, review of reproductive outcome after in vitro fertilization and surgery // *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* — 2017. — Vol. 96(6). — P. 715–726.
9. Takenaka M., Yano R., Hiraku Y. et al. Exploratory study of pre-surgical medications with dienogest or leuprorelin in laparoscopic cystectomy of endometrial cysts // *J. Obstet. Gynaecol. Res.* — 2015. — Vol. 41(8). — P. 1234–1239.
10. Yin W., Zhang J., Xu L., Luo L. Intrauterine endometrial cyst after low uterine incision: A case report with literature review // *Medicine (Baltimore).* — 2018. — Vol.97(15): e0376.
11. Gelbaya T.A., Nardo L. G. Evidence-based management of endometrioma // *Reproductive Bio Medicine Online.* — 2011. — Vol.23. — P. 15–24.

© Анненкова Елена Игоревна (mdannenkova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

ОСОБЕННОСТИ СОМАТИЧЕСКОГО СТАТУСА У ЛИЦ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОНАХ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

FEATURES OF SOMATIC STATUS IN ELDERLY AND SENILE PEOPLE LIVING IN DIFFERENT CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL ZONES OF THE COUNTRYSIDE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

*P. Bagatayeva
S. Minkailova*

Summary. The paper presents data on somatic pathology in elderly and senile people living in different climatic and geographical zones of the countryside of the Republic of Dagestan. The high degree of comorbidities in the foothill and, especially, mountain climatic and geographical zones of the rural area testifies to the low availability of preventive and curative medical care for this contingent of the rural population.

Keywords: somatic status, elderly and old age, climatic and geographical zones, rural population of Dagestan.

Багатаева Патимат Расуловна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Махачкала
Bagataeva81@mail.ru

Минкаилова Санера Расуловна

Доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Махачкала

Аннотация. В работе приведены данные по соматической патологии у лиц пожилого и старческого возраста, проживающих в различных климатогеографических зонах сельской местности Республики Дагестан. Высокая степень сопутствующих заболеваний в предгорной и, особенно, горной климатогеографических зонах сельской местности свидетельствует о низкой доступности профилактической и лечебной медицинской помощи данного контингента сельского населения.

Ключевые слова: соматический статус, пожилой и старческий возраст, климатогеографические зоны, сельское население Дагестана.

В соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, 1980) возраст от 60 до 74 лет рассматривается как пожилой; 75 лет и старше — старые люди; возраст 90 лет и старше — долгожители [4]. Эти периоды жизни приводятся без учета состояния здоровья и других биологических аспектов человека, а также не зависят от того, работает человек или нет [2]. В 2013 году доля людей старших возрастных групп во всем мире составила 20% и к 2055 году она может увеличиться до 40–55% от всего населения, при этом к 2025 году в мире будет проживать 1100 млн. человек старше 60 лет, то есть численность пожилых людей возрастет практически в два раза по сравнению с 2000 годом (590 млн. человек) [3]. Количество людей старше 60 лет достигает более 30 млн. человек, или практически пятую часть всего населения Российской Федерации, при этом 3,2 млн. человек достигает возраста 80 лет и старше. Особенно процесс старения населения характерен в Европейской части России, где доля людей старше трудоспособного возраста превышает 23% [1].

С помощью анализа первичной медицинской документации и результатов анкетирования в соответствии с классификацией ВОЗ (1980) исследовали здоровье 612 человек в двух различных возрастных группах: 60–74 лет и 75–89 лет, родившихся и постоянно проживающих на территории Республики Дагестан.

1-ю группу составили лица в возрасте 60–74 года, т.е. люди пожилого возраста (341 человек — 55,7%).

2-ю группу составили лица в возрасте 75–89 лет, т.е. люди старческого возраста (271 человек — 44,3%).

Кроме того, эти исследования провели в различных климатогеографических зонах республики: в равнинной части обследовано — 226 (36,9%) человек, в предгорной зоне — 201 (32,9%) и в горной зоне 185 (30,2%) респондентов. Было взято примерно равное количество лиц мужского и женского пола различной национальности. В основе выборки данного исследования несколько преобладали лица в возрасте от 60 до 74 лет (55,7%).

Таблица 1. Структура соматических болезней у респондентов пожилого и старческого возраста в различных климатогеографических зонах сельской местности РД

№ п/п	Болезни по системам организма	Прожи-вающие в РКЗ (%)	Прожи-вающие в ПКЗ (%)	Прожи-вающие в ГКЗ (%)	Всего
1	Кровообращения	31 (13,7%)	37 (18,4%)	44 (23,8%)	112 (18,3%)
2	Дыхательная	18 (7,9%)	19 (9,5%)	20 (10,8%)	57 (9,3%)
3	Пищеварительная	27 (11,9%)	32 (15,9%)	33 (17,8%)	92 (15,03%)
4	Костно-мышечная	52 (23,0%)	27 (13,4%)	13 (7,0%)	92 (15,03%)
5	Зрительная	33 (14,6%)	23 (11,4%)	17 (9,2%)	73 (11,9%)
6	Слуховая	16 (7,1%)	14 (6,9%)	15 (8,1%)	45 (7,4%)
7	Нервная	17 (7,5%)	19 (9,5%)	14 (7,6%)	50 (8,2%)
8	Эндокринная	13 (5,8%)	12 (5,9%)	8 (4,3%)	33 (5,4%)
9	Мочеполовая	20 (8,8%)	18 (8,9%)	19 (10,3%)	57 (9,3%)

Примечание: РКЗ-равнинная климатогеографическая зона, ПКЗ-предгорная климатогеографическая зона, ГКЗ-горная климатогеографическая зона

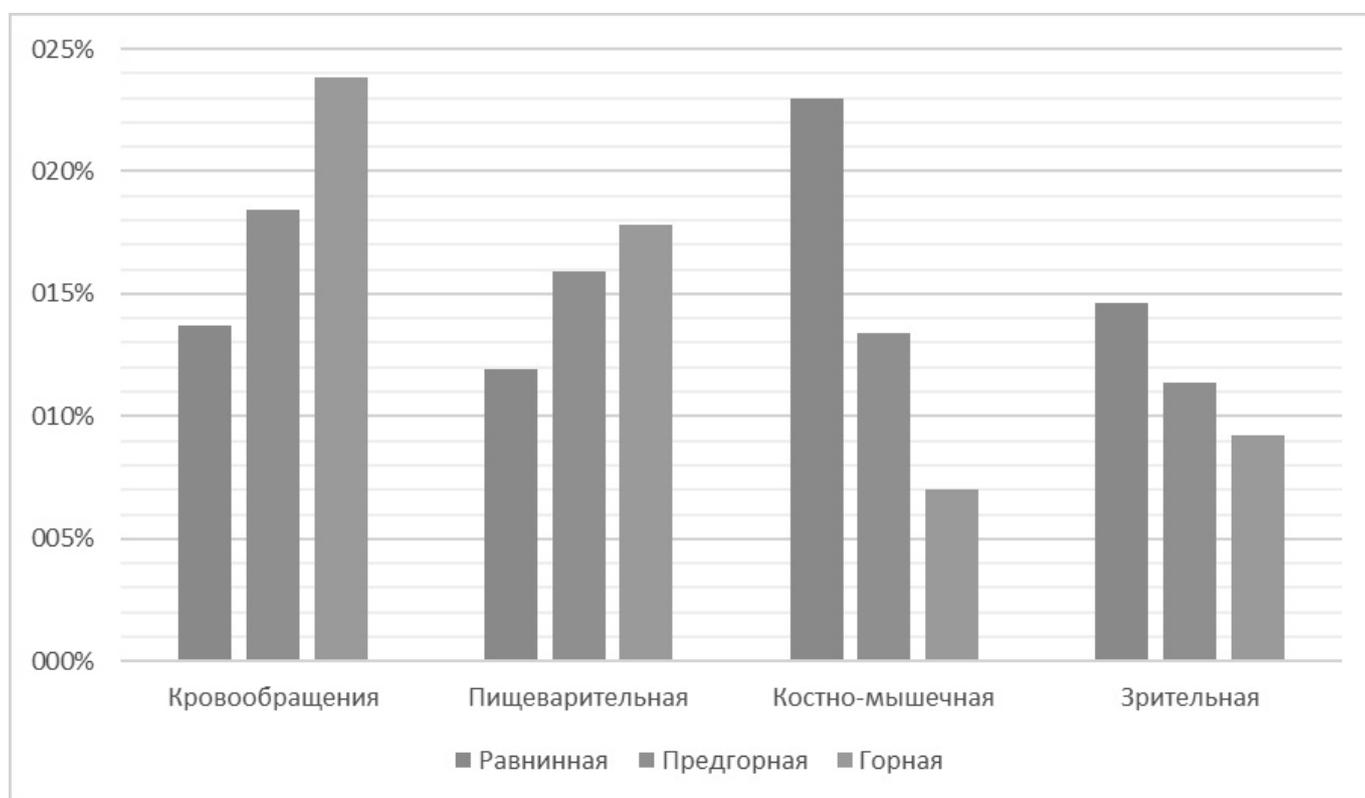


Рис. 1. Структура соматических болезней у респондентов пожилого и старческого возраста в различных климатогеографических зонах сельской местности РД

Наиболее часто пациенты страдали от болезней кровообращения — 112 (18,3%) человек, болезней органов пищеварения и костно-мышечной системы — по 92 (15,03%) человек в каждой системе, болезней органов зрения — 73 (11,9%) человек, болезней органов дыхания и мочеполовой системы — по 57 (9,3%) человек соответственно, болезней нервной системы — 50 (8,2%) человек, болезней органов слуха — 45 (7,4%) человек,

наименьшее количество встречалось болезней эндокринной системы — у 33 (5,4%) человек (Таблица 1). Все респонденты отмечали наличие у себя несколько длительно протекающих заболеваний.

Исследована зависимость нозологических единиц болезней от места проживания респондентов, т.е. в зависимости от климатогеографических зон сельской

местности. Так, в горной климатической зоне среди соматических заболеваний у обследованных лиц пожилого и старческого возраста наибольший процент составляли болезни системы кровообращения — 23,8%, в то же время, как в предгорной зоне и на равнине они составляли 18,4% и 13,7%, соответственно. Разница между болезнями системы кровообращения в горной и равнинной зонах была статистически достоверной ($p < 0,05$), также статистически достоверной была разница между этой группой заболеваний в горной и предгорной климатогеографических зонах ($p < 0,05$).

Также высокий процент в горной климатической зоне составляли болезни пищеварения — 17,8%, которые в предгорной и равнинной климатической зоне выявлены у 15,9% и 11,9% респондентов, соответственно. Имеется статистически достоверная разница в количестве заболеваний этой системы в горной и равнинной зонах 17,8% и 11,9%, соответственно ($p < 0,05$), в то же время разница между этими заболеваниями в горной и предгорной зонах была статистически не достоверна ($p > 0,05$), 17,8% и 15,9% соответственно. Интересно, что болезнями костно-мышечной системы страдают чаще жители равнинной части республики (23%), в предгорной зоне 13,4% и в горной зоне только 7% жителей. По сравнению с количеством болезней костно-мышечной системы в равнинной зоне с количеством болезней в предгорной и горной местности существует статистически достоверная разница ($p < 0,05$). Также по сравнению с количеством болезней зрения в равнинной зоне с их количеством в предгорной и горной местности существует статистически достоверная разница ($p < 0,05$), 14,6% против 11,4% и 9,2%, соответственно (рис. 1).

При анализе болезней по нозологическим формам центральной нервной системы, слуховой, эндокринной, мочеполовой систем, органов слуха статистически достоверной разницы в различных климатогеографических зонах не выявлено ($p > 0,05$).

У большинства респондентов, проживающих в сельской местности, длительность общесоматических бо-

лезней составляет 20–25 лет, а их начало приходилось обычно на возраст 40–50 лет. У лиц пожилого и старческого возраста, проживающих в горной и предгорной климатической зоне с наиболее высоким процентом выявляли болезни системы кровообращения, так постоянную форму аритмии встречали в 25,9% случаях, постинфарктный кардиосклероз — в 39,1% случаях, гипертоническую болезнь 1 и 2 стадии — в 58,8% случаях. Такие тяжелые болезни, по-видимому, приводили к ограничению мобильности данной возрастной группы, что в свою очередь также уменьшало доступность оказания стоматологической помощи этим пациентам. Среди болезней органов пищеварения наиболее часто (практически в 30% случаев) у респондентов, проживающих в сельской местности, выявляли хронический гастрит и хронический колит.

Большинство респондентов пожилого и старческого возраста страдали значительным количеством соматических заболеваний, которые в существенной мере оказывали влияние на состояние больного и усугубляли тяжесть течения различных болезней. Высокая степень сопутствующих заболеваний в предгорной и, особенно, горной климатогеографических зонах сельской местности Республики Дагестан свидетельствует о низкой доступности профилактической и лечебной медицинской помощи данного контингента сельского населения. С другой стороны, хронические соматические заболевания снижали мобильность пациентов пожилого и старческого возраста, проживающих в сельской местности, особенно в предгорной и горной климатогеографических зонах, что в свою очередь дополнительно уменьшало возможность получения квалифицированной медицинской помощи из-за ее удаленности.

Таким образом, оказываемая медицинская помощь должна быть составной частью комплексного лечения пациентов с ведущей соматической патологией с привлечением врачей терапевтов, кардиологов, невропатологов, геронтологов и других специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Позднякова, М.А., Семисынов С. О., Голод М. С. Опыт проведения исследования здоровья пожилого населения по методике ВОЗ на территории Приволжского Федерального округа // Бюллетень НИИ общественного здоровья РАМН. М., 2009. Вып. 2. С. 97–98.
2. Folayan M.O. et al. Programme guidelines for promoting good oral health for children in Nigeria: a position paper // BMC Oral Health. 2014. Vol. 14, № 1. P. 128.
3. Hafez G. Graying nations. Zdorov'e mira [World Health]. 1994. P. 15–20.
4. United Nations. Problems of the elderly and the aged. Draft program and arrangements for the World Assembly on the Elderly: report of the Secretary-Аруин, Л.И. Морфологическая диагностика болезней желудка и кишечника / Л. И. Аруин, Л. Л. Капуллер, В. А. Исаков. — М., «Триада-Х». — 1998. — 496 с.

ПАТОМОРФОЛОГИЯ И ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ КАРТИНА СИНДРОМА ХРОНИЧЕСКОЙ АБДОМИНАЛЬНОЙ ИШЕМИИ

PATOMORPHOLOGY AND ENDOSCOPIC PICTURE CHRONIC ABDOMINAL ISCHEMIA SYNDROME

**I. Barkhatov
N. Barkhatova**

Summary. The article gives an overview of the literature on the peculiarities of morphological changes and changes in the endoscopic picture of the gastric mucosa of the colon and the syndrome of chronic abdominal ischemia. When visceral ischemia in 46.2% of cases are reported from erosive and ulcerative lesions of the stomach and duodenal bulb. In this case, endoscopic picture in ischemic kolopatii at an early stage of development of pathology is not specific and often accompanied by hypotonia and atony of the intestinal wall. At the stage of ischemic colitis endoscopic picture is not pathognomonic changes for differentiating between angiogenic and neangiogeny character pathology. Pathological changes in biopsies obtained during endoscopy, angiogenic diseases in the stomach and large intestine differs diffuse atrophy of mucous glands, and typical for coronary artery hypoplasia gastroduodenopatii surface pit and glandular epithelium, a negative test for *Helicobacter pylori*, and are often detected portions intestinal metaplasia. Identification of pathological changes in the mucous is an early, reliable signs of visceral ischemia.

Keywords: syndrome of chronic abdominal ischemia, fibrogastroscopy, fibrocolonoscopy, ischemic gastropathy, ischemic kolopathy.

Бархатов Игорь Викторович

К.м.н., ГБУЗ «Областная клиническая больница № 3»,
г. Челябинск
knib2009@rambler.ru

Бархатова Наталия Анатольевна

Д.м.н., доцент, ГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск

Аннотация. В статье приведён обзор литературы, посвящённый особенностям морфологических изменений и изменению эндоскопической картины слизистой желудка и толстого кишечника при синдроме хронической абдоминальной ишемии. При висцеральной ишемии в 46,2% случаев отмечаются эрозивно-язвенные поражения желудка и луковицы двенадцатиперстной кишки. При этом эндоскопическая картина при ишемической колопатии на ранней стадии развития патологии не специфична и чаще сопровождается гипотонией и атонией кишечной стенки. На стадии ишемического колита эндоскопическая картина не имеет патогномоничных изменений, позволяющих отличить ангиогенный и неангиогенный характер патологии. Патоморфологические изменения, полученные при биопсии в ходе эндоскопических исследований, при ангиогенной патологии желудка и толстого кишечника отличает диффузная атрофия желез слизистой, а для ишемической gastroduodenopatii характерна гипоплазия поверхностно-ямочного и железистого эпителия, отрицательный тест на *Helicobacter pylori*, а также часто выявляются участки кишечной метapлазии. Выявление патоморфологических изменений слизистой относят к ранним, достоверным признакам висцеральной ишемии.

Ключевые слова: синдром хронической абдоминальной ишемии, фиброгастроскопия, фиброколоноскопия, ишемическая гастропатия, ишемическая колопатия.

В настоящее время выявлена неуклонная тенденция к росту заболеваний сосудов, среди которой особую роль занимает патология брюшной аорты и ее висцеральных ветвей [15, 17]. Поражение непарных висцеральных ветвей брюшного отдела аорты клинически проявляется синдромом хронической абдоминальной ишемии [6]. По данным D. B. Wilson с соавт. (2006) 17,5% лиц старше 65 лет страдают висцеральной ишемией [18]. А согласно результатам исследований, проведённых J. E. Indes с соавт. (2009), число пациентов с проявлениями абдоминальной ишемии ежегодно увеличивается на 17% [16].

В ряде случаев врач предполагает диагноз хронической абдоминальной ишемии, когда у пациентов отмечается персистирующая висцералгия, диспепсия и прогрессирующее похудание, в то же время много-

численные и разнонаправленные методы обследования не выявляют чётких признаков патологии, или найденная патология носит неспецифический воспалительный характер с минимальной степенью активности процесса. Также врача настораживает отсутствие эффекта от проводимого лечения, направленного на коррекцию имеющихся нарушений, или их кратковременный, неустойчивый характер. Диагноз абдоминальной ишемии становится тем более вероятен, когда у пациента имеет место поражение сосудов в других бассейнах с клиникой недостаточности кровоснабжения и перфузии тканей [2]. При клиническом осмотре, как правило, у пациентов с висцеральной ишемией не выявляют каких-либо патогномоничных признаков заболевания, кроме снижения массы тела. При этом следует помнить, что в 47,3% случаев при гемодинамически значимых стенозах висцеральных артерий (70–90%) при аускультации над областью

брюшного отдела аорты выслушивается систолический шум [3, 8].

Неспецифичность клинической картины при хронической висцеральной ишемии требует применения дополнительных лучевых и эндоскопических методов исследования. При рентгеноскопии желудочно-кишечного тракта могут быть диагностированы язвенные изменения и признаки атрофии слизистой, а также снижение тонуса толстого кишечника или участки сужения его просвета при формировании ишемических стриктур. Неспецифичность выявляемых рентгенологических симптомов не позволяет в полной мере говорить ни о характере патологии, ни об её этиологии.

По этой причине наиболее информативным методом диагностики считают эндоскопическое исследование желудка и толстой кишки с биопсией слизистой. Как показали многочисленные исследования, хроническая абдоминальная ишемия ведет к развитию дегенеративно-дистрофических изменений в органах желудочно-кишечного тракта, которые проявляются атрофией слизистой оболочки верхних отделов желудочно-кишечного тракта с эрозиями или язвенными дефектами [2, 7]. Л. Б. Лазебник с соавт. (2003) указывают, что язвенные поражения желудка и двенадцатиперстной кишки были характерны для 18% больных со стенозом чревного ствола и 50% больных с поражением верхней брыжеечной артерии [6]. Кроме того, эрозивно-язвенные изменения слизистой были характерны для 36% больных с интравазальным поражением непарных висцеральных ветвей брюшной аорты и 70% пациентов с экстравазальной компрессии чревного ствола. А по данным Е. Н. Шубиной (2000) частота формирования эрозий и язв желудка и луковицы двенадцатиперстной кишки при висцеральной ишемии достигала 46,2% случаев [13].

Возникающая при снижении висцерального кровотока ишемия слизистой желудочно-кишечного тракта ослабляет защитные свойства слизистой оболочки, способствует активации свободнорадикального окисления липидов и нарушению в системе антирадикальной защиты, которое сопровождается повреждением биологических мембран, накоплением токсических продуктов и в итоге приводит к глубоким геморрагическим некрозам с образованием эрозий и язв [9].

Несмотря на то, что желудок богато снабжен кровеносными сосудами и чревной ствол, левая желудочная артерия, печеночная артерия отдают ему свои ветви, кровоснабжение желудка в различных отделах неодинаково. Пилорический отдел и малая кривизна желудка имеют менее богатую сеть артериальных сосудов, и поэтому эти отделы считают наиболее уязвимыми при абдоминальной ишемии [6].

Морфологические изменения слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки при абдоминальной ишемии нередко опережают клиническую манифестацию заболевания и проявляются атрофией и эрозивно-язвенным поражением слизистой желудка, имеющих ряд особенностей [6, 14]. Так, язвенные дефекты слизистой впервые возникают у лиц пожилого возраста, страдающих атеросклерозом коронарных, мозговых или периферических сосудов, нередко на фоне отсутствия наследственной предрасположенности и гастроэнтерологического анамнеза. Язвы формируются на фоне пониженной желудочной секреции и атрофии слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки. Типичной локализацией язв и эрозий при хронической абдоминальной ишемии является малая кривизна и антральный отдел желудка. Размеры язв (8–25 мм) и эрозий (до 3 мм) достаточно крупные. Нередко обнаруживаются сопутствующие функциональные нарушения и диффузные морфологические изменения в других органах пищеварительного тракта. При ангиогенных язвах, как правило, отсутствует сезонность характера рецидивов. При этом характерно неоправданно длительное рубцевание дефектов слизистой на фоне применяемой традиционной противоязвенной терапии [8,13,14]. Важной отличительной особенностью ангиогенных ишемических язв и эрозий слизистой желудка является низкая частота встречаемости и уровень обсеменённости *Helicobacter pylori* (при гистологическом исследовании), определяемые лишь в 12–26% случаев, в то время как при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки неангиогенной этиологии обсеменённость *Helicobacter pylori* достигает 74–82% случаев [6, 13].

Атрофические и дистрофические изменения слизистой при висцеральной ишемии наблюдаются преимущественно в области антрального отдела желудка [6, 8]. При этом, по данным О. Ш. Ойноткиной с соавт. (2001), при стенозах менее 50% просвета артерии чаще диагностируются атрофические изменения слизистой, а при стенозах более 50% чаще выявляются эрозивно-язвенные поражения. Менее выраженная степень атрофии слизистой желудка при значительном сужении просвета артерии может быть обусловлена компенсаторными реакциями, включающими формирование сосудистых коллатералей и открытием артериовенозных анастомозов. При этом наиболее высокая предрасположенность к появлению эрозий и язв отмечена при стенозе чревного ствола составляющим 50–75% просвета артерии. В этих условиях на фоне ощутимого уменьшения объёмного кровотока в чревном стволе отсутствует возможность компенсации кровотока через систему коллатералей, так как для их развития необходимы ишемия и гипоксия тканей, характерная для сужения артерии более, чем на 75% и возникновение определённого градиента внутрисосудистого давления [9].

Е. Н. Шубина (2000) и Л. Б. Лазебник (2003) с соавторами описали три стадии эрозивно-язвенного поражения гастродуоденальной зоны при хронической абдоминальной ишемии:

1 стадия — характеризуется минимальным количеством жалоб на фоне ультразвуковых признаков умеренного снижения кровотока по висцеральным артериям. При фиброгастродуоденоскопии характерны признаки атрофического гастродуоденита, включающие истончение слизистой в антральном отделе и по малой кривизне с очаговой гиперемией, белесоватыми участками слизистой оболочки, сквозь которые просвечивают сосуды (феномен "контурной карты").

2 стадия — характеризуется усилением абдоминального болевого синдрома и метеоризмом на высоте пищеварения с ультразвуковыми признаками выраженного снижения висцерального кровотока. При фиброгастродуоденоскопии в области истонченных участков слизистой оболочки антрального отдела желудка и по малой кривизне обнаруживаются эрозии, которые чаще всего сопровождаются сужением просвета непарных ветвей брюшной аорты более, чем на 40%.

3 стадия — характеризуется интенсивным абдоминальным болевым синдромом, диспепсией, снижением массы тела на фоне ультразвуковых признаков гемодинамически значимого сужения висцеральных артерий. В этой стадии характерно образование язв больших размеров, типичной локализации (малая кривизна и антральный отдел желудка), плохо поддающихся рубцеванию на фоне традиционной противоязвенной терапии [6, 14].

Выявление признаков ишемического поражения органов пищеварения наиболее доступно при выполнении эндоскопического исследования верхних отделов пищеварительного тракта и толстой кишки, что подтверждает множество опубликованных данных. При этом клинические признаки хронической абдоминальной ишемии имели место у 22% больных с выявленными при фиброгастродуоденоскопии атрофическими изменениями слизистой верхних отделов желудочно-кишечного тракта. В то же время среди больных с верифицированным диагнозом хронической абдоминальной ишемией при эндоскопическом исследовании желудка и двенадцатиперстной кишки диффузная или очаговая атрофия слизистой отмечается в 100% случаев, в 37% случаев имеют место эрозии, в 17% — язвы желудка или двенадцатиперстной кишки, а в 50% случаев — кишечная метаплазия, что в сочетании с отрицательным тестом на *Helicobacter pylori* следует отнести к признакам ангиогенной (ишемической) гастропатии [7].

Гистологическое исследование биоптатов слизистой оболочки показало, что при ишемическом поражении

желудка и двенадцатиперстной кишки имеет место не столько воспаление (гастрит), сколько гиперплазия поверхностно-ямочного, железистого эпителия в сочетании с диффузной атрофией желез. При этом наличие атрофических изменений слизистой оболочки на фоне стеноза чревного ствола указывает на компенсированное течение хронической абдоминальной ишемии [8, 9].

При морфологических исследованиях, выполненных с помощью окраски ГОФП (гемотоксилин — основной фукцин — пикриновая кислота), которая широко используется для выявления ишемических повреждений миокарда, в биоптатах слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки, наряду с признаками атрофии и дистрофии слизистой, выявлено расширение и полнокровие капилляров, кровоизлияние в собственную пластинку слизистой оболочки, геморрагическое пропитывание стромы, истончение слизистой желудка, уменьшение глубины желудочных ямок и желез, а также наличие склеротических изменений в слизистой и мышечной пластинке собственной слизистой [8].

Поражение брыжеечных артерий сопровождается снижением моторики толстой кишки и структурными изменениями ее стенки по типу ангиогенной (ишемической) колопатии [11]. При этом следует отметить, что дисфункция кишечника может развиваться и при изолированном поражении чревного ствола за счёт синдрома "обкрадывания" и перераспределения кровотока по коллатералям из системы верхней брыжеечной артерии в систему чревного ствола [6, 9]. При фиброколоноскопии к проявлениям ангиогенной колопатии следует отнести диффузный или сегментарный колит с избыточной продукцией слизи, атрофию слизистой, наличие эрозий без перифокального воспаления, полипов и сегментарных стенозов с исчезновением гаустрации. При гистологическом исследовании биоптатов слизистой толстой кишки ангиогенную колопатию сопровождает отек собственной пластинки слизистой оболочки, уменьшение количества крипт, развитие участков фиброза, дилатация и эктазия сосудов подслизистого слоя, а при диффузном хроническом колите имеют место очаговые лимфоидно-клеточные инфильтраты в поверхностных слоях слизистой оболочки и подслизистого слоя [2, 8].

Основываясь на ведущих клинических симптомах и морфологических изменениях толстой кишки в настоящее время выделяют три формы ишемической колопатии: транзиторную, стриктурирующую и гангренозную [10]. Транзиторная форма проявляется выраженным болевым абдоминальным синдромом, который возникает на высоте пищеварения, к которому в течение суток присоединяются тенезмы и диарея с примесью яркой и темной крови. Возможны два исхода транзиторных изменений толстой кишки — разрешение или развитие

ишемической стриктуры. Обратимые изменения наблюдаются при нарушениях циркуляции в мелких разветвлениях мезентериальных сосудов, и при этом ишемии подвергается только слизистая оболочка и подслизистый слой кишки [1, 10]. При эндоскопическом исследовании на ранних стадиях транзиторной формы колопатии отмечаются атрофия, бледность, рыхлость и отечность слизистой, повышенная контактная кровоточивость, усиление сосудистого рисунка, воспалительные изменения, подслизистые геморрагии в виде сливных сине-багровых участков неправильной формы и буллезные выпячивания в просвет толстой кишки. В последующем буллезные выпячивания могут трансформироваться в единичные или множественные псевдополипы, преимущественно темного цвета, покрытые сероватыми и белесоватыми мембранами, также могут формироваться псевдодивертикулы [5, 12].

При более тяжелых нарушениях висцеральной гемодинамики в толстой кишке формируются геморрагические изменения слизистой оболочки, а также полуциркулярные и циркулярные язвы различного размера [6, 9]. Прогрессирование ангиопатии вовлекает в ишемию мышечный слой кишки, что сопровождается поэтапным формированием глубоких язв слизистой, вторичной грануляционной ткани при созревании которой образуются фиброзные стриктуры толстой кишки [9, 10].

К морфологическим признакам ангиогенной (ишемической) колопатии следует отнести характерную локализацию патологических изменений в селезеночном углу (точка Грифити), левом изгибе сигмовидной кишки, в илеоцекальном углу ("бессосудистая зона" Треверса) и в ректосигмоидном отделе. При этом в зависимости от стадии процесса и степени компенсации микроциркуляции толстой кишки морфологические проявления отличаются на начальных этапах развития ангиопатии и в её декомпенсированной стадии. На начальной стадии ангиогенной колопатии отмечают дистрофические изменения слизистой оболочки толстой кишки и подслизистого слоя (поверхностный некроз и слущивание эпителия, сохранение крипт с уменьшением или исчезновением бокаловидных клеток в их верхних отделах, наличие признаков регенерации в виде увеличения ядер и появления митозов) и признаки неспецифического воспалительного процесса (очаговые лимфоидно-клеточные инфильтраты в поверхностных слоях слизистой,

умеренный плазмоцитарный инфильтрат собственной пластинки, утолщение и разволокнение базальной мембраны). При наличии застойных явлений и прогрессировании недостаточности висцерального кровоснабжения в биоптатах слизистой толстой кишки отмечаются признаки пареза сосудов подслизистого слоя, стазы эритроцитов, плазморрагии, свежие кровоизлияния в окружающие ткани, а в венах часто выявляется краевое стояние лейкоцитов.

В стриктурирующей (псевдотуморозной) и гангренозной стадиях ангиогенной (ишемической) колопатии в биоптатах слизистой определяются язвенные дефекты с полным разрушением крипт (крипт-абсцессы), наличие тромбов (фибриновых, эритроидных, смешанных) в мелких артериях, определяются макрофаги, нагруженные гемосидерином и отложение гемосидерина в слизистой оболочке толстой кишки, склероз собственной пластинки, очаговое замещение собственной пластинки и участков мышечного слоя грануляционной и фиброзной тканью, разволокнение базальной мембраны, признаки пролиферации капилляров и уменьшение воспалительной инфильтрации стенки кишки [4, 5, 6]. Данные микроскопические изменения слизистой оболочки толстой кишки по мнению многих исследователей имеют место уже в субклинической стадии развития колопатии, что позволяет в ранние сроки заподозрить сосудистый генез имеющейся патологии органов пищеварения.

Описанные клинические, эндоскопические и морфологические признаки различных заболеваний толстой кишки и особенностей ишемических проявлений гастропатии призваны помочь клиницистам в ранней диагностике ангиогенной и неангиогенной природы имеющихся патологических изменений органов пищеварения. В то же время приведённая информация указывает на необходимость поиска более достоверных эндоскопических признаков ангиогенной висцеропатии той или иной локализации, позволяющих определять не только ангиогенный характер, но и степень нарушения микроциркуляции и перфузии тканей. Это позволило бы не только сократить сроки диагностики висцеральной ишемии, уже на этапе эндоскопического исследования, но и определить стадию патологического процесса и степень компенсации недостаточности кровоснабжения для подбора наиболее адекватной терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аруин, Л.И.. Морфологическая диагностика болезней желудка и кишечника / Л. И. Аруин, Л. Л. Капуллер, В. А. Исаков. — М., «Триада-Х». — 1998. — 496 с.
2. Бураковский, В. И. Сердечно-сосудистая хирургия / В. И. Бураковский, Л. А. Бокерия. — М., Медицина. — 1989. — 752 с.
3. Гавриленко, А. В. Хроническая абдоминальная ишемия: диагностика и хирургическое лечение / А. В. Гавриленко, Г. В. Синявин // Региональное кровообращение и микроциркуляция. — 2002. — № 2. — С. 4–9.

4. Звенигородская, Л. А. Клинико-функциональные и морфологические изменения толстой кишки у больных с хронической абдоминальной ишемией / Л. А. Звенигородская, Н. Г. Самсонова, А. И. Парфенов, С. Г. Хомерики // «Трудный пациент». — 2007. — № 15–16. — С. 32–35.
5. Звенигородская, Л. А. К вопросу о клинико-функциональных и морфологических особенностях изменений толстой кишки у больных хронической абдоминальной ишемией / Л. А. Звенигородская, И. А. Шашкова // Русский медицинский журнал. — 2004. — № 24. — 1410–1413.
6. Лазебник, Л. Б. Хроническая ишемическая болезнь органов пищеварения / Л. Б. Лазебник, Л. А. Звенигородская. — М., «Анахарсис». — 2003. — 136 с.
7. Мостыко, С. В. Эндоскопическая диагностика хронической абдоминальной ишемии: Автореферат кандидата медицинских наук / С. В. Мостыко. — 2007. — 24 с.
8. Ойноктинова, О. Ш. Многоликий атеросклероз: абдоминальная ишемическая болезнь — симптом или синдром / О. Ш. Ойноктинова // Медицинский вестник. — 2007. — № 42. — С. 10–11.
9. Ойноктинова, О. Ш. Атеросклероз и абдоминальная ишемическая болезнь / О. Ш. Ойноктинова, Ю. В. Немытин — М., Медицина. — 2001. — 312 с.
10. Самедов, Б. Х. Некоторые частные вопросы эндоскопической диагностики и лечения заболеваний органов пищеварения / Б. Х. Самедов, В. Б. Гриневич, А. М. Прешко. — СПб. — 2006. — 146 с.
11. Сотников, В. Н. Колоноскопия в диагностике заболеваний толстой кишки / В. Н. Сотников, А. А. Разжавина, В. В. Веселов, А. И. Кузьмин, Т. К. Дубинская, А. И. Первозников, А. В. Сотников, С. Ш. Магомедова. — М. — 2006. — 272 с.
12. Федотова, Е. В. Диагностика хронической ишемии толстой кишки при атеросклеротическом поражении нижней брыжеечной артерии. Автореферат кандидата медицинских наук / Е. В. Федотова. — Архангельск. — 2002. — 19 с.
13. Шубина, Е. Н. Изменения гастродуоденальной зоны у больных с хронической абдоминальной ишемией. Автореферат кандидата медицинских наук / Е. Н. Шубина. — Москва. — 2000. — 29 с.
14. Шубина, Е. Н. Клинико-морфологическая динамика изменений гастродуоденальной зоны при хронической абдоминальной ишемии / Е. Н. Шубина, А. С. Логинов, Л. А. Звенигородская // Российский гастроэнтерологический журнал. — 2000. — № 1. — С. 24–29.
15. Brown, D. J. Mesenteric stenting for chronic mesenteric ischemia / D. J. Brown, M. L. Schermerhorn, R. J. Powell, M. F. Fillinger, E. M. Rzucidlo, D. B. Walsh, M. C. Wyers, R. M. Zwolak, J. L. Cronenwett // J. Vasc. Surg. — 2005. — Vol. 42. — P. 268–274.
16. Indes, J. E. Outcomes of endovascular and open treatment for chronic mesenteric ischemia / J. E. Indes, J. K. Giacobelli, B. E. Muhs, J. A. Sosa, A. Dardik // J. Endovasc. Ther. — 2009. — Vol. 16. — P. 624–630.
17. Schaefer, P. J. Chronic mesenteric ischemia: stenting of mesenteric arteries / P. J. Schaefer, F. K. Schaefer, S. Mueller-Huelsbeck, T. Jahnke // Abdom. Imaging. — 2007. — Vol. 32. — P. 304–309.
18. Wilson, D. B. Clinical course of mesenteric artery stenosis in elderly americans / D. B. Wilson., K. Mostafavi, T. E. Craven., J. Ayerdi, M. S. Edwards, K. J. Hansen // Arch. Inter. Medic. — 2006. — Vol. 166. — P. 2095–2100.

© Бархатов Игорь Викторович (knib2009@rambler.ru), Бархатова Наталья Анатольевна (knib2009@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫСОКОЭСТЕТИЧЕСКИХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ: ЦИРКОНИЕВЫЕ РЕСТАВРАЦИИ

MATERIALS FOR HIGHLY ESTHETICAL ABUTMENTS: ZIRCONIA RESTORATION

**M. Davydova
D. Davydov
Y. Shirokova
M. Voropaeva**

Summary. On the use of zirconium dioxide suprastructures, which have become widely used in the practice of aesthetic dentistry of the XXI century, the first publications appeared in 2003. Due to the mechanism of transformational hardening, this material has a unique biocompatibility and the ability to restrain the spread of microcracks under excessive loads. In this article we have conducted an extensive analysis of foreign publications devoted to the most controversial issues related to orthopedic constructions of zirconium dioxide: their biocompatibility, cytotoxicity, strength, durability.

Keywords: zirconium orthopedic constructions, zirconium dioxide, ceramics, monolithic crowns.

Давыдова Мария Александровна

Врач-стоматолог терапевт, ортопед, Член
Стоматологической Ассоциации России, член
Ассоциации Цифровой Стоматологии, член International
Dentistry Association, Москва
smile3-15@mail.ru

Давыдов Денис Анатольевич

Врач-стоматолог ортопед, гнатолог, Москва
stomatolog2812@mail.ru

Широкова Юлия Александровна

К.м.н., доцент, РУДН, врач-стоматолог ортопед,
Москва
shirokova626@mail.ru

Воропаева Маргарита Ивановна

К.м.н., доцент, РУДН, стоматолог-ортопед, Москва
shirokova626@mail.ru

Аннотация. О применении супраструктур из диоксида циркония, которые стали широко применяться в практике эстетической стоматологии XXI века, первые публикации появились еще в 2003 году. Благодаря механизму трансформационного упрочнения этот материал обладает уникальной биосовместимостью и способностью сдерживать распространение микротрещин при чрезмерных нагрузках. В данной статье мы провели обширный анализ зарубежных публикаций, посвященных наиболее дискуссионным вопросам, касающимся ортопедических конструкций из диоксида циркония: их биосовместимости, цитотоксичности, прочности, износостойкости.

Ключевые слова: циркониевые ортопедические конструкции, диоксид циркония, керамика, монолитные коронки.

Один из самых современных и перспективных материалов, используемых в ортопедической стоматологии, является диоксид циркония, преимуществами которого являются его прочность и высокая эстетика. К недостаткам данного материала можно отнести его высокую стоимость, однако в настоящее время уже появилась тенденция к снижению себестоимости ортопедических конструкций из диоксида циркония. Рассмотрим более подробно дискуссионные вопросы, касающиеся ортопедических конструкций из диоксида циркония: их биосовместимость, цитотоксичность, прочность, износостойкость по сравнению с существующими альтернативными материалами.

Биологическая совместимость представляет собой отсутствие у материала свойств, которые могут нанести вред или ухудшить состояние биологической системы (Лебедеко И. Ю. и соавт., 2010 [1], Хван В. И., 2010 [2]). При поиске информации в базе данных PubMed и на официальных сайтах известных стоматологических журналов

(Australian Dent. J., J. Dent. Mat., J. Prosthet Dent., J. Orofac. Orthoped. J. Dent. Res., J. Prosthodont.) не было найдено ни одной публикации, в которой бы сообщалось о сравнении биосовместимости монолитных и облицованных ортопедических конструкций на основе диоксида циркония. Но если допустить, что биосовместимость таких конструкций определяется их облицовкой, закрывающей циркониевый каркас и препятствующей его взаимодействию с жидкостями полости рта, то можно просто рассмотреть по-отдельности данные о биосовместимости диоксида циркония и облицовочной керамики. Иными словами, можно сравнить биосовместимость диоксида циркония с полевошпатной керамикой, керамикой на основе дисиликата лития или на основе фтористого апатита.

Исследованиями *in vitro* было установлено, что порошки и твердые пробы диоксида циркония не являются цитотоксичными (Mundhe K, Jain V, Pruthi G, 2015 [9]). Также сообщалось, что диоксид циркония не индуци-

рует воспалительный отклик с экспрессией цитокинов (TNF- α , IL-1 and IL-6) от моноцитов и фибробластоподобных клеток (Hisbergues M. и соавт., 2009) [5]. Covacci V. и соавт. (1999) [4], Хван В. и соавт. (2010) [2] показали, что Y-TZP керамика не оказывает мутагенного и канцерогенного действия на фибробласты и может использоваться для биомедицинских целей.

Исследования циркониевой керамики *in vivo* проводились на разных моделях животных и с разными формами диоксида циркония (Hisbergues M. и соавт., 2009[5]). Сообщалось о том, что диоксид циркония инкапсулируется тонкими фиброзными тканями при имплантации в мягкие ткани (мышечные, подкожные), что свидетельствует о его биосовместимости (Piconi C. и Massaro G. (1999) сообщили об отсутствии системных токсических эффектов после имплантации диоксида циркония [6].

Известно, что диоксид циркония обладает большей твёрдостью, чем эмаль натуральных зубов, и его твёрдость выше, чем у других керамических материалов. Поэтому было высказано предположение, что реставрации из монокристаллического диоксида циркония могут стирать зубы-антагонисты. Основные отказы от монокристаллических реставраций были связаны с убеждением, что материал является слишком абразивным по отношению к зубам-антагонистам. Однако не следует путать твёрдость с абразивностью. Поверхность диоксида циркония — очень гладкая, плотная, стабильная и не агрессивная (Moscovitch M., Keren H., 2011[8]). Недавние исследования показали, что хорошо отполированный диоксид циркония меньше стирает контр-тела из натуральной эмали и стеатита, чем другие материалы, такие, как металлические сплавы, облицовочная керамика на основе полевого шпата и дисиликата лития (Mundhe K. и соавт., 2015; Nakamura K., 2015[8]). Одной из особенностей изготовления полных анатомических реставраций из монокристаллического диоксида циркония является проведение механической полировки до высокого блеска перед глазурочным обжигом.

Проведение этой процедуры обусловлено тем, что стирание зубов противоположного ряда зависит не только от твёрдости материала, но и от шероховатости его поверхности. Следовательно, все шероховатости на поверхности окклюзии должны быть сглажены до высокого блеска. Этот этап предварительной полировки очень важен. Поскольку глазурь и нанесённые красители могут стираться в области окклюзии, обнажение грубой поверхности материала приведёт к стиранию антагонистов. Следовательно, мы должны быть уверены в том, что базовый материал имеет гладкую поверхность. Жевательные поверхности циркониевой реставрации несложно отполировать вручную до высокого блеска, если использовать специальную полиро-

вальную пасту для циркониевой керамики (Eisenmann H., 2014[11]).

Mundhe K. и соавт., 2015 изучали стирание эмали естественных зубов, находившихся в антагонистическом контакте с одиночными металлокерамическими коронками, покрытыми полевошпатной керамикой или с монокристаллическими циркониевыми коронками. Они установили, что полированные монокристаллические циркониевые коронки меньше стирают эмаль зубов-антагонистов, чем глазурованное полевошпатное покрытие обычных металлокерамических коронок [9].

Stawarczyk B. и соавт. (2013) сравнивали износ монокристаллического и облицованного диоксида циркония по отношению к эмали натуральных зубов. Были изготовлены цилиндрические образцы из облицованного диоксида циркония (ОЦ), диоксида циркония, покрытого глазурью вручную (РГ) или путём напыления (НГ), а также монокристаллического диоксида циркония, отполированного ручным (РПЦ) или механическим методом (МПЦ). В каждую группу вошло по 6 образцов. Все 36 образцов были подвергнуты испытаниям на износ в имитаторе жевания (49 Н, 1,7 Гц; 5°C/50°C), в качестве контр-тела использовали эмаль натуральных зубов. Стирание эмали оценивали с помощью 3D-профилометра до и после прохождения 120.000, 240.000, 640.000 и 1.200.000 жевательных циклов. Для качественного анализа стирания эмали использовали СЭМ. Минимальное стирание эмали антагонистов наблюдали в группах монокристаллического диоксида циркония РПЦ и МПЦ ($27,3 \pm 15,2$ и $28,0 \pm 11,1$ мкм, соответственно). Максимальное стирание имело место в группе диоксида циркония, покрытого глазурью путём её напыления ($91,3 \pm 38,6$ мкм) [12].

Установлено, что отполированные вручную или механическим способом образцы монокристаллического диоксида циркония вызывают меньшее стирание антагонистов, чем циркониевые образцы с керамической облицовкой [7].

Stober T. и соавт. (2014) исследовали стирание эмали монокристаллическими циркониевыми коронками после 6 месяцев клинического использования. 20 монокристаллических циркониевых коронок были установлены 20 пациентам в область моляров. Для измерения стирания были сняты оттиски обеих челюстей после фиксации коронок цементом и спустя 6 месяцев. Были измерены средний и максимальный износ в областях окклюзионного контакта коронок и зубов антагонистов методом трёхмерного лазерного сканирования.

Несмотря на то, что спустя 6 месяцев после ортопедической реабилитации стирание зубов противоположного ряда монокристаллическими циркониевыми коронками было

большим, чем естественными зубами, потери вертикального размера были ниже, чем в случаях использования других керамических материалов (полевошпатной керамики, керамики на основе дисиликата лития) [10].

В ряде работ рассмотрены показания к применению монолитного и облицованного диоксида циркония [7, 10]. Zarone F. и соавт. (2010) сообщили, что в число показаний к использованию монолитного диоксида циркония входят коронки и несъёмные мостовидные протезы полной анатомии для жевательных областей зубного ряда, абатменты имплантатов, вкладки и накладки, мостовидные протезы большой протяжённости, включая несъёмные протезы всего зубного ряда [14].

Rinke S. и Fischer C. (2013) полагают, что монолитный диоксид циркония подходит для изготовления анатомических коронок и частичных несъёмных протезов жевательных областей зубного ряда. Результаты лабораторных исследований свидетельствуют в пользу изготовления несъёмных зубных протезов большой протяжённости из монолитного диоксида циркония, однако перед их внедрением в широкую клиническую практику необходимы дополнительные клинические исследования для оценки отдалённых результатов [4].

Anusavice KJ и соавт. (2014) отмечают, что во время клинического функционирования на зубные протезы действуют усилия при откусывании и пережёвывании пищи. На участках моляров величина этих усилий находится в диапазоне от 441 до 981 Н. Согласно стандарту DIN, при испытаниях на разрушение частичные зубные протезы должны выдерживать действие окклюзионных усилий > 1000Н. Монолитный диоксид циркония, обладающий высокой прочностью, может рассматриваться в качестве нового материала, рекомендуемого для изготовления несъёмных зубных протезов, фиксируемых вкладками на зубах [7].

Stawarczyk B, Özcan M и соавт. (2015) разработали систему классификации цельнокерамических материалов для изготовления зубных протезов. Они подчеркнули, что любой керамический материал должен использоваться строго по показаниям, определённым инструкцией производителя. В частности, применение монолитного диоксида циркония показано для изготовления частично облицованных зубных протезов, полных коронок передних и жевательных областей зубного ряда, частичных несъёмных зубных протезов и абатментов имплантатов [9].

По мнению ряда авторов, (Heintze S. и Rousson V., 2010), циркониевые каркасы с нанесённой вручную или напрессованной керамической облицовкой не обладают той прочностью, которая присуща монолитным

реставрациям. Это означает, что показания к применению облицованных каркасов должны ограничиваться эстетическими зонами зубного ряда, так как послойное нанесение керамического покрытия позволяет получить лучшие эстетические результаты, чем напрессовка керамики [5].

Далее рассмотрим причины разрушения ортопедических конструкций на основе диоксида циркония. Moscovitch M. и Keren H. (2010, [8]) считают, что их можно свести к следующим:

1. Недостаточная толщину стенки каркаса зубного протеза или колпачка коронки (минимальная толщина должна составлять 0,5 мм).
2. Слишком маленькая площадь соединительной зоны зубного протеза (площадь соединительной зоны должна составлять не менее 9 мм² — для зубных протезов из 3-х единиц, не менее 12 мм² — для зубных протезов из 4 единиц).
3. Сухое шлифование плотноспеченных каркасов, использование грубых алмазов, работу на высоких скоростях вращения инструмента и/или слишком сильное надавливание на реставрацию.

Anusavice K.J. (2012) предложил следующую классификацию разрушений облицованных ортопедических конструкций на основе диоксида циркония:

1. Разрушение 1-й степени: скол можно заполировать;
2. Разрушение 2-й степени: участок скола можно отремонтировать композитом;
3. Разрушение 3-й степени: катастрофический раскол каркаса, необходимо изготовление нового зубного протеза [6].

Moscovitch M., Keren H. (2016) полагают, что причинами катастрофических разрушений циркониевых протезов могут быть инородные включения в материале, поры, незалеченные трещины, которые в условиях полости рта начинают медленно расти. Наиболее вероятным участком катастрофического разрушения цирконового протеза является область соединения опорной коронки с промежуточным зубом.

При повышенных растягивающих усилиях катастрофическое разрушение начинается от десневой поверхности соединительной области Pihlaja J., 2016[5], считает, что если разрушение цирконового зубного протеза произошло вскоре после фиксации цементом, то оно, скорее всего вызвано плохим качеством материала или техническими ошибками в процессе изготовления, а не является следствием бруксизма или диеты пациента.

Технические осложнения, приведшие к ремонту зубного протеза, являются факторами риска катастрофи-

ческого разрушения реставрации в отдалённые сроки лечения.

Sagirkaaya E. и соавт. (2012) установили, что каждые 4 из 5 полomoк происходят в течение первого года после фиксации циркониевых протезов пациенту. Если циркониевый зубной протез прослужил без полomoк в течение первых 3-х лет, то риск полomoк в течение последующих 7 лет значительно снижается.

Таким образом, анализ публикаций позволил прийти к следующим выводам. Монолитный диоксид циркония превосходит облицованный по прочности, биосовместимости и стиранию зубов-антагонистов, независимо от техники облицовки. Преимущества той или иной техники

облицовки над другими не доказаны. Облицованный диоксид циркония значительно превосходит монолитный по эстетике. Что же касается краевого прилегания, то здесь оба типа реставраций признаны одинаковыми. Показания и противопоказания к применению материала определяются инструкцией его производителя. Использование материала в ситуациях, не отвечающих показаниям или противопоказаниям производителей, может привести к катастрофическим разрушениям циркониевых коронок и зубных протезов. В эстетических зонах лучше применять облицованные зубные протезы. Монолитные циркониевые реставрации рекомендуется использовать в боковых участках зубного ряда и для изготовления протяжённых конструкций (до 2 искусственных зубов мостовидного протеза или не более 1 консоли типа премоляра).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебеденко И.Ю., Хван В. И., Анисимова С. В., Лебеденко А. И., Михайлина Н. Н., Подзорова Л. И., Румянцева М. Н., Шворнева Л. И., Волченкова В. А. Диоксид циркония в стоматологическом материаловедении. // Российский стоматологический журнал, 2010, № 2, с. 4–6.
2. Хван В. И. Лабораторно-экспериментальное обоснование ортопедического лечения зубными протезами с опорой на стекловолоконные и диоксидциркониевые структуры. // Автореферат дисс. кмн 2010, 21с
3. Anusavice KJ Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. // Dent Mater, 2012, 28(1): 102–111.
4. Covacci, V., Bruzzese, N., Maccauro, G., Andreassi, C., Ricci, G.A., Piconi, C. et al. In vitro evaluation of the mutagenic and carcinogenic power of high purity zirconia ceramic. // Biomaterials, 1999, 20:371–376
5. Hisbergues, M., Vendeville, S., Vendeville, P. Zirconia: Established facts and perspectives for a biomaterial in dental implantology. // J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2009, 88B:519–529.
6. Piconi, C., Maccauro, G. Zirconia as a ceramic biomaterial. // Biomaterials, 1999, 20: 1–25.
7. Pihlaja Juha. Treatment outcome of Zirconia single crowns and fixed dental prostheses // Acta Univ. Oul. Academic dissertation D1362, 2016
8. Moscovitch M., Keren H. Understanding zirconia as restorative material // Spectrum dialogue, 2016, v. 9, No. 3, 50–58
9. Mundhe K, Jain V, Pruthi G & Shah N. Clinical study to evaluate the wear of natural enamel antagonist to zirconia and metal ceramic crowns. // J Prosthet Dent, 2015, 114(3): 358–363.
10. Nakamura Keisuke. Mechanical and Microstructural Properties of Monolithic Zirconia // University of Gothenburg, Department of Prosthetic Dentistry/Dental Materials Science, Institute of Odontology, Gothenburg, 2015, p. 15
11. Eisenmann H. In a harmony with aesthetics and function // Spectrum dialogue, v. 13, № 5, 2014, 18–34.
12. Stawarczyk B, Özcan M, Schmutz F, Trottmann A, Roos M, Hämmerle CH. Two-body wear of monolithic, veneered and glazed zirconia and their corresponding enamel antagonists. // Acta Odontol Scand. 2013 Jan;71(1):102–12.
13. Stober T, Bermejo JL, Rammelsberg P, Schmitter M. Enamel wear caused by monolithic zirconia crowns after 6 months of clinical use. // J Oral Rehabil. 2014 Apr;41(4):314–22.
14. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. // Dent Mater 2011; 27: 83–96.

© Давыдова Мария Александровна (smile3-15@mail.ru), Давыдов Денис Анатольевич (stomatolog2812@mail.ru), Широкова Юлия Александровна (shirokova626@mail.ru), Воропаева Маргарита Ивановна (shirokova626@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНАЯ АНТИКОАГУЛЯНТНАЯ ТЕРАПИЯ В СЛОЖНЫХ КЛИНИЧЕСКИХ СИТУАЦИЯХ

EFFECTIVE ANTICOAGULANT THERAPY IN DIFFICULT CLINICAL SITUATIONS

A. Karsanov
E. Perisaeva
A. Salamov
A. Kultchiev
S. Tigiev
A. Morozov

Summary. The article presents two clinical observations on the effective treatment of patients with acute vascular pathology. In both cases, a positive clinical outcome was achieved as a result of the use of anticoagulants. In one case, unfractionated heparin was the base drug in the treatment of non-occlusive mesenteric circulatory disorders. In the second case of acute venous thrombosis of the inferior vena cava pool, Enoxaparin in therapeutic dosages was used in a patient with severe posthemorrhagic shock on the background of coagulopathy and severe toxic liver damage.

Keywords: anticoagulants, neocclusal mesenteric ischemia, venous thrombosis, coagulopathy.

Карсанов Алан Мухарбекович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
karsan@inbox.ru

Перисаева Элина Акимовна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
perisaeva.elinka@yandex.ru

Саламов Анатолий Касплатович

К.м.н., директор, НУЗ «Узловая больница на ст. Владикавказ ОАО «РЖД» (г. Владикавказ)
rzdbolnica@live.ru

Кульчиев Ахсарбек Агубеевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Тигиев Северян Владимирович

К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная Медицинская академия» (г. Владикавказ)
sogta.rso@gmail.com

Морозов Алексей Анатольевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
(г. Владикавказ)
docentmorozov@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены два клинических наблюдения по результативному лечению пациентов с острой сосудистой патологией. В обоих случаях положительный клинический исход был достигнут в результате применения антикоагулянтов. В одном случае нефракционированный гепарин был базовым препаратом в лечении неокклюзионного нарушения мезентериального кровообращения. Во втором случае острого венозного тромбоза бассейна нижней полой вены Эноксапарин в лечебных дозировках был применен у пациентки с тяжелым постгеморрагическим шоком на фоне коагулопатии и тяжелым токсическим поражением печени.

Ключевые слова: антикоагулянты, неокклюзионная мезентериальная ишемия, венозный тромбоз, коагулопатия.

Острые тромботические поражения различных бассейнов сосудистого русла являются актуальнейшей проблемой современности. По оценкам экспертов Ассоциации флебологов России, в нашей стране ежегодно венозный тромбоз возникает у 240 000 человек, у 100 000 из которых развивается тромбоэмболия легочных артерий [2]. Имеющиеся данные позволя-

ют утверждать, что почти у 25% населения мира в тот или иной период жизни возникают венозные тромбоэмболические осложнения.

Механизмы тромбообразования были сформулированы R. Virchow еще в середине XIX века: повреждение сосудистой стенки, замедление кровотока и повышение

свертываемости крови [1]. Наиболее важными для возникновения венозного тромбоза являются гемодинамические нарушения (замедление кровотока), при этом ключевую роль в формировании тромба играет активация процессов свертывания крови, приводящая к образованию фибрина [4]. Полицитемия, эритроцитоз, тромбоцитоз, дегидратация, диспротеинемия, значительное увеличение содержания фибриногена способствуют тромбообразованию [4].

Известно множество факторов риска венозного тромбоза: различные тромбофилии, перенесенная операция, травма, сердечная недостаточность III–IV функционального класса, новообразования, сепсис, острая инфекция (например, пневмония), постельный режим более 3 сут, инсульт, инфаркт миокарда, заболевания легких и некоторые другие заболевания и состояния [3,4].

Основным методом лечения ВТ является антикоагулянтная терапия с использованием антикоагулянтов различной молекулярной массы и антагонистов витамина К (АВК) [2, 4]. Именно при своевременном использовании гепаринов удается в кратчайшие сроки предотвратить нарастание коагуляционного каскада и образование “свежих” тромбов и эмболов. Важным в эффекте гепаринов является как можно более раннее их назначение [3, 6].

Широкое использование антикоагулянтов не ограничивается патологией венозной системы. Так при целом ряде артериальных тромбозов их применение является индукционным и сопровождающим компонентом хирургического восстановления магистрального артериального кровотока, а при таком все чаще выявляемом состоянии, как острое неокклюзионное нарушение мезентериального кровообращения (НМК) своевременное использование антикоагулянтов может спасти пациенту жизнь [5].

Целью статьи является демонстрация двух клинических наблюдений, когда лишь применение антикоагулянтов обеспечило благоприятный клинический исход.

Клиническое наблюдение 1

Пациентка К. 50 лет, история болезни № 391, доставлена каретой “скорой помощи” в негосударственное учреждение здравоохранения «Узловая больница на ст. Владикавказ ОАО «РЖД» (УБ) 13.02.2018 г. в 4⁰⁰ в тяжёлом состоянии.

При осмотре в приемном отделении доминировала клиническая картина продолжающегося обильного маточного кровотечения, постгеморрагического шока III (тяжёлой) степени, ДВС-синдрома.

Анамнез заболевания: Со слов больной, в течение недели периодически отмечала незначительные кровянистые выделения из геморроидальных узлов. 12.02.2018 г. у больной началась менструация. 13.02.2018 г. менструации перешли в маточное кровотечение.

Анамнез жизни: трижды перенесла кесарево сечение (2005 г., 2012 г., 2014 г.), пневмония, илеофemorальный тромбоз, который был выявлен 26.01.2018 г., с выраженным лимфостазом левой нижней конечности.

Результаты объективного обследования при поступлении: кожные покровы и видимые слизистые цианотичны, участками синюшные. Склеры иктеричные. Слизистая оболочка рта и губ кровоточит. Гемолакрия (слезотечение с геморрагическим компонентом). Левая конечность отечная, при пальпации болезненна. ЧДД 24 в мин. В легких с обеих сторон резко ослабленное везикулярное дыхание. Тоны сердца приглушены, тахикардия. ЧСС 130 в мин. АД 40/0 мм рт. ст. Язык суховат, обложен серы налетом. Живот вздут, увеличен в размере за счет скопления жидкости в отлогах местах. Печень на уровне пупка (+10мм). Селезенка увеличена. Стул обычный. Диурез снижен. Мочится по катетеру.

По жизненным показаниям произведено диагностическое выскабливание полости матки с целью гемостаза. Больная переведена в реанимационное отделение, где ей была продолжена интенсивная постгеморрагического шока.

Заключение экстренного УЗИ (13.02.2018 г.): Печень увеличена (обе доли), неравномерно уплотнена. Сосудистый рисунок печени не изменен — d. V. portae = 11 мм, внутрпеченочные желчные протоки не расширены. Ж. пузырь растянут — 10,2 x 3,0 см, деформирован перетяжкой. Содержимое пузыря застойное. Стенки утолщены до 6–7 мм. Общий ж. проток не расширен (4 мм), проходим. Селезенка увеличена (14,0 см x 7,0 см), уплотнена. Поджелудочная железа нормальной формы и размеров, контуры ровные, структура однородная. Свободная жидкость в брюшной полости, в плевральных полостях, в полости перикарда и в полости малого таза не определяется.

Фрагмент динамики общего анализа крови (13.02; 24.02; 26.02.2018 г.) и показатели биохимического анализа крови представлены в таблицах 1 и 2.

На утро 13.02.2018 г. пациентка была осмотрена хирургом. При осмотре выявлено: наружные половые органы и промежность имели вид тёмно-фиолетовой студенеобразной массы. Диаметр левой (поражённой) конечности на уровне верхней трети бедра был в окружности больше на 8 см. Боль и выраженная болезненность

Таблица 1. Общий анализ крови в динамике

Нь	Эрит.	Лейк.	Тромб.	Гранул.	М	Лимф	СОЭ
43 г/л	1,21x10 ¹² /л	4,8x10 ⁹ /л	31 x10 ⁹ /л	57,9	1,9	40,2	18мм/ч
94 г/л	3,17x10 ¹² /л	13,1x10 ⁹ /л	243 x10 ⁹ /л	82,4	5,7	11,9	12мм/ч
89 г/л	2,96x10 ¹² /л	11,4x10 ⁹ /л	371 x10 ⁹ /л	76,6	4,5	18,9	13мм/ч

Таблица 2. Биохимический анализ крови

	Норма	13.02.18 г.	17.02.18 г.	26.02.18 г.
Сахар крови	3,8–6,4ммоль/л	7,0ммоль/л	3,7ммоль/л	4,5 ммоль/л
Мочевина	2,2–6,7ммоль/л	4,5 ммоль/л	3,6 ммоль/л	3,8 ммоль/л
Креатинин	53–97 мкмоль/л	66,0мкмоль/л	68,0мкмоль/л	70,0 мкмоль/л
Общ. белок	64–83 г/л	37,0 г/л	51,0 г/л	56,0 г/л
Альбумин	35–55 г/л	18,0 г/л		27,0 г/л
Билирубин общий	3,4–20,5 мкмоль/л	200,0	94,1	217,0
Билирубин прямой	0,86–5,3 мкмоль/л	100,0	23,8	113,0
Билирубин не прямой	2,7–15,3 мкмоль/л	100,0	70,3	104,4
Протр. индекс	70–130%	50%	77%	77%
D-димер	До 500 нг/мл	908,00 нг/мл	-	-
Фибриноген	1,8–4,0 г/л	2,0 г/л	2,0 г/л	2,0 г/л
АЧТВ	25–35сек	40 сек	30 сек	28 сек
РФМК	3–4 мг/100 мл	7,0	5,0	
МНО	0,85–1,25	2,3	1,26	1,56
АЛТ	<17 ед/л	9,0	16,0ед/л	33,0ед/л
АСТ	<15 ед/л	40,0ед/л	43,0ед/л	54,0ед/л
ГГТП	10–32 г/л	304,0г/л	259,0ед/л	141,0 ед/л
ЩФ	<240 ед/л	318,0ед/л	283,0ед/л	243,0ед/л
Амилаза	23–100 ед/л	15ед/л		15ед/л
Кальций	2,15–2,6 ммоль/л	1,5 ммоль/л	1,9 ммоль/л	
Калий	3,6–5,5 ммоль/л	3,0ммоль/л	3,9ммоль/л	
Натрий	136–145 ммоль/л	144,0 ммоль/л	138,0 ммоль/л	
RW	Отр.	Отр.		

локализовалась не только на бедре, но и распространялась на ягодичную область.

Топически верифицировать тромботическое поражение венозного русла удалось при помощи спиральной компьютерной томографии (СКТ) с контрастированием (рис. 1–3)

Характерной особенностью тактики ведения этой пациентки было то, что никто из приглашенных на экстренный консилиум многочисленных консультантов, в том числе и сосудистые хирурги, не решились на фоне состоявшегося геморрагического синдрома и шока тяжелой степени рассматривать в качестве патогенетической терапию антикоагулянтами. Отдельным мнением двух специалистов было решено что, после выведения

из постгеморрагического шока и купирования острого ДВС-синдрома, на фоне гемо- и плазматрансфузий и иной адьювантной терапии должно быть начато лечение эноксапарином в дозе 100 МЕ (1 мг) / кг через каждые 12 часов. Суточная доза эноксапарина составила 12000 МЕ. К концу вторых суток терапии появились клинические признаки положительной динамики. С 7 суток начат подбор дозы АВК.

По результатам дуплексного сканирования вен нижних конечностей от 26.01.2018 г. (на 14 сутки после поступления в стационар) при впервые выполненном ангиосканировании вен нижне-кавального бассейна было подтверждено наличие окклюзирующего тромбоза подвздошных вен слева без признаков флотации и выраженного лимфостаза левой нижней конечности. Паци-



Рис. 1. Ангио-СКТ с контрастированием

Верхушка окклюдированного тромба расположена в устье левой общей подвздошной вены, проходимость нижней полой вены не нарушена. Гепатомегалия
(Коронарная проекция. Артериальная фаза контрастирования)



Рис. 2. Ангио-КТ с контрастированием

Окклюдированный тромбоз всего бассейна левых подвздошных вен
(Аксиальная проекция. Паренхиматозная фаза контрастирования)

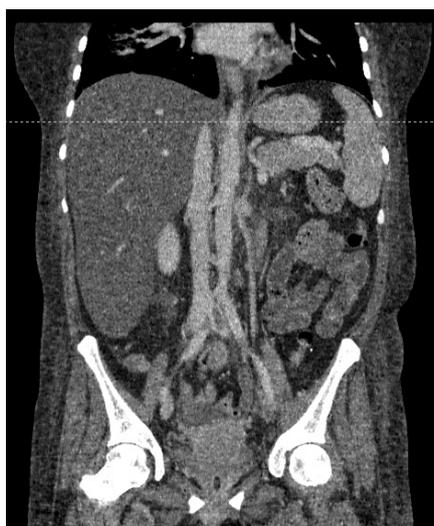


Рис. 3. Ангио-СКТ с контрастированием

Окклюдированный тромбоз всего бассейна левых подвздошных вен. Гепатомегалия.
(Коронарная проекция. Паренхиматозная фаза контрастирования)

ентка была выписана на 15 сутки с подобранной и оттитрованной дозировкой АВК на амбулаторной лечение.

В данном случае илеофemorальный тромбоз возник на фоне токсического хронического гепатита и манифестировал в виде тромбоза геморроидальных узлов, обильного кровотечения из геморроидальных узлов, обильного маточного кровотечения, постгеморрагического шока III (тяжелой) степени, ДВС-синдрома.

Клиническое наблюдение 2

Пациент Ч. 81 года поступил в хирургическое отделение УБ через 12 часов от начала заболевания. Исходно состояние пациента было расценено как тяжелое. Контакт с пациентом был затруднен в связи с остаточными явлениями перенесенного ранее острого нарушения мозгового кровообращения в виде моторной афазии с правосторонним гемипарезом.

При поступлении пациент стонал и кричал от боли, попытка пальпации живота приводила к резкому усилению болевого синдрома. Живот умеренно вздут, на уровне реберных дуг, пальпаторно — мягкий, болезненный во всех отделах.

Аускультативно: перистальтические шумы кишечника не выслушиваются. Определяется «шум плеска». Газы не отходят. При ректальном осмотре патологических образований не выявлено, ампула прямой кишки пустая, на перчатке следы кала обычного цвета.

Экстренно пациенту была выполнена обзорная рентгенография органов брюшной полости, где определяется множество тонкокишечных уровней. Установлен назогастральный зонд, по которому выделилось около 300 мл. кишечного отделяемого со зловонным запахом.

По данным УЗИ органов брюшной полости выявлены признаки хронического калькулезного холецистита без признаков деструкции, петли тонкого кишечника расширены, перистальтика не определяется.

С диагнозом «Острая кишечная непроходимость. Тромбоз мезентериальных сосудов?» больной был экстренно оперирован. Под эндотрахеальным наркозом выполнена верхнесрединная лапаротомия, выделилось до 100 мл экссудата темно-коричневого цвета.

При ревизии выявлено, что тонкая кишка на всем протяжении растянута, синюшно-багрового цвета. Пульсация на брыжеечных артериях резко ослаблена, перистальтика отсутствует. Интраоперационная ситуация расценена как мезентериальный венозный тромбоз, тотальная ишемия тонкой кишки. В виду протяженности

ишемии тонкой кишки, оперирующим хирургом было принято решение ограничиться диагностическим этапом операции. Внутривенно болюсно и в корень брыжейки тонкой кишки было введено по 5000 ЕД нефракционированного гепарина (НФГ).

Пациент переведен в реанимационное отделение, где в течение 24 часов получал терапию НФГ, а затем, при отсутствии отрицательной динамики, был переведен на терапию эноксапарином. Адьювантная и сопроводительная терапия включала: инфузионную, антибактериальные препараты группы цефалоспоринов и метронидазол, а так же стимуляция перистальтики кишечника, кардиотропную и антисекреторную терапию с адекватным обезболиванием.

Через двое суток после операции состояние и самочувствие пациента стало улучшаться, но болевой синдром сохранялся, обезбоживание осуществлялось с применением наркотических анальгетиков. Пациент был переведен в хирургическое отделение для дальнейшего наблюдения. В этот период отмечено купирование локальной симптоматики и появление признаков нормализации кишечной перистальтики.

На пятые сутки после операции, на фоне консервативной терапии у больного при аускультации определялась вялая перистальтика кишечника и констатировано отхождение газов. Назначен пероральный прием осмотических слабительных. У больного появился аппетит и он начал принимать жидкую пищу в объеме около 100 мл. На шестые сутки был получен самостоятельный стул с вазелиновым маслом и отхождением газов.

На 9-е сутки пациент по собственному настоянию был выписан из стационара и продолжил терапию эноксапарином амбулаторно.

Заключение

Таким образом, антикоагулянты являются препаратами выбора при всех острых венозных и большинстве артериальных тромбозов. При сложных клинических ситуациях, как в первом представленном клиническом наблюдении, постгеморрагический шок и риск рецидива массивного кровотечения не способствовали стандартному подходу к назначению антикоагулянтов, однако мы считаем, что лишь при их адекватном и раннем назначении удалось обеспечить деокклюзию общей подвздошной вены и дать возможность реализоваться массивной возмездительной терапии.

Во втором представленном наблюдении антикоагулянты были применены в качестве метода отчаяния. Несмотря на то, что, ввиду низкой комплаентности

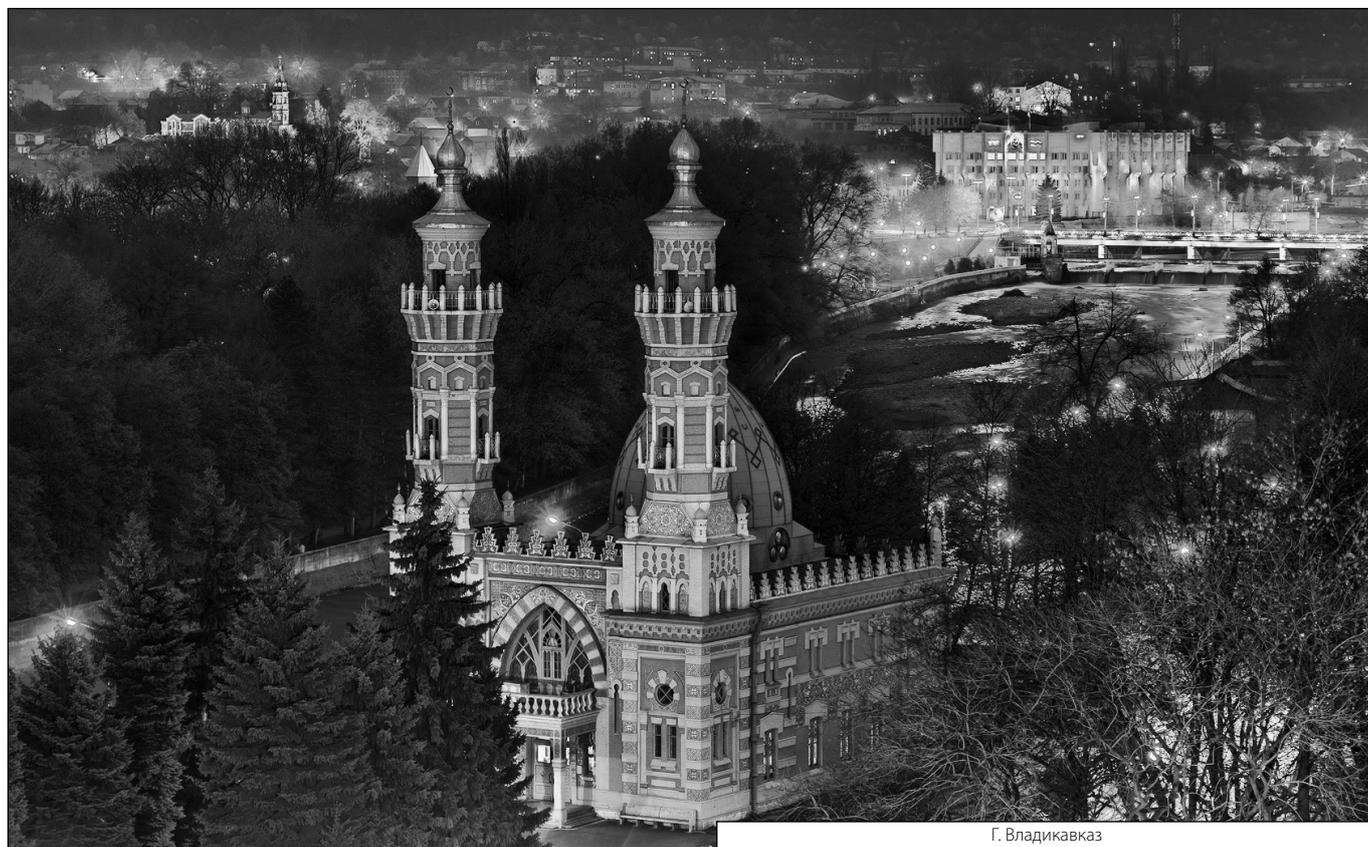
пациента, не удалось провести детальное обследование состояния мезентериального сосудистого русла, мы в большей степени склонны расценивать описанную клиническую ситуацию, как неокклюзионное НМК. Поскольку генез этого состояния не всегда постижим клиницистами, следует знать, что эта разновидность ишемии кишечника является осложнением

различных патологических состояний и характеризуется в первую очередь нарушением микроциркуляции различных отделов дигестивного тракта. Именно для нормализации гемодинамики на этом уровне антикоагулянтная терапия наиболее обоснована, что и было достигнуто по результатам лечения второго пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багрова И.В., Кухарчик Г.А., Серебрякова В.И. и др. Современные подходы к диагностике тромбоэмболии лёгочной артерии // Флебология. 2012.— № 4.— С. 35–42.
2. Кириенко А.И., Леонтьев С.Г., Гусев Л.Л. и др. Консервативное лечение больных с острым венозным тромбозом // Флебология.— 2012.— № 2.— С. 40–44.
3. Кириенко А.И., Панченко Е.П., Андрияшкин В.В. Венозный тромбоз в практике терапевта и хирурга.— М.: «Планида», 2012.— 328 с.
4. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбоэмболических осложнений // Флебология.— 2015.— № 4.— С. 2–52.
5. Хрипун А.И., Алимов А.Н., Миронков А.Б., Савельева А.В., Прямыков А.Д. Неокклюзионная форма острого нарушения мезентериального кровообращения: диагностика и лечение // Хирургия.— 2017.— № 1.— С. 88–94.
6. Явелов И.С. Антикоагулянтная терапия в профилактике и лечении венозных тромбоэмболических осложнений // Флебология.— 2010.— № 4.— С. 4–14.

© Карсанов Алан Мухарбекович (karsan@inbox.ru), Перисаева Элина Акимовна (perisaeva.elinka@yandex.ru), Саламов Анатолий Касполатович (rzdbohnica@live.ru), Кульчиев Ахсарбек Агубеевич (kulchiev.ahsarbek@yandex.ru), Тигиев Северян Владимирович (sogma.rso@gmail.com), Морозов Алексей Анатольевич (docentmorozov@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Владикавказ

ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ СИНДРОМОВ (ОБЗОР)

DEGENERATIVE CHANGES IN THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF NEUROLOGICAL SYNDROMES (REVIEW)

S. Novikova

Summary. Local muscle pains, formed under the influence of prolonged static load, reflex-irritative reactions in diseases of internal organs and degenerative changes in the spine, have combined disturbances of posture with impaired regulation of the human posture. Violations of the distribution of muscle tone are noted not only in a specific region, but also in the entire musculoskeletal system and are accompanied by an increase in the load on the joints in proportion to the developing muscle imbalance, change of leverage during movement. An increase in the mechanical load on the joints leads to damage to the connective tissue of the joint with the progression of osteoarthritis, the addition of neurological manifestations in the form of tunnel syndromes with torsion disorders. The expansion of the nociceptive field with the formation of a pain response in case of static disorders suggests the inclusion of structurally modulating therapy with wired articular tissue in the treatment of chronic musculoskeletal pain that accompanies statodynamic disorders, along with symptomatic pain therapy.

Keywords: chronic musculoskeletal pain, posture, body balance, myofascial syndrome, osteoarthritis, biomechanics of movements, chondroprotectors.

Новикова Светлана Григорьевна

*К.м.н., Городская поликлиника № 175 Департамента здравоохранения города Москвы, г. Москва
actoveqe@yandex.ru*

Аннотация. Локальные мышечные боли, сформированные под влиянием длительной статической нагрузки, рефлекторно-ирритативных реакций при заболеваниях внутренних органов и дегенеративных изменениях позвоночника имеют сочетанные нарушения осанки с нарушением регуляции баланса тела человека. Нарушения распределения мышечного тонуса отмечаются не только в конкретном регионе, но и во всей скелетно-мышечной системе и сопровождаются увеличением нагрузки на суставы пропорционально развивающемуся мышечному дисбалансу, смене рычагов при выполнении движения. Увеличение механической нагрузки на суставы приводит к повреждению соединительной ткани сустава с прогрессированием остеоартроза, присоединению неврологических проявлений в виде туннельных синдромов при торсионных нарушениях. Расширение ноцицептивного поля с формированием болевого реагирования при нарушениях статики предполагает включение структурно-модулирующей терапии с защитой суставной ткани при лечении хронической скелетно-мышечной боли, сопровождающей статодинамические нарушения, наряду с симптоматической терапией боли.

Ключевые слова: хроническая скелетно-мышечная боль, осанка, баланс тела, миофасциальный синдром, остеоартроз, биомеханика движений, хондропротекторы.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Костно-мышечные заболевания амбулаторных больных устойчиво занимают третье место после заболеваний сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта [3].

Остеоартроз (ОА) имеет значительную распространенность, особенно в старших возрастных группах, где его частота превышает 50%. Обращения по поводу заболевания костно-мышечной системы составляют до 10% всех обращений. [2]

Остеоартроз (ОА) рассматривается в настоящее время как гетерогенная группа заболеваний различной

этиологии со сходными биологическими, морфологическими, клиническими проявлениями и исходом, медленно прогрессирующим течением, при котором имеет место поражение всех компонентов сустава, в первую очередь хряща с нарушением его целостности, а также изменениям в околосуставном пространстве: субхондральной кости, синовиальной оболочке, связок, капсулы, околосуставных мышц [2, 16]. Хотя остеоартроз является невоспалительной формой артрита, даже при незначительном повреждении хряща имеет место воспалительный компонент, что может привести к стойкому повреждению сустава [31, 34, 35]. Данные изменения сопровождаются синовиальной пролиферацией, новообразованиями в кости, сопровождаются болью, нарушением функции сустава, потерей трудоспособности.

Изменения происходят на клеточном, матричном и тканевом уровнях со сложными взаимодействиями между тканями сустава [31]. Являясь хроническим заболеванием, приводящим к выраженному снижению двигательной активности и качества жизни, остеоартроз требует длительной или пожизненной терапии [1, 2, 25]

Патологические изменения сустава с клинической полиморфностью зависят от двух теоретических модулей.

1. **Биомеханический** (силовые деформации с их деформирующей и разрушающей функцией). Силовые воздействия на сустав подразделяются на прессионные, тракционный и фрикционные. Сбалансированностью этих сил обеспечивается функциональность сустава. В парных суставах может преобладать тот или иной процесс в разных видах. Преобладание дистракционных сил приводит к повреждению мягкотканых компонентов (мышц, связок). При сохранении избыточного давления, происходит разрушение субхондрального слоя костной ткани, разрушения в критических зонах, силовые деформации.
2. **Биохимический или метаболический**. Процесс характеризуется как реактивный на повреждение с воспалением и фиброзированием и клинически реализуется как синовит, артрит, артрозо-артрит, артроз [27].

Сустав — подвижное, прерывистое соединения костей скелета с наличием суставных поверхностей, покрытых суставным хрящом, суставных поверхностей, разделенных суставной полостью с синовиальной жидкостью и суставной сумки (связкой, участвующих в перемещении отдельных костных рычагов относительно друг друга, в локомоции тела и сохранении его положения. Обязательным компонентом любого сустава являются суставные поверхности сочленяющихся костей, покрытые хрящом, суставная капсула и суставная полость с синовиальной жидкостью [27].

Изменения в строении сустава при дегенеративных изменениях

1. **Субхондральная кость**. Чрезмерные нагрузки вызывают микроразрушения субхондральных трабекул с образованием и ремоделированием новой структуры и формированием остеофитов. Проникающие в базальные отделы поврежденного хряща сосуды и ненормальное заживление вблизи краев суставов способствуют этому процессу [31].
2. **Хрящевая ткань**. Разновидность соединительной ткани. Состоит из хондроцитов и хондробластов. Матрикс хряща — это сеть переплетенных коллагеновых волокон, имеющих консистенцию геля и создающих плотную пространственную

сетку, определяющую устойчивость хряща к перегрузкам. Ткань богата протеогликаном: глюкозаминоном и хондроитином. В напряженном состоянии хрящ выдавливает в суставную полость протеогликановую фазу матрикса [2, 1]. Хрящевая ткань не имеет кровеносных и лимфатических сосудов. Имеет два источника питания: капиллярный кровоток со стороны субхондральной кости и синовиальную жидкость, омывающую поверхностную зону хряща и играющую основную роль в питании хряща [24].

3. **Синовиальные структуры**. Синовиальная жидкость, продуцируемая синовиальной оболочкой, сходна с плазмой крови с меньшим содержанием протеогликана глюкуроновой кислоты. Содержит частицы износа тканей сустава, которые удаляются через лимфатическую систему. Синовиальная жидкость содержит все необходимые компоненты для питания хряща компоненты (в условиях отсутствия васкуляризации хряща). Одновременно с этим синовиальная жидкость выполняет роль "смазки" для движущихся частей сустава.

Факторы риска развития дегенеративных изменений костно-мышечной системы

К эндогенным факторам развития остеоартроза относятся возраст, пол, дефекты развития, наследственная предрасположенность. **К экзогенным** — травмы, профессиональная деятельность, спортивная активность, стереотипные движения, избыточная масса тела, биомеханические изменения, воспаления. Перечисленные факторы служат инициаторами аномальных биохимических процессов в хряще, кости и синовиальной оболочке, в течение ряда лет приводящих к характерным признакам остеоартроза: дегенерации суставного хряща, образованию остеофитов, субхондральному склерозу и прогрессирующей суставной недостаточности [2,31]. Эти факторы приводят как к формированию, так и к обострению болевого синдрома, снижению качества жизни, ограничению трудоспособности [2,14,22].

Диагностика дегенеративных изменений и постановка диагноза

Структурно-функционально динамический подход в оценке болевых проявлений — это наиболее продуктивный в оценке болевого синдрома, постановке диагноза и разработки лечебных и реабилитационных мероприятий [7].

Особенности клинических проявлений и структурно-функциональные изменения могут быть свиде-

тельством усиления или уменьшения болей в спине. На основании оценки статики и движения можно либо подтвердить, либо отвергнуть наличие болевого синдрома. Обследование опорно-двигательного аппарата дают большую информацию о том, как эффективно проходит процесс лечения, при этом постоянно сопоставляются: степень болевого синдрома, наличие триггеров и их динамика, нарушение конфигурации позвоночника и мобильности ПДС, степень асимметрии костных выступов и околопозвоночных мышц. Именно статико-динамические, а не нейровизуализационные исследования имеют прямую и обратную статистически значимую корреляцию с выраженностью боли [4]. Важным является подробный сбор анамнеза и физикальное обследование для определения дальнейшего диагностического поиска. [5].

Для оценки функциональных блоков в суставах исследуется объем подвижности в суставах, углы наклонов, ширина шага. Для оценки морфологических изменений в суставах используют спондилографию, КТ и МРТ [14]. Для исследования поддержания вертикальной позы человека используется метод стабилотрии, отражающей активность проприорецептивного аппарата, степень координации движений при этих состояниях [15, 10]. Для диагностики статических нарушений оптимальную статику сравнивают со статикой неоптимальной, где оценивается положение центра массы тела, отражающий баланс и взаимодействие мышц-антагонистов при определенном состоянии суставно-связочного аппарата [6].

Роль нейровизуализации в диагностике болевых синдромов в спине

Нельзя связывать наличие болей в спине с обнаруженными на КТ, МРТ или рентгенографии изменениями, так как доказательная медицина не находит корреляционных связей интенсивности боли с найденными изменениями дегенеративно-дистрофического характера. Такие изменения могут быть случайной находкой и не проявляться клинически. Причина болевых синдромов носит мультифакторный характер, а при хронической боли компоненты дисрегуляции уровня контроля боли преобладают над степенью периферического поражения и носят самостоятельный характер. Методы нейровизуализации решают задачи поиска прогностически неблагоприятные заболевания (травмы, онкологические процессы, туберкулез и др.) и обозначаются как «красные флажки». Диагноз межпозвоночного артроза должен быть подтвержден методами лучевой диагностики.

Клиническая картина в сочетании с интерпретированными жалобами, особенностями анамнеза и нейровизуализации в каждом конкретном случае является

основой для постановки диагноза, на особенности которого и направлена акцент лечения [30].

Проведение спондилографии в сочетании с КТ, МРТ позволяет уточнять именно компрессионные синдромы спондилоартроза и выбрать оптимальный метод хирургического вмешательства. Проведение КТ и МРТ-исследований проводится как уточнение к рентгенологическому исследованию при необходимости [14,31].

Лечение

Производится подбор активной комплексной терапии острого и хронического скелетно-мышечного синдрома, выбор программы долечивания хронического болевого синдрома и профилактики повторных случаев заболевания [3].

Фармакотерапия остеоартрозов при стато-динамических нарушениях

Лечение остеоартроза должно быть комплексным, направленным на контроль основных симптомов (боль и скованность, замедление необратимых изменений структуры сустава, коррекцию функциональных нарушений и реабилитацию больных.

В терапии остеоартроза применяемые препараты подразделяются на 2 основные группы:

1 Симптоммодифицирующие (иницирующие подавление реакции воспаления): анальгетики, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) и глюкокортикоиды.

2 Структурно-модифицирующие (нормализующие метаболические процессы в хрящевой ткани и структурно его модифицирующие). К препаратам этой группы относятся хондропротекторы (МДПВС) (медленно действующие противовоспалительные препараты). Они являются обязательным компонентом комплексной терапии остеоартроза, рекомендованы с этой целью Европейской антиревматической лигой [21,11,30].

1. Симптоммодифицирующие препараты

Несмотря на большой арсенал лекарственных препаратов и нелекарственных методов, боль трудно и не до конца поддается терапии, последнее характерно именно для хронической боли

Применение НПВП для купирования острых болей в спине и суставах является целесообразным в связи с наличием воспаления. НПВП обладают тремя глав-

ными терапевтическими эффектами: анальгетическим, противовоспалительным и жаропонижающим. Действие НПВП основано на снижении синтеза простагландинов из арахидоновой кислоты посредством ингибирования фермента циклооксигеназы (ЦОГ). Неселективные НПВП и ненаркотические анальгетики ингибируют оба вида ЦОГ: ЦОГ-1 (постоянно присутствует во всех тканях) и ЦОГ-2 (синтезируется при воспалении). Блокирование ЦОГ-1 обуславливает основные побочные эффекты НПВП. На первом месте стоит поражение желудочно-кишечного тракта на всем его протяжении (стоматит, эзофагит, гастрит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, энтерит, колит, проктит) с возможностью развития кровотечений. Группа НПВП селективного действия (нимесулид, целекоксиб, мелоксикам) избирательно блокирует ЦОГ-2, поэтому имеет менее выраженные побочные эффекты и является предпочтительной при длительном использовании. По мере хронизации боли применение НПВП становится все менее эффективным, поскольку начинают преобладать центральные патофизиологические механизмы. В основе хронической боли лежат более сложные изменения в периферической и центральной нервной системе, такие как периферическая и центральная сенситизация, снижение нисходящих ингибирующих влияний антиноцицептивной системы, требующие иного терапевтического подхода. Длительно существующая боль становится самостоятельным заболеванием, уже не имеющим прямой связи с начальной причиной возникновения. Большую роль в развитии хронических болей играет психогенный компонент. При хронических болях длительностью более 3 мес. необходима терапия невротических расстройств и центрального компонента боли [23].

2. Медленно действующие противовоспалительные препараты (МДПС)

Хондропротекторы- препараты, улучшающие метаболизм хряща, замедляющие или приостанавливающие его разрушение, влияют на состав синовиальной жидкости. Они являются аналогами главных компонентов хрящевой ткани-гликозаминогликанов (протеогликанов), влияют на активность хрящевой ткани и протеолитических ферментов. [24]. Препараты оказывают комплексное терапевтическое действие: подавляют воспаление, что уменьшает болевой синдром, замедляют дегенеративные изменения при остеоартрозах. Эффект от применения препаратов развивается постепенно в течение 1–2 месяцев после начала приема. Длительный прием МДПС снижает выраженность хронического катаболического воспаления, с которым связано прогрессирование ОА. Применение МДПС позволяют значительно уменьшить проявления побочных эффектов НПВП. Препараты хорошо переносятся [11].

Основными хондропротекторами являются глюкозамин и хондроитин сульфат, входящие в состав протеогликанов хрящевой ткани. Они оказывают защитное действие в отношении хряща и обеспечивают регенерацию репаративных возможностей хондроцитов.

Препараты, обладающие хондропротекторными свойствами, условно делятся на две группы:

Стимуляторы синтеза протеингликанов

Глюкозамина моносульфат (ГЗ). Препарат оказывает двойной эффект-противовоспалительный и хондропротективный является субстратом синтеза протеогликанов хондроцитами, участвует в синтезе гиалуроновой кислоты (вещества, обеспечивающего вязкость внутрисуставной жидкости), а также подавляет активность металлопротеиназ (коллагеназы, фосфолипазы). 1500 мг глюкозамина сульфата в сутки улучшает состояние пациентов при монотерапии, когда заболевание протекает с невыраженными признаками воспаления, а такая монотерапия не уступает эффективности применения НПВС (ибупрофена и диклофенака), но уступает по скорости наступления эффекта, обладает отчетливым последствием, что позволяет проводить прерывистые курсы лечения. Для четкой оценки результатов лечения следует принимать глюкозамин не менее 6–12 недель. Клинические результаты можно оценить через 2–4 недели приема препарата. При длительном применении НПВС назначение хондропротективных препаратов (глюкозамина сульфата) уменьшает отрицательно воздействие НПС на структуру хряща (гликозаминогликаны имеют высокую биодоступность и избирательно накапливаются в синовиальной жидкости). Глюкозамин используется хондроцитами как исходный материал для синтеза протеогликанов, гликозаминогликанов и гиалуроновой кислоты. Препарат имеет отчетливую тропность к суставным тканям, отчетливо усиливает анаболические и ослабляет катаболические процессы, стимулирует синтез протеингликанов и коллагена, повышает продукцию компонентов внеклеточного матрикса. Препарат препятствует повреждающему действию дексаметазона и НПВС на хондроциты и матрикс, оказывает умеренно выраженное противовоспалительное действие, которое не связано с подавлением простагландинов и реализуется за счет антиоксидантной активности путем блокирования образования супероксидантных радикалов и погашения активности лизосомальных ферментов. Препарат не дает тяжелых побочных эффектов при длительном применении. Возможны легкая тошнота, головокружение, жидкий стул, частота их встречаемости от 1–16% [2].

Группа мукополисахаридных препаратов.

Хондроитин сульфат (ХС). Хондроитин сульфат ответствен за физико-химические свойства хряща

и служит основой для синтеза гиалуроновой кислоты, обеспечивающей смазку, необходимую для функционирования суставов, что важно при неполноценном синтезе основного вещества хрящевой ткани при остеоартрозе. Хондроитин сульфат стимулирует синтез гиалуроновой кислоты и протеогликанов и ингибирует действие протеолитических ферментов, значительно снижает активность хондроитиназы в синовиальной жидкости. хондроитин сульфат участвует также в процессе минерализации кости, регулируя кальциевый баланс, благоприятствуя процессам окостенения. ХС обладает противовоспалительным действием.

В дозе 1200 мг мг/сут препарат столь же эффективен, как диклофенак и ибупрофен в терапевтических дозах, но более эффективен в уменьшении боли и увеличении подвижности суставов. Эффект от применения препарата наступает на 6–8 неделе лечения. Препарат хорошо переносится, побочные эффекты не часты и не выражены и встречаются в 1–3% случаев [2].

Синергизм действия Глюкозамина и Хондроитина сульфата заключается в стимулировании метаболизма хондроцитов и синовиоцитов, ингибировании активности ферментов, способствующих деградации матрикса хряща, улучшении микроциркуляции сосудистого русла перипартикулярных тканей (гепариноподобный эффект хондроитин сульфата. Такое действие способно благоприятно влиять на метаболизм хряща, восстанавливая его структуру и нормализуя обмен, оказывают защитное действие в отношении суставного хряща, препятствуют его разрушению и способствуют (хотя бы частично) его восстановлению, оказывая модифицирующее влияние на течение остеоартроза. Их совместное назначение показано при необходимости усиления действия, когда эффект одного препарата недостаточен. Такой подход дает возможность снизить дозу каждого препарата. Хондроитин сульфат и глюкозамин, использованные в качестве основы длительной базисной терапии больных остеоартрозом, способны существенно изменить течение болезни [2].

Пиаскледин. Препарат растительного происхождения, содержащий активные вещества из авокадо и сои, которые уменьшают продукцию провоспалительных цитокинов и оказывают анаболическое действие (стимулирует регенерацию хряща)

Алфлутоп. (стандартизированный экстракт из 4 видов морских рыб, содержащий гликозаминогликаны (хондроитин 4 и 6 сульфат, дерматансульфат, кератинсульфат), низкомолекулярные полипептиды, свободные аминокислоты и микроэлементы. Регулирует метаболизм хондроцитов, выработку протеингликанов, коллагена, синтеза гиалуроновой кислоты и препятствует ее разрушению так как ингибирует гиалуронидазу, Угнета-

ет биосинтез медиаторов воспаления и оказывает противовоспалительное действие.

Гиалуроновая кислота. Обладает вязкоэластичными свойствами. В суставе играет роль вещества, поглощающего ударное воздействие при механической нагрузке. Она выполняет роль смазочного вещества в суставе. В комбинации с коллагеном является основным компонентом протеингликана, который образует твердую среду гиалинового хряща, и синовиальной оболочки, придавая им эластичные свойства. ГНК обладает собственным, умеренно выраженным анальгетическим, противовоспалительным и слабым хондропротективным действием, стимулирует выработку протеингликанов и хондроитинсульфата, предотвращает потерю функциональной активности хряща и площади его повреждения [1, 24].

Сочетание НПВС и хондропротекторов в комбинированном лечении остеоартроза

На первом плане лечения остеоартроза (2–4 неделя), особенно при наличии болевого синдрома, хондропротекторы следует сочетать с НПВП. В последующем доза НПВП может быть снижена за счет нарастающего эффекта хондропротекторов либо НПВП даже могут быть отменены. Это обстоятельство позволяет уменьшить число побочных эффектов и повысить безопасность лечения. Продолжительность приема хондропротекторов, учитывая особенности их действия, должны быть не менее 12 недель. длительная (до 3 лет) терапия Оправдана может быть прерывистая схема лечения по 12–16 недель с перерывом на 8–10 недель хондропротекторами дает наилучшие результаты [2].

Ответившими на терапию считаются больные со снижением уровня боли и увеличением функциональной активности. Начало проявления эффекта применения-3–4 недели. Хондропротективное действие продолжается и после окончания лечения [1].

Для получения максимального терапевтического эффекта необходимо учитывать дозы препаратов и регулярно применять физические упражнения. Поступление питательных веществ и выведение продуктов обмена обеспечивается движением в суставе при непосредственном участии синовиальной жидкости. Для восстановления утраченного в результате заболевания двигательного стереотипа движений, эффективно применяются методы мануальной терапии и электроннойростимуляции [24].

Сочетание с другими методами терапии имеет этиопатогенетическое обоснование, так как блокада сустава,

защищающая его от опасной травмы, одновременно блокирует поступление в сустав необходимого питания, без которого его восстановление невозможно. В этом состоянии важно вовремя предпринять меры для расслабления блокирующих мышц, обеспечить сустав постоянной нагрузкой «накачивающей» суставную сумку питательными веществами и при этом не травмирующую сам сустав и окружающие его ткани. Это обеспечивается методами мануальной терапии, электромиостимуляцией, приемом препаратов других групп (миорелаксанты) [24].

Эффективность применения хондропротекторов при лечении дегенеративных изменений суставно-мышечной системы с нарушениями статики и движения оценивается по динамике болевого синдрома, объему восстановленного движения в суставах позвоночника и конечностей, восстановлению баланса тела с оценкой центра массы тела [24].

Выводы

1. Статодинамические нарушения при хронических болевых скелетно-мышечных синдромах сопро-

вождаются нарушением регуляции баланса тела с увеличением суставно-мышечной нагрузки, усилением мышечного дисбаланса, сменой рычагов при выполнении движения во всей скелетно-мышечной системе. Данные изменения сопровождаются формированием неоптимальной осанки и движения.

2. Нарушение мышечного баланса при статических нарушениях приводят к формированию тракционных и туннельных нарушений для структур периферической нервной системы
3. Длительное увеличение механической нагрузки на суставы при нарушениях осанки приводит к повреждению соединительной ткани сустава, что способствует развитию остеоартроза, снижающего реабилитационный потенциал хронической скелетно-мышечной боли.
4. Применение хондропротекции в лечении суставно-мышечного синдрома при хронической боли можно считать обоснованной структурно-модулирующей терапией, предотвращающей как расширение ноцицептивного поля, так и развитие остеоартроза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акинкин С.Г., Алексеева Л. И. Применение препаратов гиалуроновой кислоты при остеоартрозе коленных суставов // Научно-практическая ревматология. — 2013. - № 4. С 439–445
2. Бадалян О.Л. Применение Терафлекса в комплексной терапии остеоартроза. Взгляд невролога на проблему// РМЖ –2011-№ 30. с 1914–1918
3. Богачева Л. А Современное амбулаторное лечение боли в спине// Российский журнал боли –2010 -№ 1-С 23–28
4. Бобунов Д. Н. К вопросу диагностики дорсопатий пояснично-крестцового отдела позвоночника Материалы Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших достижений Сборник материалов конференции. — 2016. — С. 401–411.
5. Беляев А. А. Боль в груди: в фокусе несердечные кардиалгии. РМЖ «Медицинское обозрение» № 11 от 25.12.2018 стр. 9–14
6. Васильева Л. Ф. Визуальная диагностика нарушений статики и динамики опорно-двигательного аппарата человека.-Иваново: 1996.-112 с.
7. Воробьева О. В. Неспецифические болевые синдромы, ассоциированные с поражением суставного аппарата позвоночника. Подходы к терапии // Consilium Medicum.-2013.-№ 9.-С 58–61
8. Дривотинов Б.В., Гаманович А. И. Проблема висцеро-вертебральных болевых синдромов при поясничном остеохондрозе. // Медицинские новости. — 2014. - № 10 (241). - С.41–45
9. Жулев Н.М Компрессионно-ишемические невропатии. Автореферат на соискание ученой степени д.м. н 1992 г.
10. Иваничев Г. А., Гайнутдинов А.Р и др. Патогенетическое формирование классических болевых мышечных синдромов.// Практическая медицина.-2010.— № 2(41).— С 36–40
11. Каратеев А. В., Алексеева Л. И. и др. Терапевтический потенциал инъекционной формы гликозамингликан-пептидного комплекса при лечении остеоартроза коленного сустава по результатам исследования примула (применение румалона при исходно малом успехе в лечении остеоартрита) дополнительные данные // Consilium Medicum.-2018, № 9, Т20, С 51–57
12. Киселевский Ю. М. Анатомо-генетические и морфо- функциональные аспекты артротипологии// Журнал Гродненского государственного медицинского университета.-2007, — № 3,-С 3–6.
13. Колесников А.А, Кондратьев И. В., Слива С. С. Синергетическая концепция исследования биомеханических движений человека // Российский журнал биомеханики.-1999; -№ 2.-С 6–7
14. Колотов Е. Б. Рефлекторные и компрессионные синдромы спондилоароза (диагностика и нейрохирургическое лечение). Автореферат диссертации на соискание уч. степени к.м.н. 2003 г. Новокузнецк
15. Кононов А. Ф. Слива С. С. Применение метода нелинейной динамики для анализа системы поддержания вертикальной позы человеком// Российский журнал биомеханики.-1999; -№ 2. -С 6–7
16. Корж Н. А, Продан А. И. Дегенеративные изменения позвоночника и их структурно-функциональная классификация // Украинский нейрохирургический журнал –2004, № 3, С 71–80

17. Курганова Ю. М. Роль мелатонина в терапии хронической боли в спине. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.м.н. 2017 г. Москва.
18. Масленников В. А. Биомеханика (курс лекций). Великий Новгород.-2008 г.—70
19. Михайлов В. П., Кузьмичев. А. Системный подход к выбору тактики лечения болевых синдромов у пациентов с дегенеративно- дистрофическими заболеваниями позвоночника//Мануальная терапия.-2011; № 4(44):-С3–9
20. Нечаев В. И. Геометрия скелета, биомеханика ходьбы, кинематические цепи//Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал.-2000. -№ 3. -С. 15–20
21. Новиков В. Е Хондропротекторы // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии-2010- Т8-№ 2. С 41–47
22. Новосельцев С. В. Анатомо-физиологические предпосылки преимущественного грыжеобразования поясничных дисков и особенности биомеханики поясничного отдела позвоночника в норме и патологии//Мануальная терапия. —2009. -№ 4. — С 61–73
23. Пилипович А. А. Хроническая боль при заболеваниях опорно-двигательного аппарата: применение антигомотоксических препаратов // Consilium Medicum. — 2016; № 9: С 128–132
24. Родичкин В. П., Шаламанов Н. С. Клиническая фармакология хондропротекторов//Обзоры клинической фармакологии и лекарственной терапии. —2012.- № 3-Т 10.-С 18–26
25. Рябенко А. Ю. Беялин В. В. Изменение качества жизни и эмоционального статуса при дорсалгии на фоне дегенеративно-дистрофических нарушениях позвоночника//Оренбургский медицинский вестник. Т VI № 1 (21). С 16–19
26. Секретин А.Б, Дорогин В. Е. Клинический анализ эффективности и безопасности отечественного препарата Румалон фирмы Брынцалов-А у пациентов с дегенеративно- дистрофическим процессом позвоночника// Поликлиника.-2015. — № 5–1. — С 43 45
27. Сименач Б. И., Бабуркина Е. П. Синдромогенез обусловленных наследственной предрасположенностью заболеваний. Общие предпосылки// Гений ортопедии. —2011,-С 127–131.
28. Стефаниди А. В. Патогенез мышечно- фасциальной боли при нарушении в афферентном звене постуральной системы//Мануальная терапия 2008. — № 3 (31). — Стр. 81–88
29. Фризен В. Э. Двигательная активность и внешние физические факторы в управлении функциональными системами. Автореферат диссертации д. м. н.-Тула. 1999.-266с.
30. Широков В. А. Дискпатия и спондилоартроз: от патогенеза к лечению//Эффективная фармакотерапия.-№ 2018.-№ 1,-С 16–20
31. Abramson S, Attur M Developments in the scientific understanding of osteoarthritis // Arthritis Res Ther. 2009; 11(3): 227
32. Anat. J. The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications // Journal of Anatomy –2012 Dec; 221(6): 537–567.
33. Blondel B, Viehweger E, et al Postural spinal balance defined by net intersegmental moments: Results of a biomechanical approach and experimental errors measurement//World J Orthop. 2015 Dec 18; 6(11): 983–990.
34. Kirk R, Jørgensen B. The impact of elbow and knee joint lesions on abnormal gait and posture of sows //Acta Vet Scand. 2008; 50(1): 5.
35. Klußmann A Gebhardt H, et al. Individual and occupational risk factors for knee osteoarthritis-Study protocol of a case control study//BMC Musculoskelet Disord. 2008; 9: 26.
36. Lis A., Black K. The association between sitting and professional LBP//Eur J Spine February 2007; 16 (2): 283–298.
37. Moraes M, Maria L. Cavalcante M et al.The characteristics of the mechanoreceptors of the hip with arthrosis// J Orthop Surg Res. 2011; 6: 58.
38. Reeves N. P, Kumpati S. Cholewickiab Spine stability: the six blind men and the elephant// Clin Biomech (Bristol, Avon). 2007. — Vol. 22(3). — P. 266–274.
39. Smith B., Ceusters W., Goldberg L., Ohrbach R. Towards an Ontology of Pain <http://ontology.buffalo.edu/smith/articles/pain.pdf> 2011 г.
40. Ibarz E, Herrera A. Development and Kinematic Verification of a Finite Element Model for the Lumbar Spine: Application to Disc Degeneration//Biomed Res Int. 2013.
41. Vleeming A, Schuenke M The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications.// J Anat. 2012 Dec; 221(6): 537–567.
42. Qian Z., Bowden A Inverse Piezoresistive Nanocomposite Sensors for Identifying Human Sitting Posture// Sensors (Basel). 2018 Jun; 18(6): 1745.
43. Tsao H, Galea M. P., Hodges P.W. Driving plasticity in the motor cortex in recurrent low back pain // Eur J Pain. 2010. — Vol.14(8). — P. 832–839.
44. Vardeh D. Mannion R Towards a mechanism-based approach to pain diagnosis // Pain. 2016 17(9): T50-T69.

© Новикова Светлана Григорьевна (actoveqe@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ МЕНИНГИОМ ГОЛОВНОГО МОЗГА II–III СТЕПЕНИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОСТИ

PROSPECTS OF COMBINED TREATMENT MENINGIOMA GRADE II–III

**F. Potapov
O. Dreval
A. Golanov**

Summary. The article presents the problems of using different methods of treating meningiomas of grade II–III. Particular attention is given to assessing the current state of the problem of treating brain tumors. Systematization of current knowledge about the effectiveness of various methods of treating meningioma of grade II–III is presented.

Materials. The analysis of Russian and English-language literature, presented in a search engine Google Academy, scientific electronic libraries «PubMed», «eLibrary.ru» and «CyberLeninka» on the topic «Brain tumors», «meningioma», «combined treatment of meningioma», «Grade II–III».

Results. Analysis of the research has shown that the use of combined methods of treatment of meningiomas of grade II–III malignancy provides a differentiated pathogenetic approach and high efficiency of therapy.

Conclusion. Absolutely methods of treatment of meningioma of II and III grade of malignancy do not exist, the ratio of the level of effectiveness to the likelihood of complications makes it possible to use combined methods of treatment.

Keywords: «Brain tumors», «meningioma», «combined treatment of meningioma», «atypical», «anaplastic».

Потапов Федор Валерьевич

Аспирант, Российская Медицинская Академия
Непрерывного Профессионального Образования
neuro.potapow@poczta.fm

Древаль Олег Николаевич

Д.м.н., профессор, Российская Медицинская Академия
Непрерывного Профессионального Образования
ODreval@nsi.ru

Голанов Андрей Владимирович

Д.м.н., профессор, НМИЦ нейрохирургии им. ак.
Н. Н. Бурденко
golanov@nsi.ru

Аннотация. В данной работе освещаются вопросы и проблемы использования различных способов лечения менингиом II–III степени злокачественности (СЗК). Особое внимание уделяется оценке современного состояния проблемы лечения опухолей головного мозга. В статье представлена систематизация современных представлений об эффективности различных способов терапии менингиом II–III СЗК.

Материалы. Проведен детальный анализ русско- и англоязычной литературы, представленной в поисковой системе Академия Google, научных электронных библиотеках «PubMed», «eLibrary.ru» и «КиберЛенинка» на тему «опухоль головного мозга», «менингиома», «комбинированное лечение менингиом», «II–III СЗК».

Результаты. Анализ проведенных исследований демонстрирует, что использование комбинированных способов лечения менингиом II–III СЗК обеспечивает дифференцированный патогенетический подход и высокую эффективность терапии.

Вывод. Абсолютно безопасных методов лечения менингиом II и III СЗК не существует, отношение уровня эффективности к вероятности возможных осложнений делает возможным применение именно комбинированных способов лечения.

Ключевые слова: опухоли головного мозга, менингиома, комбинированное лечение менингиом, атипичная, анапластическая.

Введение

Менингиомы — это часто встречающиеся, в большинстве своём, доброкачественные опухоли, возникающие из твёрдой мозговой оболочки опухоли центральной нервной системы и гистологически соответствуют Grade I по классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Однако атипичские (Grade II) и анапластические (Grade III) менингиомы проявляют клинко-биологически более агрессивное поведение и тесно связаны с высоким риском рециди-

вов, тяжелым течением и менее благоприятным прогнозом. Последняя редакция классификации ВОЗ 2016 разделяет менингиомы по числу митозов как основному отличию между атипичскими и анапластическими формами [1,2].

По данным The International Agency for Research on Cancer (IARC) в начале XXI века менингиомы составляли примерно 20% всех внутримозговых опухолей [3]. На рис. 1 проиллюстрированы статистические данные, приведенные CBTRUS на конец 2018 года распростра-

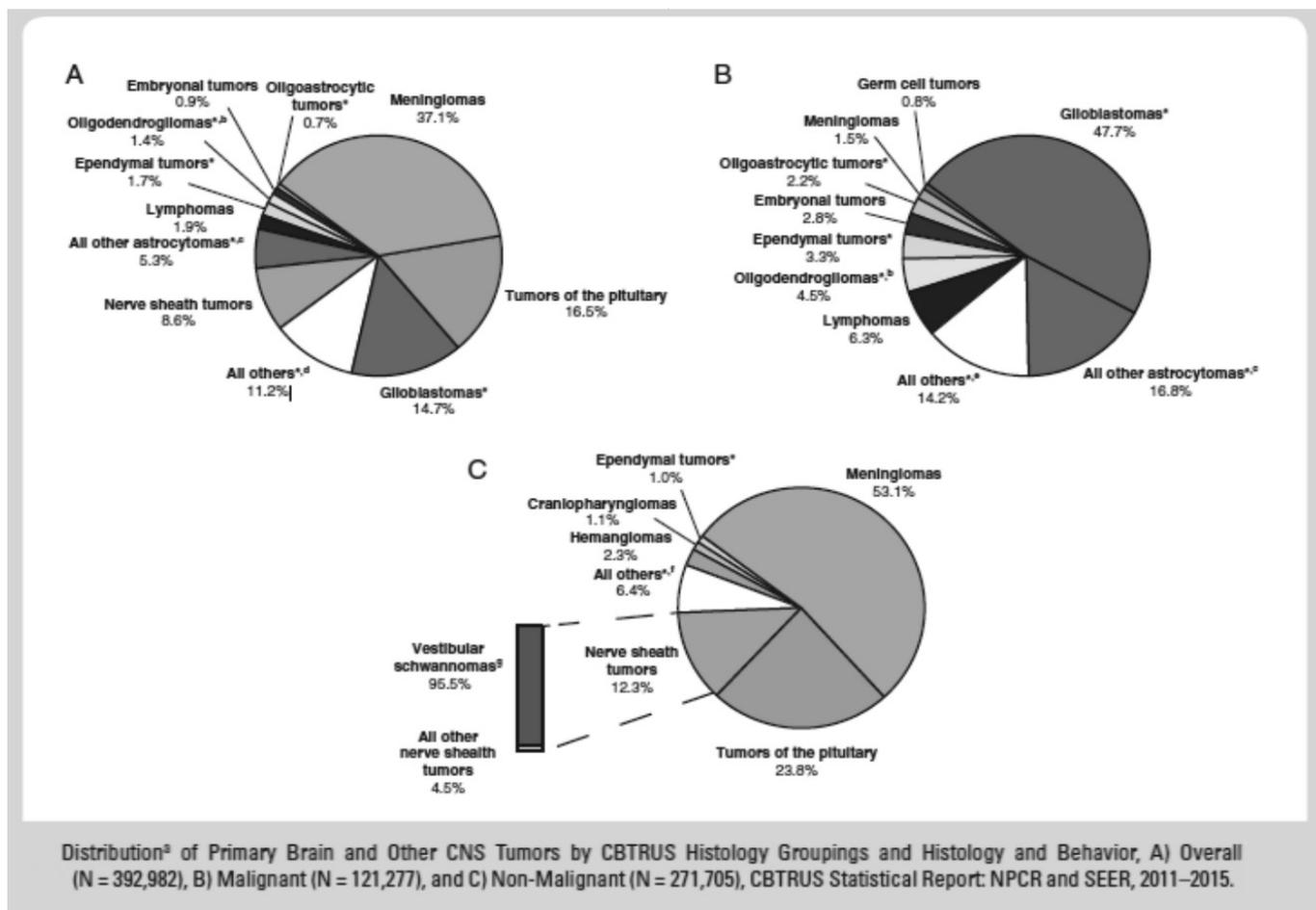


Рис. 1. Статистические данные CBTRUS за 2011–2015 гг. о распространенности внутричерепных опухолей

ненности внутричерепных опухолей за 2011–2015 гг., где менингиомы I–II СЗК занимают порядка 53,1%, причем на II СЗК приходится до 15% случаев, а менингиомы III СЗК представляют собой большую редкость — 1,5% от всех менингиом. Там же приводятся данные о распространенности менингиом, которая составляет порядка 8,8 на 100 000 населения в год, что позволяет относить данную опухоль к наиболее распространенным среди всех опухолей центральной нервной системы [4].

На сегодняшний день для менингиом II и III СЗК большая эффективность отмечается при использовании хирургических методов и методик лучевого лечения. Лучевая терапия (ЛТ) является неотъемлемой частью современного комбинированного лечения при III СЗК, однако необходимость комбинированного использования ЛТ, даже в случае радикального удаления менингиом II СЗК остается до конца неопределенной [5,6].

Однако атипичная Grade II менингиома связана со значительно увеличенным риском рецидива, при со-

поставлении по возрасту и полу. Даже при тотальной резекции (ТР) менингиом около 40% рецидивов происходят в течение 5 лет, а сама вероятность рецидива после тотального удаления не только возрастает со временем, но также зависит от СЗК. Так, составляя для атипичических и анапластических вариантов на 5 лет вероятность рецидива составляет 38% и 78%, соответственно, при 3% для менингиом I СЗК [5,6]. При выявлении рецидива становится необходимым повторное удаление и/или облучение опухоли. Одной из перспективных методик облучения таких менингиом является гипофракционирование. Этот метод сочетает в себе преимущества радиохирургии (РХ) и позволяет облучать опухоли значительных размеров [7].

Результаты

Методологической основой современного лечения менингиом II–III СЗК является этиопатогенетический подход, который позволяет максимально индивидуализировать тактику ведения и лечения больного.

	No. of cases	Ki-67 (range)	Ki-67 (mean + SD)
WHO°I	526	0–58	3.54 ± 4.97
– Female	370		3.30 ± 4.44
– Male	156		4.37 ± 4.80
WHO°II	45	3–30	11.9 ± 8.25
– Female	18		12.27 ± 8.51
– Male	27		11.67 ± 8.07
WHO°III	9	5–30	18.2 ± 9.53
– Female	3		19.0 ± 10.53
– Male	6		15.8 ± 9.17

Рис. 2. Показатели СЗК для ИМ

Наиболее статистически значимым критерием, связанным с рецидивированием опухоли, является повышение индекса пролиферации, определяемый наличием 4 и более митозов в 10 последовательных полях высокой мощности (high-powered fields-HPF), вне зависимости от фокальности или распространенности процесса.

Наряду с определением СЗК по ВОЗ, при проведении гистологического исследования проводится оценка индекса мечения (ИМ) — *BUdR*, *Ki-67 (MIB-1)* [8,9,10]. ИМ (LI) *MIB-1* с высокой точностью позволяющим отличить анапластические менингиомы от атипичских, где ср.*MIB-1* составляет 6,6%, варьируясь от 2,2% до 12,6%, для атипичских менингиом и ср.*MIB-1*—11,8% для анапластических менингиом, с интервалом от 9,1% до 19,3%. Langford в своем исследовании также отметил, что ни возраст, ни наличие или отсутствие лечения не повлияли на полученный результат, с условной дифференцировкой по степеням злокачественности: 1 — < 5%, 2–5% — 10%, 3 — >10% [8,11,12].

Индексы мечения, характеризующие пролиферативную активность, отражают вероятность рецидивирования опухоли в большей степени, чем гистопатологическое типирование [13,14]. А исследование Roser'a выявило зависимость от степени злокачественности для ИМ *Ki-67* со средними значениями для I степени — 3,54%, II — 11,9% и III — 18,2% (рис. 2) [15].

Общепринятым в настоящее время является представление о том, что анапластические менингиомы являются крайне агрессивными опухолями, обладая

очаговой иммунореактивностью с эпителиальным мембранным антигеном, индекс пролиферации высокий, а экспрессия рецептора прогестерона наоборот на низком уровне. Они могут образовываться *de novo* или в результате 1 и более рецидивов менингиом более доброкачественной стадии (злокачественная опухолевая прогрессия). Медиана общей выживаемости составляет менее 2 лет [15].

До настоящего времени остаются открытыми диагностические вопросы нейровизуализации менингиом. Основными методами являются магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ).

Damien C. Weber и соавт. установлено, что основными критериями КТ-диагностики менингиом являются наличие изо- или слабо гиперденсивного чаще всего вне мозгового объемного образования. Частым симптомом является наличие гиперостоза в прилежащей к опухоли части костей черепа, вследствие инфильтрации опухолью Гаверсовых каналов. Напротив, наличие деструкции кости для менингиом не характерно. В некоторых случаях менингиомы имеют очень высокую плотность даже без внутривенного усиления, что связано с повышенным содержанием в них солей кальция. Так же на КТ может выявляться перифокальный отек различной выраженности [17].

В настоящее время МРТ является «золотым стандартом» диагностики менингиом. МРТ-семиотика менингиом так же достаточно типична: в большинстве случаев это четко отграниченные от мозгового вещества, преимущественно округлой формы. Интенсивность сигнала

в режиме T2 коррелирует с гистологическими подтипами менингиом [18,19].

В последнее время большую популярность приобрели перфузионные КТ и МРТ [20]. Эти исследования позволяют отличить менингиомы от других опухолей и определить степень их злокачественности. А менингиомы 3 СЗК характеризуются более высокими показателями кровотока, чем многие другие опухоли [21].

Совершенно новым иммуногистохимическим маркером, позволяющим достоверно определить степень злокачественности менингиом, является антитело к митозспецифическому фосфогистону-Н3. Окрашивание препаратов с помощью данных антител позволяет патоморфологу чётко визуализировать фигуры митозов и отличить их от апоптотических ядер, которые при обычном исследовании практически идентичны, а при иммуногистохимическом исследовании даёт периферическое окрашивание [22].

Одной из актуальных проблем практического здравоохранения в настоящее время является проблема определения показаний к лечению и выбор метода терапии.

По мнению ряда авторов, хирургическое лечение относится к первой линии, а лучевое — ко второй, что отражено во многих лечебных алгоритмах [23,24]. При возможности относительно безопасного полного или частичного удаления опухоли — предпочтительнее хирургическое лечение [25]. С другой точки зрения, по мере развития хирургических и лучевых методов и накопления данных о результатах пришло понимание связанных с хирургией рисков и длительности восстановительного периода, с одной стороны, и эффективностью, и безопасностью лучевых методов лечения — с другой [26]. Практически хирургическое лечение необходимо при наличии внутричерепной гипертензии, связанной с опухолью, наличии грубых неврологических симптомов, обратимых при удалении опухоли, так как применение облучения в этих ситуациях может даже усилить отек и привести к ухудшению состояния пациента [26,27].

Voss и Spille выявили, что степень радикальности по Симпсону сильно коррелирует с локализацией опухоли, а степень резекции не были одинаково прогностически значимы в разных локализациях. Более низкое влияние степени резекции следует учитывать во время хирургии основания черепа и задней черепной ямки [28]. Беря во внимание высокий риск продолженного роста или развития рецидивов менингиом II и III степеней злокачественности после их хирургического удаления [29], в итоге приводит к повторному лечению на операционном столе и, как следствие, снижению качества

жизни пациента, вместе с необходимостью искать и совершенствовать дополнительные адъювантные методы лечения таких менингиом остается первостепенной задачей [30,31].

По данным А.Н. Коновалов особая хирургическая тактика необходима при лечении МГМ с локализацией на основании черепа, частота которых, по наблюдениям автора, составляет 45% среди всех интракраниальных менингиом (ИКМ). Так, менингиомы кавернозного синуса А.Н. Коновалов с коллегами разделяют на три группы: первичные менингиомы кавернозного синуса; менингиомы располагающиеся вне кавернозного синуса, которые инфильтрируют его наружную стенку; и менингиомы, расположенные в соседних областях и вторично врастающие в кавернозный синус [33].

Исследования, проведенные А.Н. Коноваловым и В.А. Черкаевым, убедительно доказывают, что в последних двух группах возможна тотальная резекция менингиом с использованием периферического доступа с резекцией скуловой кости или орбитозигматического доступа [34].

Работами В.Н. Шиманского и соавторов доказано, что менингиомы основания задней черепной ямки являются гетерогенной группой, которые различаются по клиническим проявлениям, показаниям к различным методам и видам хирургического лечения, частоте послеоперационных осложнений, биологической структуре и уровню рецидивирования. Основным методом лечения менингиом основания задней черепной ямки является хирургический, с необходимостью декомпрессии ствола головного мозга при невозможности радикального удаления. По мнению В.Н. Шиманского выбор оперативного доступа зависит от группы факторов:

- ◆ локализации опухоли: ее распространения в параселлярное пространство, венозные синусы и каналы черепных нервов;
- ◆ объективного состояния больного: общего состояния, глазодвигательных нарушений, выпадения слуха и бульбарных расстройств;
- ◆ а также источников кровоснабжения менингиомы и уровня опухолевого кровотока [32,35].

Также большую проблему для радикального удаления составляют пациенты с ИКМ больших и гигантских размеров, несмотря на широкую доступность МРТ- и МСКТ-диагностики, в результате медленного и порой бессимптомного роста и, как следствие, более позднего обращения пациента к специалистам [36]. При локализации ИКМ субтенториально в мостомозжечковом углу или нижних отделах ската было разработано также множество доступов. С.В. Тяняшиным и соавторами предложены и активно используются в настоящее время ре-

Summary of relevant studies regarding adjuvant RT in the treatment of WHO II and III meningiomas

Series (Number)	Treatments	Histology	Outcomes	Comment
Adeberg et al, ¹⁴ 2012 (85)	EBRT, S + EBRT, S → EBRT	WHO II-III	II: 5-y OS 81%, 5-y PFS 50% III: 5-y OS 53%, PFS 13%	Some patients treated with carbon ion ¹⁴
Aghi et al, ¹⁵ 2009 (108)	S (GTR), S + EBRT, S → EBRT	WHO II	5-y recurrence rate: 41% 5-y recurrence rate 0% if EBRT	No recurrences if EBRT (n = 8) 2.7 craniotomies per patient if recurrence
Attia et al, ¹⁶ 2012 (24)	SRS (salvage or primary)	WHO II	>50% OS 5 y 5-y LC 44%	Improved LC with SRS >14 Gy
Dziuk et al, ¹⁷ 1998 (27)	Primarily surgery + RT	WHO III	All: 5-y OS 57% GTR + RT: 5 y DFS 40% No adjuvant: 5-y DFS 16%	Benefit >60 Gy adjuvant RT ↑ recurrence interval
Goldsmith et al, ⁵ 1994 (23) (grade III)	Surgery + RT	WHO III	58%	>53 Gy
Goyal et al, ¹⁸ 2000 (22)	Surgery, surgery + RT in only 8 patients	WHO II	GTR: 5-y OS 87% STR: 5-y OS 100%	No benefit with RT mean dose 54 Gy
Huffman et al, ¹⁹ 2005 (21)	GKRS 18 Gy	WHO II	40% recurrence at 18–36 mo	Ref. ¹⁹
Hug et al, ²⁰ 2000 (16)	EBRT + S Some protons	WHO II-III	II: 5-y OS 38% III: 5-y OS 52%	Benefit with higher doses and protons
Mattozo et al, ²¹ 2007 (12)	SRS, EBRT	WHO I-III	II: 3-y PFS 83% III: 3-y PFS 0%	Recurrence in resection cavity common ²¹
Milosevic et al, ²² 1996 (42)	Primarily surgery + RT, some surgery only	WHO II-III	5-y OS 28% 5-y CSS = 42% if >50 Gy given	Better outcome if >50 Gy Reduced LR with RT
Pasquier et al, ¹¹ 2008 (119)	S + EBRT, S only	WHO II-III	GTR: 5-y OS 46% GTR + RT: 5-y OS 78% STR: 5-y OS 0% STR + RT: 5-y OS 56%	RT improves OS in all patients
Rosenberg and Prayson et al, ²³ 2009 (13)	S + RT S + SRS	WHO III	5-y OS: 47%	Trend toward longer survival if RT given
Sughrue et al, ^{24,25} 2010 (63)	S + RT	WHO II-III	61% 40% at 10 y (RFS 57%, 5 y) (RFS 40%, 10 y)	Survival benefit for less extensive resection
Yang et al, ²⁹ 2008 (33 atypical, 41 anaplastic)	S, S + EBRT	WHO II-III	II: OS atypical 11.9 y RFS atypical 11.5 y III: OS anaplastic 3.3 y RFS anaplastic 2.7 y	Adjuvant RT improved outcomes in WHO III tumors and WHO II with brain invasion
Boskos et al, ²⁶ 2009 (24)	EBRT Protons and photons	WHO II-III	5-y OS 65% 5-y LC 61%	OS significantly associated with higher doses ²⁶

Рис. 3. Результаты исследования Калифорнийского университета

Таблица 1. Сравнительная характеристика результатов проведенных исследований по лечению менингиом

Серия	Пациентов	Контроль роста	GTR	STR	STR+RT	RT
Melian, 2004	117	5/10-летний	-	-	89/77	-
Soyuer, 2004	246	15-летний	76	30	87	-
Dutton, 1992	96	8-летний	-	48	88	-
Lopes, 2003	92	5-летний	77	38	82	-
Litre, 2009	74	4/7-летний	-	-	-	94

Таблица 2. Сравнительная характеристика результатов проведенных исследований по лечению менингиом с учетом метода терапии

Серия	Метод	Объем, Пациентов	Средн. кат-з, мес	Контроль роста,%	Безрецидивная выживаемость,%	
					5-ти летняя	10-ти летняя
Sheehan, 2014	PX	763	66,7	90,2	95	82
Santacroce, 2012	PX	3768 опухолей	63	92,5	95,2	88,6
Pollock, 2012	PX	251	-	-	-	99,4
Colombo, 2009	Гипо	199	30	96,5	-	-
Fokas, 2014	CPT	121	40	-	94,7	-
Kaul, 2014	CPT	136	44,9	-	93,8	91,5

Таблица 3. Сравнительная характеристика результатов проведенных исследований по лечению менингиом с учетом метода терапии и СЗК менингиом

Серия	Метод	Grade	Объем, Пациентов	Средн. кат-з, мес	5-ти летняя безрецидивная выживаемость	
Hug, 2000	ЛТ	II	15	28	38	II
Boskos, 2009	ЛТ	II/III	24	48	46,7	II/III
Hug, 2000	ЛТ	III	16	28	46	III
Goldsmith, 1994	ЛТ	III	23	40	58	III
Kano,	PX	II/III	12	47	48,3	II/III

тросигмовидный субокципитальный, пресигмовидный ретролабиринтный и комбинированный транспирамидный доступы [37].

До сих пор нет однозначного толкования по вопросу выбора методики лучевого лечения — режима фракционирования.

Использование лучевой терапии значительно улучшило отдаленные результаты лечения субтотально удаленных и злокачественных менингиом. Сегодня облучение опухоли используется при всех менингиомах III степеней злокачественности в послеоперационном пе-

риоде или при рецидивах менингиом II степеней злокачественности [38,39].

В работе Калифорнийского университета (см. рис. 3) в Сан-Франциско, объединившего в себя данные 15 различных исследований за 20 лет с 673 пациентами суммарно, после субтотального удаления менингиомы и курса лучевой терапии частота рецидивов составила 29%, а у пациентов без облучения — 74%. При дальнейшем исследовании 5-летний безрецидивный период пациентов, получивших лучевую терапию, составил 58% пациентов с анапластическими менингиомами [40].

Ретроспективный анализ данных исследований показал, что средняя продолжительность жизни у пациентов с субтотальной резекцией опухоли и облучением сравнима с показателями общей выживаемости при тотальной резекции менингиомы. В некоторых работах показан неудовлетворительный эффект от лучевой терапии анапластических менингиом. В этих случаях подводят дозу, эквивалентную 60 Гр, с отступом от краёв менингиомы на 1,5–2 см, но для данной ситуации был найден выход в виде внедрения прецизионных и стереотаксических лучевых методик трехмерной конформной радиотерапии и радиохирургии [41].

Облучение менингиом II и III СЗК при помощи радиохирургии и стереотаксической конформной радиотерапии позволяет контролировать опухолевый рост более, чем в 75% случаев в течении года и в 48% и 33% соответственно через 24 и 36 месяцев, при том, что осложнения были только в 8% случаев [42,43,44,45].

Исследование Harrisa с соавт., которое включало 30 пациентов, прошедших лечение с помощью Гамма-ножа, показало 5-летнюю безрецидивную выживаемость в 83% случаев, у пациентов с атипическими менингиомами, а при анапластических — 72% в эти же сроки [46]. Главным ограничением в использовании радиохирургии стал риск развития лучевой нейротоксичности, увеличением гипертензии с размером менингиомы и высоким риском повреждения близкорасположенных к опухоли сосудов и черепно-мозговых нервов [47].

Основные критерии, определяющие режим фракционирования — это объем мишени и близость к ней критических структур.

В представленных ниже таблицах (табл. 1–3) продемонстрирована сравнительная характеристика различных методов лечения с учетом СЗК менингиом. Так, ЛТ показана для менингиом II и III СЗК любой локализации небольших размеров (до 3–3,5 см в диаметре, объемом до 8–10 см³), с отсутствующей или незначительной симптоматикой, или, когда хирургические риски неоправданно высоки по сравнению с уже имеющимися у пациента проблемами. Контроль опухолевого роста после РХ находится на уровне 90%. В ряде случаев можно рассматривать облучение менингиом большего размера (при длинном распространении по оболочке).

Эффективные результаты лечения появились именно среди опухолей с высокой степенью агрессивности и субтотально удаленных [48,49]. По опубликованным данным некоторых исследователей эффективность лечения ИКМ с использованием ЛТ улучшилась в 2 раза [50]. Несмотря на полученную эффективность ЛТ, научные дискуссии и исследования по оценке роли ЛТ и под-

боре вариантов комбинирования ЛТ и хирургического лечения продолжают.

Применение ЛТ, по-видимому, является более предпочтительным, чем тактика наблюдения или хирургии. Своевременная СРХ позволяет в большинстве случаев улучшить состояние пациента или полностью избавить его от имевшихся до СРХ симптомов в более комфортной для больного форме.

Менингиомы II СЗК не требуют агрессивного лечения в силу своего умеренного роста, кроме вопроса контакта со зрительными путями это касается так же вопроса облучения «дуральных хвостов». В случае возникновения необходимости облучается область рецидива. Однако сформировавшегося мнения о необходимости проведения обязательного комбинированного лечения таких менингиом до сих пор нет.

Вероятность осложнений после облучения менингиом II и III СЗК можно оценить примерно в 10–15%. Они выражаются как правило в возникновении или нарастании отёка, и связанной с ним очаговой неврологической симптоматикой и чаще всего возникают через 6–9 месяцев после облучения. Как правило, регрессирует самостоятельно или на фоне стероидной терапии в течение следующего полугодия. Устойчивые осложнения или необходимость операции возникают только в отдельных случаях.

Заключение

Таким образом, абсолютно безопасных методов лечения менингиом II и III СЗК не существует, отношение уровня эффективности к вероятности возможных осложнений делает возможным применение именно комбинированных способов лечения. В ряде случаев необходима дифференциальная диагностика в лице СКТ-перфузионного исследования.

Злокачественные анапластические менингиомы, а также пациенты находящиеся в группе риска требуют постоянного наблюдения для своевременного выявления как рецидивов, так и первичного диагностирования с выбором тактики дальнейшего их лечения.

Понимание характера роста опухоли дает возможность адекватно спланировать объем радикальности и тактику ведения больных с ИКМ. Открытым остается вопрос об объеме необходимой резекции костей основания черепа в зависимости от распространенности этих новообразований.

Таким образом, проблема ИКМ II–III СЗК связывается с изучением молекулярной онкобиологии в сопоставле-

нии с патоморфологическими и клиническими данными, и разработкой на этом основании дополнительных методов лечения.

Продолжение исследований в направлении научно обоснования дифференцировки комбинированного

лечения менингиом II–III СЗК позволит в итоге сформировать оптимальный алгоритм комбинированного лечения, что послужит обоснованием к более широкому применению хирургического лечения в комплексе с РХ и достаточно необходимой эффективностью и безопасностью лечения большому количеству пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Takashi K. The 2016 WHO Classification of Tumours of the Central Nervous System: The Major Points of Revision / K. Takashi // *Neurologia medico-chirurgica*. — 2017. — Т. 57. № 7. С. 301–311.
2. David N. Louis The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system / N. L. David, O. Hiroko, D. W. Otmar et al. // *Acta neuropathologica*. — 2007. — Т. 114. № 2. С. 97–109.
3. DiBiase S. J. Factors predicting local tumor control after gamma knife stereotactic radiosurgery for benign intracranial meningiomas / S. J. DiBiase, Y. Kwok, S. Yovino et al. // *International journal of radiation oncology, biology, physics*. — 2004. — Т. 60. № 5. С. 1515–1519.
4. Ostrom Q.T. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2011–2015 / Q.T. Ostrom, H. Gittleman, G. Truitt et al. // *Neuro-oncology*. — 2018. — Т. 20. suppl_4. iv1-iv86.
5. Yamasaki F. Recurrence of meningiomas / F. Yamasaki, H. Yoshioka, S. Hama et al. // *Cancer*. — 2000. — Т. 89. № 5. С. 1102–1110.
6. Jaaskelainen J. Atypical and anaplastic meningiomas: radiology, surgery, radiotherapy, and outcome / J. Jaaskelainen, M. Haltia, A. Servo // *Surgical neurology*. — 1986. — Т. 25. № 3. С. 233–242.
7. Lubgan D. Stereotactic radiotherapy as primary definitive or postoperative treatment of intracranial meningioma of WHO grade II and III leads to better disease control than stereotactic radiotherapy of recurrent meningioma / D. Lubgan, S. Rutzner, U. Lambrecht // *Journal of neuro-oncology*. — 2017. — Т. 134. № 2. С. 407–416.
8. Langford L. A. Comparison of MIB-1 (Ki-67) antigen and bromodeoxyuridine proliferation indices in meningiomas / L. A. Langford, C. S. Cooksley, F. DeMonte // *Human pathology*. — 1996. — Т. 27. № 4. С. 350–354.
9. McCormick D. Detection of the Ki-67 antigen in fixed and wax-embedded sections with the monoclonal antibody MIB1 / D. McCormick, H. Chong, C. Hobbs et al. // *Histopathology*. — 1993. — Т. 22. № 4. С. 355–360.
10. Cattoretti G. Monoclonal antibodies against recombinant parts of the Ki-67 antigen (MIB1 and MIB3) detect proliferating cells in microwave-processed formalin-fixed paraffin sections / G. Cattoretti, M. H. Becker, G. Key // *The Journal of pathology*. — 1992. — Т. 168. № 4. С. 357–363.
11. Kalala J.-P. Primary resected meningiomas: relapses and proliferation markers / J.-P. Kalala, J. Caemaert, L. de Ridder et al. // *In vivo (Athens, Greece)*. — 2004. — Т. 18. № 4. С. 411–416.
12. Ming-Tak Ho D. Histopathology and MIB-1 labeling index predicted recurrence of meningiomas / D. Ming-Tak Ho, Ch.-Y. Hsu, L.-T. Ting et al. // *Cancer*. — 2002. — Т. 94. № 5. С. 1538–1547.
13. Roggendorf W. Proliferative potential of meningiomas determined with the monoclonal antibody Ki-67 / W. Roggendorf, T. Schuster, J. Peiffer et al. // *Acta neuropathologica*. — 1987. — Т. 73.
14. Shibuya M. Meningiomas: Clinical Implications of a High Proliferative Potential Determined by Bromodeoxyuridine Labeling / M. Shibuya, T. Hoshino, S. Ito et al. // *Neurosurgery*. — 1992. — Т. 30.
15. Roser F. The Ki-67 proliferation antigen in meningiomas. Experience in 600 cases / F. Roser, M. Samii, H. Ostertag et al. // *Acta neurochirurgica*. — 2004. — Т. 146.
16. Cimino P.J., Malignant progression to anaplastic meningioma: Neuropathology, molecular pathology, and experimental models/ P.J. Cimino // *Experimental and molecular pathology*. — 2015. — Т. 99. № 2. С. 354–359.
17. Weber D. C. New pathology classification, imagery techniques and prospective trials for meningiomas: the future looks bright / D. C. Weber, K.-O. Lovblad, L. Rogers et al. // *Current opinion in neurology*. — 2010. — Т. 23. № 6. С. 563–570.
18. Hale A. T. Machine learning analyses can differentiate meningioma grade by features on magnetic resonance imaging / A. T. Hale, D. P. Stonko, L. Wang et al. // *Neurosurgical focus*. — 2018. — Т. 45. № 5. E4.
19. Aslan K. The diagnostic value of using combined MR diffusion tensor imaging parameters to differentiate between low- and high-grade meningioma / K. Aslan, H. P. Gunbey, L. Tomak et al. // *The British journal of radiology*. — 2018. — Т. 91. № 1088. С. 20180088.
20. Zhang H. Perfusion MR imaging for differentiation of benign and malignant meningiomas / H. Zhang, L. A. Rödiger, T. Shen et al. // *Neuroradiology*. — 2008. — Т. 50. № 6. С. 525–530.
21. Диагностическая нейрорадиология 2006. / Корниенко, В.Н. и И. Н. Пронин, 2006.
22. Ribalta T. The mitosis-specific antibody anti-phosphohistone-H3 (PHH3) facilitates rapid reliable grading of meningiomas according to WHO 2000 criteria. / Ribalta T., McCutcheon I.E., Aldape K. D. et al. // *Am J Surg Pathol*, 28, 1532–1536.
23. Klinger D. R. The treatment of cavernous sinus meningiomas: evolution of a modern approach / D. R. Klinger, B. C. Flores, J. J. Lewis et al. // *Neurosurgical focus*. — 2013. — Т. 35. № 6. E8.
24. Maruyama K. Proposed Treatment Strategy for Cavernous Sinus Meningiomas: A Prospective Study / K. Maruyama, M. Shin, H. Kurita // *Neurosurgery*. — 2004. — Т. 55.

25. Ehresman J. S. The Relevance of Simpson Grade Resections in Modern Neurosurgical Treatment of World Health Organization Grade I, II, and III Meningiomas / J. S. Ehresman, T. Garzon-Muvdi, D. Rogers et al. // *World neurosurgery*. — 2018. — Т. 109. e588–e593.
26. Zada G. Introduction: surgical management of skull base meningiomas / G. Zada, M. K. Baskaya, M. V. Shah // *Neurosurgical focus*. — 2017. — Т. 43. VideoSuppl2. Intro.
27. Torres R. C. Radiosurgery and stereotactic radiotherapy for intracranial meningiomas / R. C. Torres, L. Frighetto, De Salles et al. // *Neurosurgical focus*. — 2003. — Т. 14. № 5. e5.
28. Voss K. M. The Simpson grading in meningioma surgery: does the tumor location influence the prognostic value? / K. M. Voss, D. C. Spille, C. Sauerland et al. // *Journal of neuro-oncology*. — 2017. — Т. 133. № 3. С. 641–651.
29. V.L. Shin Cheung Meningioma recurrence rates following treatment: a systematic analysis / V. L. Shin Cheung, A. Kim, A. Sahgal et al. // *Journal of neuro-oncology*. — 2017. — Т. 136. № 2. С. 351–361.
30. A.P. Morokoff Surgery for convexity meningiomas / A. P. Morokoff, J. Zauberman, P. M. Black et al. // *Neurosurgery*. — 2008. — Т. 63. № 3. 427–33; discussion 433–4.
31. R. Sumkovski Surgical Treatment of Meningiomas — Outcome Associated With Type of Resection, Recurrence, Karnofsky Performance Score, Mitotic Count / R. Sumkovski, M. Micunovic, I. Kocovski et al. // *Open access Macedonian journal of medical sciences*. — 2019. — Т. 7. № 1. С. 56–64.
32. Тяняшин С. В. Методики и результаты хирургического лечения менингиом области большого затылочного отверстия / С. В. Тяняшин, С. В. Кондрахов, В. Н. Шиманский // *Рос. нейрохир. журнал им. проф. А. Л. Поленова*. — 2016. — Т. 8, № 1. — С. 26–34.
33. Коновалов А. Н. Клиника и микрохирургическое лечение менингиом бляменбахова ската / А. Н. Коновалов, У. Б. Махмудов // *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. — 1986. — № 1. — С. 3–13.
34. Коновалов А. Н. Проблема менингиом: анализ 80-летнего материала Института нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко и перспективы / А. Н. Коновалов, А. В. Козлов, В. А. Черкаев и др. // *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. — 2013. — № 1. — С. 12–23. 22.
35. Шиманский В. Н. Менингиомы основания задней черепной ямки: клиника, диагностика и хирургическое лечение: Дис. ... д. — ра мед. наук / В. Н. Шиманский. — М., 2005. — С. 154–162.
36. Махмудов У. Б. Хирургические доступы к задней черепной ямке / У. Б. Махмудов, В. Н. Шиманский, С. В. Тяняшин // *Хирургия опухолей основания черепа*. — М., 2004. — С. 310–321.
37. Тяняшин С. В. Методики и результаты хирургического лечения менингиом области большого затылочного отверстия / С. В. Тяняшин, С. В. Кондрахов, В. Н. Шиманский // *Рос. нейрохир. журнал им. проф. А. Л. Поленова*. — 2016. — Т. 8, № 1. — С. 26–34.
38. Yamashita J. Recurrence of intracranial meningiomas, with special reference to radiotherapy / J. Yamashita, H. Handa, K. Iwaki et al. // *Surgical neurology*. — 1980. — Т. 14. № 1. С. 33–40.
39. Meningiomas. / Lee J. H. — London: Springer London, 2009. — 622 с.
40. Stafford S. L. vPrimarily resected meningiomas: outcome and prognostic factors in 581 Mayo Clinic patients, 1978 through 1988 / S. L. Stafford, A. Perry, V. J. Suman et al. // *Mayo Clinic proceedings*. — 1998. — Т. 73. № 10. С. 936–942.
41. J. Johnson Radiotherapy for malignant tumors of the skull base / J. Johnson, I. J. Barani // *Neurosurgery clinics of North America*. — 2013. — Т. 24. № 1. С. 125–135.
42. F.Y. Moraes Radiation for skull base meningiomas: review of the literature on the approach to radiotherapy/F.Y. Moraes, C. Chung// *Chinese clinical oncology*. — 2017. — Т. 6. Suppl 1. S3.
43. B.J. Williams Stereotactic radiosurgery for WHO II and III meningiomas: analysis of long-term clinical and radiographic outcomes / B. J. Williams, D. J. Salvetti, R. M. Starke et al. // *Journal of radiosurgery and SBRT*. — 2013. — Т. 2. № 3. С. 183–191.
44. R. Aboukais Grade 2 meningioma and radiosurgery / R. Aboukais, F. Zairi, J.-P. Lejeune et al. // *Journal of Neurosurgery JNS*. — 2015. — Т. 122. № 5. С. 1157–1162.
45. A. Santacrose Horstmann, Long-term tumor control of benign intracranial meningiomas after radiosurgery in a series of 4565 patients / A. Santacrose, M. Walier, J. Regis et al. // *Neurosurgery*. — 2012. — Т. 70. № 1. 32–9; discussion 39.
46. Joseph C. T. Chen Stereotactic radiosurgery: indications and results — part 2 / Joseph C. T. Chen, M. R. Girvigian // *The Permanente journal*. — 2006. — Т. 10. № 1. С. 9–15.
47. A.E. Harris The effect of radiosurgery during management of aggressive meningiomas / A. E. Harris, J.Y.K. Lee, B. Omalu et al. // *Surgical neurology*. — 2003. — Т. 60. № 4. 298–305; discussion 305.
48. Lo S. S. Recent Advances in therapeutic radiation: an overview / S. S. Lo, E. L. Chang, J. H. Suh // *Meningiomas: diagnosis, treatment, and outcome* / ed. J. H. Lee. — London, 2008. — P. 253–258.
49. Stafford S. L. Primarily resected meningiomas: outcome and prognostic factors in 581 Mayo Clinic patients, 1978 through 1988 / S. L. Stafford, A. Perry, V. J. Suman et al. // *Mayo Clinic Proceedings*. — 1998. — Vol. 73. — P. 936–942.
50. Busse P. M. Radiation therapy for meningiomas / P. M. Busse // *Meningiomas and their surgical management*. — [S. l.]: W. B. Saunders, 1991. — P. 503–507.

© Потапов Федор Валерьевич (neuro.potapow@poczta.fm),

Древаль Олег Николаевич (ODreval@nsi.ru), Голанов Андрей Владимирович (golanov@nsi.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГЛЮКОКОРТИКОСТЕРОИДНАЯ ТЕРАПИЯ ПАЦИЕНТОК С НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ ФОРМОЙ ГИПЕРАНДРОГЕНИИ ПРИ БЕРЕМЕННОСТИ

GLUCOCORTICOSTEROID THERAPY IN PATIENTS WITH ADRENAL FORM OF HYPERANDROGENISM DURING PREGNANCY

**I. Safaryan
I. Manukhin
M. Gevorkyan
E. Manukhina
M. Ovakimyan**

Summary. Background: hyperandrogenism or excess androgens is the most common endocrine pathology of the reproductive system, which affects about 5–10% of women in the population. Correction of hyperandrogenism during pregnancy remains an actual aspect of modern medicine. The use of glucocorticosteroids in pregnancy is still controversial. It should be noted that with a deficiency of C21-hydroxylase, the appointment of glucocorticosteroids is pathogenetically justified.

Objective: to identify risk factors for complications of gestation in patients with adrenal GA and normal body weight, to justify the appointment of glucocorticoid therapy to patients with НК-ВДКН, to determine the indications for increasing the dose.

Materials and methods: The study group included 25 pregnant women with non-classical form of congenital adrenal cortex dysfunction, whose diagnosis was confirmed before pregnancy. The appointment of metipred to patients was carried out under the control of the level of 17-OnP, at a selected dose not exceeding 0.5 mg until 14–16 weeks of pregnancy, i.e. before the time of placenta formation.

Results: Glucocorticosteroid therapy was carried out in 25 patients under the control of 17-OnP level and was carried out up to 14–16 weeks of pregnancy. The threat of termination of pregnancy before 12 weeks of pregnancy was observed in 24% (n=6) patients. A correlation was obtained between the level of 17-OnP and signs of threatened abortion. Thus, the level of 17-ОНП $\geq 5,6$ ng / ml indicates the need for correction of the dose of glucocorticoids. During treatment, there was a decrease in the threat of abortion in the first trimester.

Сафарян Ирма Романовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Московский Государственный
Медико-стоматологический Университет
им. А. И. Евдокимова»
safairma@yandex.ru

Манухин Игорь Борисович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский
Государственный Медико-стоматологический
Университет им. А. И. Евдокимова»

Геворкян Марианна Арамовна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский
Государственный Медико-стоматологический
Университет им. А. И. Евдокимова»

Манухина Екатерина Игоревна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский
Государственный Медико-стоматологический
Университет им. А. И. Евдокимова»

Овакимян Марлен Артурович

К.м.н, ассистент, ФГБОУ ВО «Московский
Государственный Медико-стоматологический
Университет им. А. И. Евдокимова»

Аннотация. Введение: гиперандрогения или избыток андрогенов представляет наиболее частую эндокринную патологию репродуктивной системы, которой страдает около 5–10% женщин популяции. Актуальным аспектом современной медицины остается коррекция гиперандрогении во время беременности. До сих пор остается спорным вопрос использования глюкокортикоидов при беременности. Необходимо отметить, что при дефиците C21-гидроксилазы назначение глюкокортикоидов является патогенетически обоснованным.

Цель: выявить факторы риска развития осложнений гестации у пациенток с надпочечниковой ГА и нормальной массой тела, обосновать назначение глюкокортикоидной терапии пациенткам с НК-ВДКН, определить показания для повышения дозы.

Материалы и методы. В исследование вошли 25 беременных с неклассической формой врожденной дисфункции коры надпочечников, диагноз у которых был подтвержден до наступления беременности. Назначение Метипреда пациенткам проводилось под контролем уровня 17-ОНП, в подобранной дозе, не превышающей 0,5 мг до 14–16 недели беременности, т.е. до времени формирования плаценты.

Результаты. Терапия глюкокортикоидами проводилась 25 пациенткам под контролем уровня 17-ОНП и проводилась до 14–16 недель беременности. Угроза прерывания беременности до 12 недель беременности отмечалась у 24% (n=6) больных. Была получена корреляция между уровнем 17-ОНП и признаками угрозы прерывания беременности. Таким образом, уровень 17-ОНП $\geq 5,6$ нг/мл указывает на необходимость коррекции дозы

Conclusions: The administration of glucocorticoid therapy to patients with NK-VDKN is pathogenetically justified. Timely detection of NK-VDKN during pregnancy planning allows timely initiation of pathogenetic therapy and reduction of perinatal risks.

Keywords: adrenal hyperandrogenism, hormonal therapy, corticosteroids, the risk of miscarriage, androgens.

Введение

Гиперандрогения или избыток андрогенов представляет наиболее частую эндокринную патологию репродуктивной системы, которой страдает около 5–10% женщин популяции. Кроме того, у 35–40% пациенток, страдающих бесплодием, обусловленным хронической ановуляцией, и у пациенток с потерей плода в анамнезе, ранее была выявлена данная патология [1, 2, 3]. Наиболее частым заболеванием, протекающим с проявлениями гиперандрогении (ГА), является синдром поликистозных яичников (СПКЯ), который встречается у 80–85% женщин с избытком андрогенов. Другая причина проявлений гиперандрогении, которая встречается реже, но, не менее значима — неклассическая форма врожденной дисфункции коры надпочечников (НК-ВДКН); также стоит отметить опухоли яичников и надпочечников, прием андрогенсодержащих препаратов, синдром или болезнь Иценко-Кушинга и гиперпролактинемия [4, 5, 6, 7]. Актуальным аспектом современной медицины остается коррекция гиперандрогении во время беременности. До сих пор остается спорным вопрос использования глюкокортикоидов [8]. Эффективность данной группы препаратов не вызывает сомнений, однако беременность сопровождается рядом гормональных сдвигов, в связи с чем, назначение глюкокортикоидов должно проводиться по строгим показаниям [9, 10]. Необходимо отметить, что при дефиците С21-гидроксилазы назначение глюкокортикоидов является патогенетически обоснованным. При СПКЯ назначение глюкокортикоидов недопустимо, так как усугубляет имеющуюся у большинства больных с СПКЯ инсулинорезистентность [10].

Цель исследования

Выявление факторов риска развития осложнений гестации у пациенток с надпочечниковой гиперандрогенией и нормальной массой тела, обосновать назначение глюкокортикоидной терапии пациенткам с НК-ВДКН, определить показания для повышения дозы глюкокортикоидов.

глюкокортикоидов. На фоне лечения отмечалось снижение угрозы прерывания беременности в I триместре.

Заключение. Назначение глюкокортикоидной терапии пациенткам с НК-ВДКН является патогенетически обоснованным. Своевременное выявление НК-ВДКН при планировании беременности позволяет своевременно начать патогенетическую терапию и снизить перинатальные риски.

Ключевые слова: надпочечниковая гиперандрогения, гормонотерапия, глюкокортикоиды, угроза выкидыша, андрогены.

Материалы и методы исследования

Настоящее исследование проводилось на клинических базах кафедры акушерства и гинекологии лечебного факультета Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова: женская консультация, родильное отделение при государственном бюджетном учреждении «Городская клиническая больница имени В.П. Демикова» Департамента здравоохранения города Москвы.

В исследование были включены 25 пациенток. В группу вошли 25 беременных с неклассической формой врожденной дисфункции коры надпочечников (мутация V281L, приводящая к дефициту 21-гидроксилазы) в возрасте от 21 до 35, средний возраст составил $28,1 \pm 0,5$ лет. Все пациентки исследуемой группы имели нормальную массу тела, средний ИМТ составил $22,1 \pm 1,29$. Назначение метипреда пациенткам проводилось под контролем уровня 17-ОНП, в подобранной дозе, не превышающей 0,5 мг до 14–16 недели беременности, т.е. до времени формирования плаценты.

Результаты исследования и их обсуждения

Необходимым этапом исследования у пациенток группы с НК-ВДКН являлась медикаментозная коррекция ГА и восстановление нарушений менструальной и генеративной функций.

Пациентки предъявляли жалобы на бесплодие (первичное — 8(32%), вторичное — 12(48%), невынашивание в анамнезе — 10(40%), нарушение менструального цикла — 18(72%), гирсутизм — 6(24%).

С целью снижения уровней 17-ОНП и ДГЭА-С назначали глюкокортикоиды — Метипред (доза препарата — 0,125–0,5 мг/сутки) (Orion Corporation, Финляндия). На фоне лечения глюкокортикоидами восстановился регулярный менструальный цикл, и тестировалась овуляция у 56% (n=14). Остальным 11 (44%) больным в связи с тестированием недостаточности лютеиновой фазы добавили антиэстрогенный препарат (Клостилбегит (EGIS

Таблица 1. Показатели андрогенов у беременных с гиперандрогенией до и после предгравидарной подготовки
[The indicators of androgens in pregnant women with hyperandrogenism before and after pregravidarnaya training].

Показатели	Группа пациенток (n=25)	
	До лечения	После лечения
Тестостерон общий, нмоль/л	3,81±0,25	2,22±0,2*
Тестостерон свободный, пг/мл	3,79± 0,13	1,61±0,09*
Дигидротестостерон, пг/мл	451,0±12,1	183,4±39,6*
Андростендион, нмоль/л	13,6±3,9	9,9±2,5*
Дигидроэпиандростерон-сульфат, мкмоль/л	7,2±0,22	5,0±0,46*
17-оксипрогестерон, нмоль/л	15,8±1,3	5,5±1,5*

Примечание: * — статистически значимые различия до и после лечения (p<0,05).

Таблица 2. Характеристика показателей пациенток в зависимости от использования ГКС, после назначения ГКС (M±σ)
[Characteristics of indicators of patients depending on the use of corticosteroids, after the appointment of corticosteroids].

Показатель	Группа пациенток (n=25)
Тестостерон общий, нмоль/л	2,32±0,4
Тестостерон свободный, пг/мл	1,67±0,11
Дигидротестостерон, пг/мл	233,6±25,8
Андростендион, нмоль/л	9,3±1,5
Дигидроэпиандростерон-сульфат, мкмоль/л	5,7±0,34
17-оксипрогестерон, нмоль/л	5,9±1,4

Pharmaceuticals PLC, Венгрия)) по 50 мг с 5 по 9 день цикла, с целью стимуляции овуляции. Гормональная поддержка лютеиновой фазы менструального цикла осуществлялась при помощи натурального микронизированного прогестерона с 18 по 27 день менструального цикла.— Утрожестана 100 мг (Besins Healthcare SA, Бельгия) суточная доза — 200–300 мг). При обследовании пациенток выявлена инсулино-резистентность у 2 пациенток (8%), в связи с чем данным пациенткам назначались препараты группы бигуанидов (Глюкофаж (Merck Sante S.A.S, Франция) — суточная дозировка по 1000 мг) до наступления беременности.

В результате предгравидарной подготовки женщин с гиперандрогенией отмечалась положительная тенденция в отношении практически всех гормонов. Использование предгравидарной подготовки привело к значительному снижению уровня тестостерона, ДГТ и 17-ОНП. В то же время, снижение средних значений андростендиона и ДГЭА-С у пациенток с гиперандрогенией на фоне коррекции было не столь значительным (таблица 1).

На основании полученных результатов можно судить об эффективности предгравидарной подготовки в отно-

шении показателей андрогенов. В частности, отмечается положительная тенденция в отношении 17-оксипрогестерона, дигидроэпиандростерон-сульфата, андростендиона, дигидротестостерона, тестостерона свободного и общего.

Стоит отметить, что все пациентки с НК-ВДКН входят в группу высокого риска в различные сроки гестации. Основная часть работы была посвящена осложнениям беременности в исследуемой группе. Течение I триместра осложнилось угрозой прерывания беременности у 6 (24%) пациенток.

Лечение угрозы прерывания беременности в I триместре в стационарных условиях на сроке 7–9 недель беременности проводилось 2 (33,3%) пациенткам. Всем пациенткам с угрозой прерывания беременности проводилось лечение микронизированным прогестероном — Утрожестан 200 мг, суточная доза 400–600 мг.

Немаловажным этапом исследования являлась оценка эффективности использования глюкокортикостероидов (ГКС) у пациенток в исследуемой группе. Назначение

Таблица 3. Уровень показателя 17-оксипрогестерон после повышения дозировки Метипреда ($M \pm \sigma$) [Level 17-oksiprogesteron after increasing the dosage Metipred].

Показатель	До повышения дозировки	После повышения дозировки
17-оксипрогестерон, нмоль/л	8,4±0,13	5,4±0,4

Таблица 4. Уровни 17ОНП и ДГЭА-С у пациенток исследуемой группы [Levels of 17 OHP and DHEA-C in patients of the study group].

Гормон	Угроза прерывания беременности 7–9 недель	Истмико-цервикальная недостаточность	Плацентарная дисфункция
17-ОНП нг/мл	8,1 + 1,8	7,6+ 1,2	6,5+ 0,5
ДГЭА-С нмоль/л	9,7 + 0,9	9,0 + 0,37	8,3 + 0,3

данной группы препаратов осуществлялось по строгим показаниям, дозировка препарата рассчитывалась индивидуально. Всем пациенткам были назначены глюкокортикостероиды. На фоне назначения ГКС отмечались более выраженные достоверные гормональные изменения ($p < 0,05$) (таблица 2).

Необходимо отметить, что повышение Метипреда до 4 мг/сут потребовалось у 11 пациенток (44%). В ходе анализа 17-оксипрогестерона было отмечено достоверное снижение среднего показателя у данных пациенток после повышения дозировки препарата (таблица 3).

В ходе проведения корреляционного анализа было установлено, что повышение уровня 17-ОНП, ассоциировалось с повышением частоты угрозы прерывания беременности в I триместре ($r = 0,49$, $p < 0,05$).

Течение II триместра осложнилось угрозой прерывания беременности у 7 (28%) пациенток. Лечение угрозы прерывания беременности во II триместре в стационарных условиях проводилось 2 (28,6%) пациенткам.

Истмико-цервикальная недостаточность во II триместре беременности, в сроке 15–24 недель была отмечена у 9 (36%) пациенток исследуемой группы. Диагноз ИЦН выставлялся по данным влагалищного и ультразвукового исследования. Госпитализация для хирургической коррекции ИЦН (пессарий) потребовалось 1 (11,1%) пациентке. У остальных 8 (88,9%) коррекция ИЦН проводилась микронизированным прогестероном вагинально в дозировке 600 мг/сут. до 36 недели беременности. Стоит отметить, что пациентке, которой потребовалось введение разгрузочного pessarium, проводилась санация влагалища с целью профилактики воспалительного процесса, который был удален в 37 недель беременности и не вызвали дополнительных осложнений.

В ходе исследования проводилась оценка частоты преэклампсии и плацентарной дисфункции в исследу-

емой группе. Осложнения беременности в виде преэклампсии были отмечены у 7 (28%) пациенток (преэклампсия легкой степени 5(20%) пациенток, средней степени — 2(8%)), у 12(48%) пациенток регистрировалась плацентарная дисфункция в различные сроки гестации.

При проведении корреляционного анализа между уровнем 17-ОНП и осложнениями беременности у пациенток было установлено, что превышение уровня 17ОНП более 5,6 нг/мл является критичным, и требует увеличения дозы глюкокортикоидов (таблица 4).

При анализе исходов беременности, необходимо отметить частоту преждевременных родов. Своевременные роды были отмечены у 23 (92%) пациенток, в то время как преждевременные роды регистрировались лишь у 2 (8%) пациентки.

Основной метод коррекции гиперандрогении во время беременности — глюкокортикоидная терапия. Недостаточность 21-гидроксилазы, связанная с дефицитом продукции кортизола требует заместительного лечения данными препаратами. В настоящее время рекомендуется проводить пренатальный скрининг ВДКН у плода в семьях, уже имевших детей с дефицитом 21-гидроксилазы. По многочисленным исследованиям, ГКС снижают частоту прерывания беременности ранних сроков, при этом у новорожденных детей не было выявлено отклонений, связанных с применением ГКС, что тоже является немало важным фактором. Использование препаратов данной группы, в частности Метипреда, связано с тем, что препарат не преодолевает плацентарный барьер и не угрожают подавлению функции коры надпочечников у здорового плода. Как правило, ГКС отменяются после 12 недель гестации, однако при выраженных формах ГА, диагностируемых до наступления беременности, прием препаратов рекомендуется продолжить [10].

Другие формы надпочечниковой гиперандрогении требуют использования кортикостероидов с целью тор-

можения кортикотропной функции гипофиза [11, 12]. Дексаметазон — длительно действующий синтетический глюкокортикоид. Данный препарат способствует угнетению адrenокортикотропной функции гипофиза, не повышая артериальное давление и не вызывая образования отеков [11, 13]. Необходимо отметить, что в ранних работах исследователей подчеркивалась необходимость длительного применения данного препарата (на протяжении большей части беременности). В настоящее же время авторы свидетельствуют об ограниченных показаниях использования глюкокортикоидов у беременных. Среди них необходимо выделить наличие резко повышенного уровня андрогенов, увеличивающего риск вирилизации плода, а также наследственно-го дефекта ферментов, отвечающих за синтез кортизола в надпочечниках [9].

Выводы

1. Использование предгравидарной подготовки женщин с гиперандрогенией является эффектив-

ной в связи, с чем должна назначаться всем пациенткам с данной патологией. Использование данной терапии способствует снижению частоты осложнений беременности.

2. Использование глюкокортикоидов является эффективным методом лечения у пациенток с гиперандрогенией, обусловленной врожденной дисфункцией коры надпочечников.
3. Применение микронизированного прогестерона является эффективным методом коррекции ИНЦ у пациенток с надпочечниковой гиперандрогенией, что позволяет избежать хирургической коррекции, и может являться терапией выбора.
4. Уровень 17ОНП > 5,6 нг/мл у пациенток с НК-ВДКН является критичным, и требует медикаментозной коррекции, а также увеличения дозы глюкокортикоидов, что снижает угрозу прерывания беременности в I триместре.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радзинский В.Е., Димитрова В. И., Майскова И. Ю. Неразвивающаяся беременность. М.: Гэотар-Медиа; 2009. 196 с.
2. Ших Е.В., Махова А. А., Сметник А. А. Клиникофармакологический анализ лекарственных препаратов, наиболее часто применяемых для фармакотерапии фиброзно-кистозной мастопатии. *Акушерство и гинекология*. 2018 (9) 158–164.
3. Secreto G., Sieri S., Agnoli C., Gironi S., Muti P., Zumoff B., Sant M., Meneghini E, Krogh V. A novel approach to breast cancer prevention: reducing excessive ovarian androgen production in elderly women. *Breast Cancer Res Treat*. 2016; 158 (3): 553–561.
4. Cappelli V., Musacchio M. C., Bulfoni A., Morgante G., De Leo V. Natural molecules for the therapy of hyperandrogenism and metabolic disorders in PCOS. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2017; 21 (2): 15–29.
5. Luque-Ramírez M., Escobar-Morreale H. F. Adrenal Hyperandrogenism and Polycystic Ovary Syndrome. *Curr Pharm Des*. 2016; 22 (36): 5588–5602.
6. Rachon D. Differential diagnosis of hyperandrogenism in women with polycystic ovary syndrome. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2012; 120 (4): 205–209.
7. Rosenfield R.L., Ehrmann D. A. The Pathogenesis of Polycystic Ovary Syndrome (PCOS): The Hypothesis of PCOS as Functional Ovarian Hyperandrogenism Revisited *Endocr Rev*. 2016;37 (5): 467–520.
8. Yang R., Yang S., Li R., Liu P., Qiao J., Zhang Y. Effects of hyperandrogenism on metabolic abnormalities in patients with polycystic ovary syndrome: a meta-analysis. *Reprod Biol Endocrinol*. 2016 Oct 18;14(1):67.
9. Малышева О.Г., Агаркова Л. А., Бухарина И. Ю. Гиперандрогения у беременных: этиопатогенез, диагностика, лечение, перинатальные исходы. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2013; 33 (5): 46–52.
10. Мельниченко Г.А., Семичева Т. В., Фадеев В. В. Применение глюкокортикоидов во время беременности. *Вестник репродуктивного здоровья*. 2008; (1–2): 7–17.
11. Богатырева Е.М., Кутушева Г. Ф. Проблемы гиперандрогении надпочечникового генеза у девочек. *Вестник Российской военно-медицинской академии* 2015; (3): 273–279
12. Saraceno G, Barresi V, Trimarchi F, Cannavo S. Occult leydig cell tumour and androgen-receptor positive breast cancer in a woman with severe hyperandrogenism. *J Ovarian Res*. 2013;6 (1): 43.
13. Зуфарова Ш. А. Муфтайдинова Ш. К., Кузиева Г. А. Эффективность индивидуальной прегравидарной подготовки на ранних и поздних этапах беременности у пациенток с гиперандрогенией. *Молодой ученый*. 2017; 153 (19): 96–99.

© Сафарян Ирма Романовна (safairma@yandex.ru), Манухин Игорь Борисович, Геворкян Марианна Арамовна,

Манухина Екатерина Игоревна, Овакимян Марлен Артурович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИНВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ. ПСИХОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ У ЖЕНЩИН С НЕОПУХОЛЕВЫМИ ДИСТРОФИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ КОЖИ И СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ НАРУЖНЫХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

MODERN TRENDS OF INVOLUTIONAL CHANGES. PSYCHOPATHOLOGICAL ASPECTS IN WOMEN WITH NON-TUMOR DYSTROPHIC LESIONS OF THE SKIN AND MUCOUS MEMBRANE OF THE EXTERNAL GENITALIA

**A. Khamadyanova
G. Rakhmatullina**

Summary. This article will help to consider the problem of involutional changes in woman body in various age groups (from 35–40 to 55–60 years). In the publication special emphasis is placed on risk groups for the occurrence of psychopathological symptom complexes. A scientific article is devoted to the study of women with manifested neurological symptoms and with local dystrophic changes in the vulva. The authors paid special attention to the examination of patients with kraurosis and vulvar cancer using a screening program. 35 women revealed kraurosis of the vulva of 1–2 degrees. Have been strictly adhered to the algorithm of diagnostic measures, we evaluated the psychopathological aspects of involutional hysteria (IH). 20 female patients with kraurosis of the vulva of 1–2 degrees were treated using Plazmolifting technology. The analysis aimed at correction of regenerative, psychoemotional disorders, including involutional hysteria has been made.

Keywords: Vulvar kraurosis, lichen, sclerosing lichen, cervical cancer, vulvar cancer, involutional changes in women, psychopathological aspects of involutional hysteria in women, STIs, HPV, PCR, non-tumor dystrophic lesions of the skin and mucous membrane.

Хамадьянова Аида Ульфатовна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО БГМУ МЗ России г. Уфа
Khamadyanova76@mail.ru*

Рахматуллина Гульназ Закировна

*ФГБОУ ВО БГМУ МЗ России
rakhmaguz@mail.ru*

Аннотация. Данная статья поможет рассмотреть проблему инволюционных изменений в организме женщины в различных возрастных группах (от 35–40 до 55–60 лет). В публикации особый акцент сделан на группы риска по возникновению психопатологических симптомокомплексов. Научная статья посвящается исследованию женщин с проявлением неврологической симптоматики и с локальными дистрофическими изменениями вульвы. Особое внимание было обращено авторами на обследование пациенток с краурозом и раком вульвы с использованием скрининг-программы. У 35 женщин выявлен крауроз вульвы 1–2 степени. Чётко следуя алгоритму диагностических мероприятий, в ходе работы оценили психопатологические аспекты инволюционной истерии (ИИ). 20 пациенток с краурозом вульвы 1–2 степени были пролечены с использованием технологии Plazmolifting. Проведен анализ коррекции регенеративных, психоэмоциональных нарушений, в том числе инволюционной истерии.

Ключевые слова: Крауроз вульвы, лишай, склерозирующий лишай, рак шейки матки, рак вульвы, инволюционные изменения у женщин, психопатологические аспекты инволюционной истерии у женщин, ИППП, ВПЧ, ПЦР, неопухолевые дистрофические поражения кожи и слизистой оболочки.

Инволюционная истерия (ИИ) — психопатологический симптомокомплекс, развивающийся в климактерический период преимущественно у женщин от 35–40 до 55–60 лет. Отмечено, что риск повышается в 2–3 раза при ранней менопаузе, обусловленной разными причинами (хронические заболевания, генетическая предрасположенность, оперативные вмешательства, отя-

гощенный акушерским анамнез, ожирение, артериальная гипертензия, сахарный диабет и др [3,8,11].

Клиническая картина ИИ-синдрома характеризуется наличием сочетанных психосоматических корреляций: полиморфных, обменно-эндокринных, вегетативных и психических расстройств.

У части пациенток при обследовании выявлены типичные эндокринные нарушения. Более распространены: расстройство менструального цикла, сексуальная дисфункция, повышение или снижение либидо, неприятные ощущения в области наружных половых органов (боль «пронизывающая» все тело). Особое внимание заслуживают нарушения в виде сухости слизистой оболочки вульвы, остеопороз [1,4,8].

Современной тенденцией является сочетание у женщин неврологической симптоматики и наличие локальных дистрофических изменений тканей вульвы.

Участились случаи аплазии одной или обеих малых половых губ в сочетании с жжением и болью в области поражения.

В Международной классификации болезней 10-го пересмотра среди состояний, относящихся к ИИ, особое внимание заслуживают диссоциативные расстройства (это истерические расстройства личности — F 60.4) [2,18,19].

Многие врачи из-за отсутствия профессиональной и коммуникативной компетентности не в состоянии выполнять профессиональную деятельность. Всем известно, что медицинские осмотры, врачебные приемы проводятся поверхностно или пациентки не осматриваются вообще.

Это является следствием необдуманного выбора профессии и приводит к инвалидизации пациентов и/или летальному исходу.

Поэтому сейчас перед вузами стоит задача не только обеспечить усвоение базисных знаний, но и помочь студентам овладеть умением учиться самостоятельно.

Задача врача амбулаторно в смотровом кабинете провести алгоритм диагностических мероприятий с целью исключения патологии вульвы [1,9,14].

Актуальность

К неопухолевым дистрофическим заболеваниям относятся крауроз, дистрофия и лейкоплакия вульвы.

Крауроз — это инволютивно-дистрофический процесс, которым могут заканчиваться многие заболевания вульвы. Лейкоплакия часто сопутствует дерматозам, воспалительным заболеваниями, дисплазия и злокачественным процессам [7,17,18].

Рак вульвы (РВ) — это злокачественная опухоль, возникающая на коже и слизистых половых органов.

Рак наружных половых органов составляет до 8% общего показателя заболеваемости всеми злокачественными опухолями женских гениталий и занимает 4-е место после рака шейки, тела матки и яичников. Рак вульвы диагностируется у женщин старше 55 лет [4,6,20,21].

В настоящее время отмечается увеличение заболеваемости раком вульвы.

Имеется тенденция к «омоложению» РВ. Ежегодно выявляются более 1000 больных, не смотря на визуальную доступность, диагностика затруднена, течение малосимптомно и в 13–46% случаев рак вульвы протекает бессимптомно. Более 60% пациенток поступают в лечебные учреждения в III–IV стадии опухолевого процесса.

На современном этапе наблюдается сочетание неврологической симптоматики и наличие локальных дистрофических изменений тканей вульвы. Учитывая психоэмоциональный фон, непростые условия быта и сложности с работой многих женщин, проблема своевременной диагностики и лечения заболеваний вульвы выходит на первый план [1,2,6,14].

Установлено, что причиной невротических состояний при склерозирующем лишае являются: выраженный зуд, диспареуния и дизурические расстройства.

Усложняет процесс отсутствие профессионализма у многих врачей. Выполнить задачу помогает существующий алгоритм обследования при патологии вульвы, утверждённый в виде скрининга. Данная скрининг-программа включает 2 этапа и подлежит к широкому внедрению в практику [1,10,13].

Цель исследования

Используя скрининг-программу провести обследование пациенток с краурозом и раком вульвы. В ходе работы оценить психопатологические аспекты инволюционной истерии (ИИ). Внедрить в практику анкетирование и оценку тяжести патологии.

Собственные исследования. Нами обследовано 50 женщин в возрасте 46–75 лет, средний возраст 57 лет. Работа проведена в клинике «Медсервис» в городе Нефтекамск РБ в 2017–2019 годы. Группа здоровых составляла 10 человек. У 5 женщин диагностирован РВ, у 3 — рак *in situ*, у 2 — ороговевающий плоскоклеточный рак, у 35 — крауроз вульвы I–II степени. Выполняли эту работу чётко следуя алгоритму диагностических мероприятий рекомендованной скрининг-программой.

Таблица 1. Результаты опроса (в %) проведенных в начале обследования.

Анкетирования (вопрос)	1 вариант	2 вариант
Ежегодные медицинские осмотры по месту работы вас устраивают?	72	30
При необходимости обратитесь к гинекологу в частную клинику или в Ж/К по месту жительства?	60	37
Информация по диагностике и лечению заболевания вульвы вам понятна?	73	21*
Не считает важной информацию по заболеванию, сомневается в результатах лечения?	17	25
Опрошено	30	25

Примечание:* — $p < 0,05$ между разными вариантами ответов.

Таблица 2. Оценка в баллах симптоматики заболевания вульвы.

Симптомы	1 группа (25)	2 группа (15)
Зуд (интенсивность)	3 балла (10 пациенток) = 30	1 балл*(9 пациенток) = 9
Диспареуния	2 (6 пациенток) = 12	1 (7 пациенток) = 7
Сухость	3 (3 пациенток) = 9	1 (15 пациенток) = 15
Дизурические расстройства	3 (6 пациенток) = 18	2 (7 пациенток) = 14
Сумма	69	45

Примечание:* — $p < 0,05$ между разными вариантами ответов;

Использовали в диагностике патологии: визуальный осмотр, расширенная видеовульвоскопия, выявление ВПЧ, микрокольпогистероскопия (офисная гистероскопия) для более детального исследования цервикального канала шейки матки [12].

Дополнительные методы:

- ◆ рентгенологический (для выявления метастатического поражения легких, лимфография, КТ, ЯМРТ)
- ◆ ультразвуковая (для определения отдаленных метастазов)
- ◆ флуоресцентная диагностика (опухолеспецифические фотосенсибилизаторы избирательно поглощают свет определенной длины волны, способны флуоресцировать в возбужденном состоянии и запускают процессы свободнорадикального окисления путём превращения световой энергии в химическую, что приводит к раздражению опухолевой клетки)

Преимущества метода:

- ◆ точность определения границ опухоли;
- ◆ выявление невидимых глазом очагов поражения;
- ◆ высокая избирательность разрушения опухолевых клеток;

- ◆ возможность применения на ранних стадиях развития опухоли;
- ◆ отсутствие тяжёлых побочных эффектов [5,7,15,19].

В ходе работы пациентки с заболеваниями вульвы разделены на две группы:

1-я группа — с выраженной клинической симптоматикой (первый вариант ответа)

2-я группа крови — бессимптомное течение заболевания (второй вариант ответа)

Нами проведено анкетирование (опрос пациенток), были получены ответы на простые вопрос.

Вопросы:

1. Ежегодные медицинские осмотры по месту работы Вас устраивают?
2. При необходимости обратитесь к гинекологу в частную клинику или в Ж/К по месту жительства?
3. Информация по диагностике и лечению заболевания вульвы Вам понятна?

Таблица 3. Результаты опроса (%) проведенного в конце лечения.

Анкетирования (вопрос)	1 вариант	2 вариант
Ежегодные медицинские осмотры по месту работы вас устраивают?	30	10
При необходимости обратитесь к гинекологу в частную клинику или в Ж/К по месту жительства?	79	37*
Информация по диагностике и лечению заболевания вульвы вам понятна?	82	82*,*
Не считает важной информацию по заболеванию, сомневается в результатах лечения?	5	10*,**
Опрошено	30	25

Примечание: * - $p < 0,05$ между разными вариантами ответов.

** - $p < 0,05$ с результатами первого опроса.

4. Не считает важной информацию по заболеванию, сомневается в результатах лечения?

За утвердительный ответ принимали только ответ «ДА». Итоговую сумму положительных ответов выражали в процентах от числа опрошенных. Достоверность различий оценивали по методу χ^2 (кси квадрат). Различия считали статически значимые при $p < 0,05$.

Важную роль имеет сбор анамнеза, осмотр, пальпация зоны поражения вульвы.

У пациенток с выраженным болевым синдромом при пальпации зоны поражения использовали местнораствор Лидокаина 10% (спрей).

20 пациенток были пролечены с использованием технологии Plazmolifting. Это инъекционная форма тромбоцитарной аутоплазмы.

С пациентками проведены ознакомительные беседы, разъяснена суть действия каждой методики. Получено письменное информированное согласие на проведение процедуры стимуляции ауторегенерации ТАП. Процедура проводится под местной анестезией. Стимуляции ауторегенерации с использованием тромбоцитарной аутоплазмы — это безопасная и эффективная процедура, предназначенная для ускоренного полноценного восстановления тканей организма. Данный метод имеет разрешение Федеральной Службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития ФС № 2010/380 от 26.10.2010 года.

Патофизиологический процесс действия тромбоцитарной аутоплазмы упрощенно можно представить следующим образом: вследствие утери контакта тромбоцита с эндотелием он выходит из кровеносного русла и изменяет свою форму, выделяя альфа-гранулы, выбрасывающие, в свою очередь, в рану факторы роста [5,11,12,16].

5 пациенток с выявленным раком вульвы направлены на лечение к РКОД г. Уфы.

Лечение склерозирующего лишая одна из актуальных проблем современной гинекологии. Длительность процесса и выраженность клинических проявлений являются причиной неврозов и депрессивных состояний, которые могут приводить к утрате трудоспособности, качества жизни, психотизации личности. В данной работе впервые проведено лечение крауроза 1 и 2 степени и вульвита с использованием метода Plazmolifting. Важно дальнейшее совершенствование лечебных мероприятий при хронических дистрофических заболеваниях и проведение дополнительных исследований [7,9,2,17,19,21].

Заключение

Таким образом, склерозированный тип инволюционной истерии (ИИ) характеризуется на сегодня омоложением контингента и хронификацией.

Уверены, кроме психофармакотерапии, при ИИ и дистрофических заболеваниях вульвы необходим современный подход к проблеме.

По результатам проведенного анкетирования (опроса) значение имеют следующие факторы: доступность обследования и возможность посещения в вечернее время, в том числе в выходные и праздничные дни.

Впервые авторами использована технология Plazmolifting в коррекции регенеративных, психоэмоциональных нарушений, в том числе инволюционной истерии. Авторы убеждены в необходимости «Центров здоровой вульвы» в РБ. Проведенная авторами работа является основой нового обдуманного подхода к вопросу здоровья вульвы и здорового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашрафян Л.А., В. И. Киселев. Опухоли репродуктивных органов (Этиология, патогенез)— М.: Изд-во Димитрейд График групп, 2007. — 216с.
2. Современная онкология, молекулярная биология и перспективы эффективной терапии/ Л. А. Ашрафян, В. И. Киселев. — М.: Молодая гвардия, 2015—96 с.
3. Климактерий и климактерические расстройства: методические рекомендации/ авт.-сост.: В. А. Кулавский, Е. В. Кулавский, Ю. М. Голешева. -Уфа: Изд-во БГМУ, 2009—58 с.
4. Клиническая онкогинекология/ под ред. проф. В. П. Казаченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство БИНОМ, 2016. — 424с.
5. Неоперативная гинекология / под. Ред. В. П. Сметник, Л. Г. Тумилович. — М.: Медицинское информационное агентство, 2006. — 632 с.
6. Онкология: Клинические рекомендации / под ред. Академика РАН М. И. Давыдова. — М.: Издательская группа РОНЦ, 2015. — 632с.
7. Опухоли женской репродуктивной системы / под ред. М. И. Давыдова, В. И. Летягина, В. В. Кузнецова. — М.: Медицинское информационное агентство, 2007.-376 с.
8. Патология климактерия: руководство для врачей/ под ред. Л. В. Аккер. — М.: Изд-во «МИА», 2010—440 с.
9. Ephraim McDowell (1771–1830) Первопроходец (к 200-летию выполнения первой овариотомии)/ Ю. В. Цвелев, Д. Б. Фридман// Журнал акушерства и женских болезней. — 2009. — № 37 — С. 105–111.
10. Шейка матки, влагалище, вульва. Физиология, патология, кольпоскопия, эстетическая коррекция / Под ред. С. И. Роговской, Е. В. Липовой. — М.: Изд-во журнала StatusPraesens, 2016.-832с.
11. Ю.В.Дрейзин, В. Ф. Корнеева, «Опыт лечения хронических воспалительных заболеваний женских половых органов подкожным введением нативной плазмы»XX, 2012 год — с. 234
12. «Наш взгляд на диагностику и лечение хронических воспалительных заболеваний урогенитальной области у женщин в свете новых медицинских технологий»/ Р. Х. Галеев, Т. А. Каримова, Ф. Р. Ахмеров, 2012 год —54с.
13. Хирургическая менопауза/ В. А. Кулавский, В. А. Пушкарёв, Е. В. Кулавский, А. В. Пушкарев, 2018 год
14. Патология эндометрия/ В. А. Кулавский, В. А. Пушкарёв, Е. В. Кулавский, А. В. Пушкарев, Ш. М. Хуснутдинов, 2018 год
15. Клинический случай лечения склероатрофического гликогена с использованием фотодинамического метода/ А. Р. Тен, Т. А. Обоскалова, А. В. Воронцова / 2017 год.
16. Неопухольевые заболевания вульвы/ И. О. Макаров, Е. А. Чулкова, Н. А. Шешукова /Журнал Акушерство, гинекология, репродукция, том 2, 2012
17. Современный взгляд на проблему этиологии, патогенеза и терапии дистрофических заболеваний вульвы/ И. В. Сахаутдинова, О. С. Попов, Е. Л. Симакова / 2018 год.
18. Анализ клинического течения рака вульвы/ В. А. Пушкарев, И. М. Мазитов, Ш. М. Хуснутдинов / 2012
19. Рак вульвы/ информационно методическое письмо/ Пушкарёв В. А., Батталова Г. Ю., А. В. Султанбаев, Л. К. Закирова, Уфа, 2014 год. — с. 36.
20. Хирургическая менопауза/ В. А. Кулавский, В. А. Пушкарёв, Е. В. Кулавский, А. В. Пушкарев, 2018 год
21. Рак шейки матки/ информационно-методическое письмо/В.А. Пушкарёв, И. М. Мазитов, Ш. М. Хуснутдинов, Уфа, 2017.-с.32.

© Хамадьянова Аида Ульфатовна (Khamadyanova76@mail.ru), Рахматуллина Гульназ Закировна (rakhmaguz@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ МЕМБРАН ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ДЕФЕКТАХ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

APPLICATION OF BIORESORBABLE MEMBRANES FOR DIRECTED BONE REGENERATION IN MANDIBLE DEFECTS

Z. Tsentroev

Summary. In modern dentistry, one of the urgent problems is the problem of bone tissue regeneration, the development of methods of optimizing the impact on reparative osteogenesis. A significant advantage of tissue regeneration is the use of membrane technology for the formation of favorable conditions necessary for the creation of a new tooth-gingival connection. Membranes are divided into two main groups: resorbed and nonresorbed. The main advantage of resorbed membranes over non-resorbed membranes is that they can biodegrade in the body. Therefore, the second operation to remove them from the body is not necessary. Resorbed membranes in turn are divided into membranes made of natural or synthetic materials. From natural materials collagen is actively used, from synthetic polypeptides-aliphatic polyesters, in particular, polyglycolide (PGK) and polylactide (PLC). From the standpoint of biology, collagen has the best structure and properties. Most of the membranes that are used in NTR have a high cost, which initiates the search for new materials for resorbed membranes. Domestic materials for resorbable membranes have good clinical efficacy. In addition, they have a lower cost than imported counterparts and are therefore more accessible to patients. Recently, NTR with the use of membranes began to develop in the direction of synthesis of materials of a new class, which would combine the advantages of non-resorbed and resorbed membranes: mechanical strength and bio-inertness with a certain period of resorption (3–6 months). It is believed that such membranes are promising materials can be biocompatible polymers, in particular, polyglycolide, polylactide, and paleoclimatical and their various combinations. Thus, in modern conditions, the use of bioresorbable membranes for directed regeneration of bone tissue in defects of the mandible is one of the most common and effective methods in dental surgery.

Keywords: bioresorbable membrane, collagen, biopolymer, bone regeneration, jaw defect.

Центроев Зелимхан Сулимбекович

*Аспирант, Первый Московский государственный
медицинский
Университет им. И. М. Сеченова
dr.tsentroev@bk.ru*

Аннотация. В современной стоматологии одной из актуальных проблем считается проблема регенерации тканей кости, разработка методов оптимизирующего влияния на репаративный остеогенез. Значительным преимуществом тканевой регенерации является применение мембранной техники для формирования благоприятных условий необходимых для создания нового зубо-десневого соединения. Мембраны выделяют в две основные группы: резорбируемые и нерезорбируемые. Главным преимуществом резорбируемых мембран перед нерезорбируемыми является то, что они могут биodeградировать в организме. Поэтому вторая операция по их удалению из организма не нужна. Резорбируемые мембраны в свою очередь подразделяют на мембраны, изготовленные из природных или синтетических материалов. Из природных материалов активно используют коллаген, из синтетических полипептидов — алифатические полиэфиры, в частности, полигликолид (ПГК) и полилактид (ПЛК). С позиций биологии самой хорошей структурой и свойствами обладает коллаген. Большинство мембран, которые используются при НТР имеют высокую стоимость, что инициирует поиск новых материалов для резорбируемых мембран. Отечественные материалы для резорбируемых мембран обладают хорошей клинической эффективностью. Кроме того, они имеют более низкую себестоимость, чем импортные аналоги и поэтому более доступны для пациентов. В последнее время НТР с применением мембран стала развиваться в направлении синтеза материалов нового класса, которые объединяли бы в себе преимущества нерезорбируемых и резорбируемых мембран: механическую прочность и биоинертность с определенным сроком резорбции (3–6 месяцев). Считается, что для таких мембран перспективными материалами могут быть биосовместимые полимеры, в частности, полигликолид, полилактид, а также пилюоксибутират и их всевозможные комбинации. Таким образом, в современных условиях использование биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани при дефектах нижней челюсти является одним из распространенных и эффективных методов в стоматологической хирургии.

Ключевые слова: биорезорбируемая мембрана, коллаген, биополимер, регенерация кости, дефект челюсти.

В современной стоматологии одной из актуальных проблем считается проблема регенерации тканей кости, разработка методов оптимизирующего влияния на репаративный остеогенез, которая является важной как в теоретическом, так и в практическом

аспектах (Иванов, П.В., 2013; Лекишвили М. В., 2009; Gloria A., 2012; Stella J. A., 2010).

Отдельного внимания требует метод направленной тканевой регенерации костной ткани (от англ. Guided

Tissue Regeneration). Основные положения направленной тканевой регенерации (НТР), которые были разработаны примерно полвека назад, получили существенное распространение в последние годы. НТР все активнее применяется для эффективной регенерации соединительной и костной тканей, которые были потеряны в следствие образовавшегося дефекта (Иванов С. Ю., 2010, 2012). Цель работы: рассмотреть применение биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани.

Материал и методы

Проанализирована доступная отечественная и зарубежная научно-методическая литература по рассматриваемому вопросу.

Результаты и обсуждение

Значительным преимуществом тканевой регенерации является применение мембранной техники для формирования благоприятных условий необходимых для создания нового зубо-десневого соединения. Изолирующие мембраны применяются при разных видах костной пластики. Предназначение мембраны заключается в предотвращении врастания клеток соединительной ткани в толщу костного материала (Иванов А. С., 2013, 2018; Кулаков А. А., 2015).

Мембраны выделяют в две основные группы: резорбируемые и нерезорбируемые. Для НРТ широко применяют резорбируемые мембраны, которые изготавливают из биodeградируемых материалов. Эти мембраны в свою очередь подразделяют на мембраны, изготовленные из природных или синтетических материалов. Из природных материалов активно используют коллаген, из синтетических полипептидов — алифатические полиэферы, в частности, полигликолид (ПГК) и полилактид (ПЛК) (Becker W., 1996; Zhao L., 2014). Известные мембраны, например, Bio-Gide (Geistlich Pharma, Швейцария), Biomend (Zimmer Dental, США), Cytoplast RTM collagen (Osteogenics Biomedical Inc., США) изготавливают из бычьего, свиного, человеческого и даже рыбьего коллагена, относящегося к I и III типу. Его антигенность удаляют при помощи определенных химических реакций (Lee J. Y., 2010; Santosh K. B., 2013).

Главным преимуществом резорбируемых мембран перед нерезорбируемыми является то, что они могут биodeградировать в организме. Поэтому вторая операция по их удалению из организма не нужна. Кроме того, коллагеновые мембраны могут активизировать регенерацию мягких тканей, что обусловлено следующими свойствами коллагена: хемотаксическое воздействие на фибробласты, что существенно увеличивает в операционной ране качество первичной герметизации;

ускорение свертывания крови; активизация процессов пролиферации, миграции, а также адгезивной фиксации клеток (Долгалев А. А., 2017).

Необходимо отметить, что у биodeградируемых мембран имеются и недостатки. К ним относится непредсказуемая степень резорбции, что значительно изменяет объем формирования ткани костей. Быстрая резорбция и, соответственно, недостаточная жесткость обуславливают необходимость дополнительной фиксации мембраны (Imbronito A. V., 2002; Tseng Y. Y., 2013). Некоторые фиксаторы в ряде случаев могут проявлять цитотоксические свойства, в частности, глутаровый альдегид (Ottawa N., 2015). Кроме того, для предотвращения смещения коллагеновых мембран в послеоперационном периоде возможна их фиксация при помощи швов или пинов.

Первым полимером из которого изготовили мембрану стал викрил. Но его применение в качестве мембраны оказалось менее эффективным и более травматичным по сравнению с политетрафторэтиленом (Дмитриева Л. А., 2007). Затем начали изготавливать мембраны из ПЛК и ПГК. Причем первые гидролизировались в организме человека медленнее, чем вторые. Так как синтетический материал недостаточно хорошо рассасывается, то его следует удалить после регенерации ткани кости. Часто полимер обрастает фиброзной капсулой (Jones A. A., 2006). Сам полимер без дополнительного введения биологически активных молекул не обладает остеоиндуктивными свойствами в сравнении с мембраной из коллагена, что очень влияет на формирование регенерата (Herr Y., 2006).

К основным видам синтетических мембран относятся: Guidor (Sunstar Americas Inc. США), Resolut (W. L. Gore & Associates Inc., США), Atrisorb (Atrix Laboratories Inc., США), Epi-Guide (Kensey Nash Corp., США) и Biomech (Samyang Corp., Корея) (Chattopadhyay S., 2014). В последнее время стали изготавливать резорбируемые полимерные мембраны с удлиненным периодом нахождения в тканях, в частности, Osseoquest (производство Gore и Nobel Biocare). Эта мембрана имеет три слоя: пористый наружный и внутренний, которые состоят из полигликолидовых кислот и карбоната триметилена в пропорции 1:1. Ограничивающей пленкой является средний слой. Мембрана сохраняется в организме до 6 месяцев и обладает достаточной тканевой интеграцией. Рассасывается материал на протяжении 12–14 месяцев (Oh T. Ju., 2003).

В асимметричной пористой мембране, изготовленной из поликапролактона (PCL), имеются поры наноразмера (~10 нм) на верхней поверхности. Они успешно предотвращают врастание соединительной ткани, но одновременно пропускают питательные вещества. На нижней поверхности мембраны сделаны микропо-

ры (~200 мкм), что направлено на увеличение адгезии с костной тканью (Kim T. H., 2012).

С позиций биологии самой хорошей структурой обладает коллаген. Поэтому мембраны из него снижают опасность появления воспалительных реакций, реже наблюдается расхождение мягких тканей, они лучше устанавливаются и более плотно контактируют с дефектом (Quinones C. R., 2000). Однако длительность времени, в течение которого они могут выполнять барьерную функцию, может существенно изменяться и управлять регенерационным процессом становится сложно (Sela M. N., 2003).

Образование искусственных поперечных тяжей способствует удлинению периода действия барьерной функции, но снижает биосовместимость мембран, уменьшает качество интеграции, увеличивает риск отторжения тканей. Во многих случаях удлинение периода действия барьерной функции не коррелирует напрямую с положительным клиническим эффектом (Binder W. J., 2007).

Следует отметить, что данные об эффективности использования мембран из коллагена достаточно противоречивы. Одни авторы не обнаружили значимых различий при регенерации тканей пародонта с применением мембран из коллагена быка (Avitene, Colla-Tec) в сравнение с обычной лоскутной операцией, проведенной без использования остеопластических материалов. По сведениям других исследователей, при применении коллагеновых мембран (Periogen) регенерация прошла лучше, чем при использовании мембран из политетрафторэтилена. Исходя из этого, невозможно сказать, что резорбируемые или нерезорбируемые мембраны достоверно превосходят друг друга в эффективности (Lew D. A., 2005). Тем не менее, некоторое уменьшение эффективности при использовании нерезорбируемых мембран объясняют повторной травмой тканей, возникшей вследствие повторного вмешательства в ткани для удаления мембран (Григорьян А. С., 2002).

Большинство мембран, которые используются при НТР имеют высокую стоимость. Это приводит к значительному снижению количества больных, которым необходима соответствующая помощь (Иванов П. В., 2013). Поэтому поиск новых материалов для резорбируемых мембран продолжается. Отечественные материалы для резорбируемых мембран обладают хорошей клинической эффективностью. Кроме того, они имеют более низкую себестоимость, чем импортные аналоги и поэтому более доступны для пациентов (Булкина Н. В., 2015).

Остановимся на некоторых мембранах, которых появились в последнее время. Описание начнем с отечественной разработки — коллагеновой мембраны КОЛ-

ЛОСТ®. В мембране коллагеновое волокно сохраняет свою структуру, что позволяет ей способствовать достаточно активному образованию на месте повреждения новой здоровой ткани. Сама мембрана при этом выполняет роль своеобразной матрицы: волокна из здоровой ткани, окружающей матрицу, внедряются в ее структуру и распространяются строго по ней. Мембрана при этом подвергается процессу биодеградации. Использование коллагенового материала КОЛЛОСТ®, помимо основной функции, также предотвращает появление на месте повреждения слизистой оболочки рубцов (Максимова Н. В., 2018). Положительный эффект применения мембраны на альвеолярной части нижней челюсти, вероятно, связан с тем, что, являясь нативным белком, он способен легко образовывать комплексы с различными лекарственными средствами, в том числе с антибактериальными (Походенько-Чудакова И. О., 2018).

В основу мембраны «Остеопласт» положен ксеногенный костный деминерализованный коллаген I типа. Она имеет вид тонкой эластичной пористой пластинки, которая предупреждает миграцию десневого эпителия в область дефекта мягких тканей, что необходимо для направленной регенерации тканей кости. Мембрана рассасывается в течение 4–6 месяцев (Иванов С. Ю., 2009).

Другой отечественный ксеногенный материал Xenograft Collagen на основе губчатой и костной ткани с коллагеном компании «Кардиоплант» (г. Пенза) и двуслойной коллагеновой барьерной мембраны bioPlate Barrier показали положительные результаты при имплантации в сложных клинических ситуациях для восполнения костных дефектов и создания оптимального объема костной ткани (Долгалев А. А., 2017).

Хорошие клинические результаты получены при сочетании использования ксеноперикардальной пластины «Кардиоплант» с остеопластическим материалом «Бол-хитал» (Булкина Н. В., 2015).

Успешно прошли испытания ксенобиотрансплантаты, поэтому могут выступать в роли аналогов импортным материалам. Кроме того, они могут служить трансплантатами в костную ткань, так как они обладают биосовместимостью, пористой структурой, прочностью, а также способны индуцировать размножение собственных костных клеток. К таким материалам относится коллагеновая изолирующая мембрана «Bio-Gide» которую создают из ксеноперикарда. Эта мембрана обладает эластичностью, хорошо заполняет полость дефекта, хорошо резорбируется, не вызывает отрицательных последствий (Калмин О. В., 2013; Лекишвили М. В., 2009).

Сочетанное применение «Bio-Gide» с разными остеопластическими биологическими веществами позволяет

достичь большей эффективности в лечении костных дефектов. В частности, можно использовать остеопластический биоматериал «Bio-Oss». Разработчики указывают, что он обладает остеоиндуктивными свойствами. После включения в организм в его пористую структуру достаточно быстро прорастают кровеносные сосуды, а также новообразованные клетки кости. Использование «Bio-Oss» способствует успешному восполнению объема дефекта костной ткани. Это приводит к стабильности очага поражения и защищает его от резорбции (Грудянов А. И., 1998).

Для остеорегенерации можно использовать хитозан, который является производным хитина. Его применение совместно с ксеноперикардальной пластинкой позволяет последней приобрести ряд новых положительных свойств: увеличивается регенераторная способность, наблюдается иммуностимуляция, гемостатическая, антисептическая и антиоксидантная активность, проявляются сорбционные свойства. Все это способствует снижению количества интра- и послеоперационных осложнений, уменьшению реабилитационного периода у больных. Новообразование костной ткани происходит быстрее и минует хрящевую стадию в своем развитии. Кроме того, пластинка обладает высокой скоростью биорезорбируемости (Калмин О. В., 2014; Петрович Ю. А., 2008; Strobin G., 2006).

В последнее время НТР с применением мембран стала развиваться в направлении синтеза материалов нового класса, которые объединяли бы в себе преимущества нерезорбируемых и резорбируемых мембран: механическую прочность и биоинертность с определенным сроком резорбции (3–6 месяцев). Считается, что для таких мембран перспективными материалами могут быть биосовместимые полимеры, в частности, полигликолид, полилактид, а также пилюксидибутират и их всевозможные комбинации. Кроме того, эти материалы можно использовать в 3D-печати для создания мембран индивидуальной формы с учетом данных компьютерной томографии конкретного пациента (Мецуку И., 2017). Предполагается, что в состав мембран будут дополнительно вводить факторы роста и морфогены. Они будут способствовать инициации регенеративных процессов в костной ткани, а также восстановлению органотипического строения ткани кости и микроциркуляции (Иванов С. Ю., 2012).

Заключение

В современных условиях использование биорезорбируемых мембран для направленной регенерации костной ткани при дефектах нижней челюсти является одним из распространенных и эффективных методов в стоматологической хирургии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булкина, Н. В. Опыт сочетанного применения препарата «Бол-хитал» и мембраны «Кардиоплант» в амбулаторной стоматологической практике / Н. В. Булкина, П. В. Иванов, Л. А. Зюлькина, А. П. Ведяева // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1–1. — С. 1349.
2. Григорьян, А. С. Использование нерезорбируемых мембран для направленной регенерации тканей. Экспериментальное исследование / А. С. Григорьян, А. И. Грудянов, П. В. Чупахин // Материалы конференции, посвященной памяти проф. В. В. Паникаровского. — М., 2002. — С. 16–18.
3. Грудянов, А. И. Остеопластические материалы, используемые при хирургическом лечении заболеваний пародонта / А. И. Грудянов, А. И. Ерохин // Пародонтология. — 1998. — № 1. — С. 13–23.
4. Дмитриева, Л. А. Пародонтит / Л. А. Дмитриева и др. — М.: Медпресс-синформ, 2007. — 504 с.
5. Долгалев, А. А. Опыт применения отечественных ксеноматериалов для направленной костной регенерации в дентальной имплантации / А. А. Долгалев, В. А. Зеленский, М. А. Амхадова, Е. М. Бойко, Д. А. Брусницын // Медицинский алфавит. — 2017. — Т. 2. — № 11 (308). — С. 13–17.
6. Иванов, А. С. Остеопластика в хирургической стоматологии / А. С. Иванов, А. В. Кабаньков, С. С. Мнацканов, В. П. Румакин. — Санкт-Петербург: СпецЛит, 2018. — 79 с.
7. Иванов, П. В. Новые регенеративные методы лечения генерализованного пародонтита: моногр / П. В. Иванов, Н. В. Булкина, А. П. Ведяева. — Пенза, 2013. — С. 230.
8. Иванов, С. Ю. Использование мембранной техники для направленной регенерации костной ткани при хирургических стоматологических вмешательствах / С. Ю. Иванов, Ю. В. Гажва, А. А. Мураев, А. П. Бонарцев // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 3. — С. 74.
9. Иванов, С. Ю. Опыт применения биоматериалов и биорезорбируемой мембраны «Остеопласт» в практике челюстно-лицевой хирургии и дентальной имплантологии / С. Ю. Иванов, Н. Ф. Ямуркова // Обзорные стоматология. — 2009. — № 2 (67). — С. 28–29.
10. Иванов, С. Ю. Экспериментальное исследование особенностей репарации костных дефектов, заполненных биоматериалом из недеминерализованного коллагена «Остеопласт-К» с использованием и без использования мембраны из деминерализованного коллагена / С. Ю. Иванов и др. // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2010. — № 2 (22). — С. 66–71.
11. Калмин, О. В. Изучение *in vivo* свойств ксеноперикарда, прошедшего различную обработку химико-ферментативным методом / О. В. Калмин, Л. В. Живаева, А. А. Венедиктов, Д. В. Никишин, В. К. Фуки, М. Т. Генгин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2013. — № 2. — С. 15–26.
12. Калмин, О. В. Оценка эффективности применения резорбируемой мембраны «Bio-gide» в комбинации с хитозаном для лечения дефектов костной ткани / О. В. Калмин, Д. В. Никишин, Ю. М. Володина // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2014. — Т. 10. — № 2. — С. 239–245.

13. Кулаков, А. А. Сравнение результатов клинического применения метода направленной костной регенерации с использованием биорезорбируемых мембран и пинов на основе полимолочной кислоты и метода аутокостной пластики по типу «винирной техники» для последующей дентальной имплантации / А. А. Кулаков, Т. В. Брайловская, Р. М. Бедретдинов // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2015. — 1 (31). — С. 56–65.
14. Лекишвили, М. В. Биологические имплантаты в реконструктивной хирургии / М. В. Лекишвили, М. Г. Васильев, В. В. Зайцев // Труды Астраханской государственной медицинской академии. — 2009. — Т. 38. — С. 61–62.
15. Максимова, Н. В. Опыт применения коллагеновой мембраны коллост® при вестибулопластических операциях при полном отсутствии зубов на нижней челюсти / Н. В. Максимова // Уральский медицинский журнал. — 2018. — № 6 (161). — С. 27–29.
16. Мецуку, И. Сравнительная характеристика различного типа барьерных мембран, используемых для направленной костной регенерации в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / И. Мецуку, А. А. Мураев, Ю. В. Гажва, С. Г. Ивашкевич // Российский стоматологический журнал. — 2017. — Т. 21. — № 5. — С. 291–296.
17. Петрович, Ю. А. Хитозан: структура и свойства. Использование в медицине / Ю. А. Петрович // Стоматология. — 2008. — Т. 87. — № 4. — С. 72–77.
18. Походенько-Чудакова, И. О. Клиническая эффективность применения различных остеопластических биорезорбируемых мембран при амбулаторных хирургических вмешательствах на альвеолярной части нижней челюсти // И. О. Походенько-Чудакова, Е. В. Максимович // В сборнике: Хирургия Беларуси на современном этапе материалы XVI съезда хирургов Республики Беларусь и Республиканской научно-практической конференции: в 2 ч. Гродно, 2018. — С. 574–576.
19. Becker, W. A prospective multicenter study evaluating periodontal regeneration for class II furcation invasions and infra bony defects after treatment with a bioabsorbable barrier membrane: 1-year results / W. Becker, B. Becker, J. Mellonig // J. Periodontol. — 1996. — № 67. — P. 641–649.
20. Binder, W. J. // Пластическая и реконструктивная хирургия лица; пер. с англ. / W. J. Binder, B. Moelleken, G. W. Tobias, под. ред. I. D. Papel. — М.: Бином, 2007. — С. 306–328.
21. Chattopadhyay, S. Review collagen-based biomaterials for wound healing / S. Chattopadhyay, R. T. Raines // Biopolymers. — 2014. — № 101. — P. 821–833.
22. Gloria, A. Three-dimensional poly (ϵ -caprolactone) bioactive scaffolds with controlled structural and surface properties / A. Gloria, F. Causa, T. Russo, E. Battista, R. Della Moglie, S. Zepetelli, R. De Santis, P. A. Netti, L. Ambrosio // Biomacromolecules. — 2012. — № 13 (11). — P. 3510–3521.
23. Herr, Y. Periodontology-based implantology / Y. Herr. — Seoul: Myungmoon Publishing, 2006.
24. Imbrono, A. V. Healing of alveolar bone in resorbable and non-resorbable membraneprotected defects. A histologic pilot study in dogs / A. V. Imbrono, J. H. Todescan, C. V. Carvalho, V. E. Arana-Chavez // Biomaterials. — 2002. — № 23. — P. 4079–4086.
25. Jones, A. A. The effect of rhBMP-2 around endosseous implants with and without membranes in the canine model / A. A. Jones, D. Buser, R. Schenk, J. Wozney, D. L. Cochran // J. Periodontol. — 2006. — № 77. — P. 1184–1193.
26. Kim, T. H. Effect of biological/physical stimulation on guided bone regeneration through asymmetrically porous membrane / T. H. Kim, S. H. Oh, S. Y. Na, S. Y. Chun, J. H. Lee // Biomed. Mater. — 2012. — Res. Part A.
27. Lee, J. Y. Guided bone regeneration using two types of non-resorbable barrier membranes / J. Y. Lee, Y. K. Kim, P. Y. Yun, J. S. Oh, S. G. Kim // J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg. — 2010. — № 36. — P. 275–279.
28. Lew, D. A. Method for augmenting the severely atrophic maxilla using hydroxylapatite / D. A. Lew // J. Oral Maxillofac. Surg. — 2005. — № 1. — P. 57–60.
29. Oh, T. Ju. Comparative analysis of collagen membranes for the treatment of implant dehiscence defects / T. Ju. Oh, S. J. Meraw, E. Ju. Lee, W. V. Giannobile, H. L. Wang // Clinical Oral Implants Research. — 2003. — Т. 14. — № 1. — P. 80–90.
30. Otawa, N. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Modeling accuracy of titanium products constructed with selective laser melting / N. Otawa, T. Sumida, H. Kitagaki, K. Sasaki, Sh. Fujibayashi, M. Takemoto et al. // J. Cranio-Maxillofacial Surgery. — 2015. — № 7. — P. 1289–1295.
31. Quinones, C. R. Current status of guided periodontal tissue regeneration / C. R. Quinones, R. G. Cafesse // Periodontology. — 2000. — P. 55–68.
32. Santosh Kumar, B. B. Evaluation of a bioresorbable collagen membrane of fish origin in the treatment of periodontal intrabony defects: A prospective clinical study / B. B. Santosh Kumar, D. R. Aruna, S. V. Gowda, R. S. Galagali // Dent. Res. J. — 2013. — № 10. — P. 225–231.
33. Sela, M. N. Enzymatic degradation of collagen-guided tissue regeneration membranes by periodontal bacteria / M. N. Sela, D. Kohavi, E. Krausz, D. Steinberg, G. Rosen // Clinical Oral Research. — 2003. — № 14 (3). — P. 263–268.
34. Stella, J. A. On the biomechanical function of scaffolds for engineering loadbearing soft tissues / J. A. Stella, A. D'Amore, W. R. Wagner, M. S. Sacks // Acta Biomater. — 2010. — № 6 (7). — P. 2365–2381. — Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2010.01.001>.
35. Strobin, G. Biomaterials containing chitosan and fibroin. Polish chitin Society: Monograph / G. Strobin, M. Kuharska, D. Ciechanska et al. — Lodz, 2006. — № 11. — P. 61–68.
36. Tseng, Y. Y. Sustainable release of carmustine from biodegradable poly([(D, L)-lactide-coglycolide] nan fibrous membranes in the cerebrcavity: in vitro and in vivo studies / Y. Y. Tseng, J. Y. Liao, W. A. Chen, Y. C. Kao, S. J. Liu // Exp. Opin Drug. Deliv. — 2013. — № 10. — P. 879–888.
37. Zhao, L. A review of polypeptide-based polymer sponges / L. Zhao, N. Li, K. Wang, C. Shi, L. Zhang, Y. Luan // Biomaterials. — 2014. — № 35. — P. 1284–1301.

РОЛЬ КОЛЬПОСКОПИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАТОЛОГИЙ И ЗАБОЛЕВАНИЙ В ПОСЛЕРОДОВОМ ПЕРИОДЕ

Шустова Олеся Вячеславовна

Д.м.н., Первый Московский государственный
 медицинский университет имени И. М. Сеченова
 olesya.olo@icloud.com

THE ROLE OF COLPOSCOPY IN DETERMINING PATHOLOGIES AND DISEASES IN THE POSTPARTUM PERIOD

O. Shustova

Summary. The article shows that an important role in the diagnosis of pathologies and diseases in the postpartum period is given to colposcopy. In the postpartum period, the most common pathologies and diseases are: vulvitis, vestibulitis, vaginitis, endometritis, metritis, perimetritis, parametritis. Serous, catarrhal and purulent-catarrhal diseases are observed. Of the non-inflammatory postpartum diseases, there are diseases such as uterine subinvolution, postpartum sapremia, postpartum paresis. Cervical ruptures are dangerous not only because they cause bleeding, but also are a source of ascending infection in the postpartum period, creating conditions for the development of cancer. With the help of colposcopy, you can identify the corresponding colposcopic picture, which will differentiate these pathological processes, diseases. It was shown that the use of colposcopy contributes to the maximum individualization and organ preservation of the diagnosis and treatment of gynecological pathology in the postpartum period.

Keywords: inflammatory process, postpartum period, diagnosis, colposcopy, colposcopic picture.

Аннотация. В статье показано, что важная роль в диагностике патологий и заболеваний в послеродовом периоде отводится кольпоскопии. В послеродовом периоде чаще всего возникают такие патологии и заболевания, как: вульвит, вестибулит, вагинит, эндометрит, метрит, периметрит, параметрит. Наблюдаются серозные, катаральные и гнойно-катаральные заболевания. Из послеродовых заболеваний невоспалительного характера встречаются такие заболевания, как субинволюция матки, послеродовая септемия, послеродовый парез. Разрывы шейки матки опасны не только тем, что вызывают кровотечение, но и являются источником восходящей инфекции в послеродовом периоде, создают условия для развития рака. При помощи кольпоскопии можно выявить соответствующую кольпоскопическую картину, которая позволит дифференцировать указанные патологические процессы, заболевания. Показано, что применение кольпоскопии способствует максимальной индивидуализации и органосохранности диагностики и лечения гинекологической патологии в послеродовый период.

Ключевые слова: воспалительный процесс, послеродовой период, диагностика, кольпоскопия, кольпоскопическая картина.

Введение

В настоящее время проблема родового травматизма, послеродовых осложнений и заболеваний все еще не теряет своей актуальности и по-прежнему остается ведущей проблемой акушерства и гинекологии. Наибольшее травматическое воздействие претерпевают мягкие ткани, в частности, шейка матки. Как показывает ряд исследований, в родах довольно часто наблюдается разрыв шейки матки, частота которого колеблется в пределах от 5 до 30% [5, 7, 10]. При этом во время разрыва образуются раны, при которых возникают благоприятные условия для развития инфекции. В результате возникает местный воспалительно-инфекционный процесс (цервицит). Опасность состоит в том, что цервицит может повлечь за собой переход воспалительного процесса на внутренние органы [5, 7]. Несмотря на то, что возможно заживление раны, в дальнейшем, разрыв может повлечь за собой ряд анатомических и функциональных изменений, что и становится причиной развития патологий и заболеваний в послеродовый период. Эффектив-

ному лечению способствует своевременная диагностика. Одним из основных методов диагностики является кольпоскопия [2].

Цель исследования

Оценить возможности применения кольпоскопии для диагностики патологий и заболеваний в послеродовом периоде.

Материалы и методы

Исходя из поставленной цели, нами был проведен обзор литературы и теоретический анализ проблемы применения кольпоскопии для определения патологий и заболеваний в послеродовом периоде. Для достижения поставленной цели использовались теоретические методы, такие как анализ литературных данных (научных статей, публикаций, Интернет-источников). Использовались методы обобщения, систематизации, классификации и анализа полученных данных. Также

проводился обзор оригинальных исследований по выбранной теме.

Результаты и обсуждения

Известно, что при отсутствии лечения, происходит заживление разрывов шейки матки, однако, на месте разрыва образуется рубец. В дальнейшем происходит деформация шейки матки. Формирования цервикального канала не происходит, наблюдается расхождение и обнажение передней и задней губы, образуется эктропион. Характерной чертой является нарушение барьерной функции шейки матки: не происходит удержания слизистой пробки в канале, шейка матки остается открытой. Соответственно, возникают оптимальные условия для проникновения инфекции в полость матки, происходит прогрессирование воспалительного и инфекционного процесса. Постепенно возникают фолликулярно-папиллярные эрозии, которые быстро прогрессируют и длительное время не заживают [5]. Стоит отметить, что далеко не каждая травма имеет выраженное клиническое значение, тем не менее, в любом случае, возникают осложнения и неблагоприятные последствия, имеющие место, как в ближайшем, так и в отдаленном будущем [2].

Анализ оригинальных исследований показывает, что травмы шейки матки могут возникать по различным причинам. Чаще всего причиной травмирования шейки матки являются преждевременно начавшиеся потуги (31,7% случаев). Важная роль отводится анамнезу: в 28% случаев травмы возникают при наличии неудачных абортов в анамнезе, в 25,7% случаев — при наличии внутриматочной инфекции. При этом в 8,5% случаев отмечается сочетание 2-х причин, в 6,1% случаев имеет место сочетание 3-х причин [2].

Нами были проанализированы результаты оригинальных исследований, касающиеся особенностей течения родов у пациенток с разрывами шейки матки. По некоторым данным, у пациенток с послеродовыми осложнениями средняя продолжительность родов составляет 6 часов 50 минут. В среднем данные варьируют в пределах от 3 часов 20 минут до 12 часов 45 минут. В 18,3% случаев наблюдаются быстрые и стремительные роды (абсолютный показатель — 15 женщин). В то же время есть данные о том, что у женщин с нормальным протеканием послеродового периода частота быстрых и стремительных родов в 2,3 раза ниже (8% случаев, 2 женщины). Затяжные роды, продолжительность которых превышает 12 часов, наблюдались у 22 (26,8%) женщин с осложнениями в послеродовом периоде, и у 1 (4,0%) женщин с нормальным течением послеродового периода. Примерно в 42,7% (35 женщин) случаев причиной затяжных родов стала слабость родовой деятельности. В 26,9% (22 женщины) наблюдалась первичная родовая

слабость, в 15,8% (13 женщин), наблюдалась вторичная слабость. В 7,3% (6 женщин), наблюдалась дискоординация родовой деятельности. Индукция родовой деятельности проведена 12 (14,6%) женщинам с послеродовыми осложнениями (основная группа) и 1 (4,0%) роженице из группы женщин без послеродовых осложнений (контрольная группа), т.е. в 3,6 раза чаще роженицам основной группы. Показанием к индукции родов явилось утяжеление гестоза и экстрагенитальная патология (анемия). Роды в контрольной группе протекали без осложнений.

Длительность безводного промежутка в среднем составила 4 часа 50 мин±22 мин в основной и 3 часа 55 мин±15 мин в контрольной группе. Разрывы шейки матки I степени, которые были у 53 рожениц, протекали бессимптомно, у 29 женщин с разрывом шейки матки II степени отмечалось кровотечение. Кровотечение было различной интенсивности от незначительного у 19 (23,2%) до обильного — у 10 (12,2%) женщин.

Гистологическое исследование биоптатов выявило клеточные изменения у всех 82 (100%) рожениц с разрывом шейки матки, и у 5 (20,0%) — в контрольной группе. Согласно классификации системы CIN и Bethesda незначительные или доброкачественные клеточные изменения представляли собой воспалительные изменения, т.е. у всех рожениц с разрывом шейки матки отмечались воспалительные изменения, а в 63,4% случаев отмечались участки некроза. В контрольной группе воспалительные изменения были у женщин, которые до настоящей беременности получали лечение по поводу цервицита. Некротических участков в микропрепаратах этой группы отмечены не были [2].

Полученные результаты указывают на то, что при разрывах шейки матки возникают оптимальные условия для развития инфекции. Об этом свидетельствует преобладание воспалительных процессов (эндоцервикоза). Об этом говорится в многочисленных исследованиях, выполненных различными авторами [5, 9]. Таким образом, анализ результатов оригинальных исследований показывает, что в большинстве случаев, разрыв шейки матки диагностируется преимущественно у первородящих. Основными состояниями, приводящими к разрывам шейки матки, является экстрагенитальная патология. Отягощающими факторами является нарушение деятельности дыхательной, мочевыделительной, системы, а также гормональные нарушения [2].

Разрывы шейки матки могут приводить к ряду воспалительных и инфекционных заболеваний в послеродовом периоде, вплоть до развития сепсиса. В послеродовом периоде чаще всего возникают такие патологии и заболевания, как: вульвит, вестibuлит, вагинит, эндо-

метрит, метрит, периметрит, параметрит. Наблюдаются серозные, катаральные и гнойно-катаральные заболевания. Из послеродовых заболеваний невоспалительного характера встречаются такие заболевания, как субинволюция матки, послеродовая сапремия, послеродовый парез.

Разрывы шейки матки представляют собой серьезную патологию. В первую очередь, они выступают в качестве источника инфекции. Это приводит к развитию инфекционно-воспалительных процессов, становится причиной восходящей инфекции, поражающей внутренние органы. При тяжелой степени инфицирования возникает бактериемия, сепсис, вплоть до летального исхода. Кроме того, возможно развитие кровотечения в послеродовом периоде. Кровотечение из шейки матки возникает из артериальных веточек. В дальнейшем возникает рубцовая деформация, при которой возникает выворот шейки матки, развитие эрозий и псевдоэрозий, а также других сопутствующих патологий. При этом возникают оптимальные условия для развития рака, предраковых состояний [2].

Все вышеуказанное говорит об актуальности своевременной диагностики. Ранее выявление патологии в послеродовом периоде позволяет своевременно принять необходимые меры, предотвратить развитие серьезных осложнений и неблагоприятных последствий, сохранить репродуктивное здоровье. Особенно важно это для женщин, у которых воспалительные и инфекционные заболевания протекают длительно, остаются не вылеченными, поскольку в этом случае резко возрастает риск малигнизации, развития и прогрессирования инфекции и воспалительного процесса. Диагностирование патологических состояний и заболеваний невозможно без знания этиологии, патогенеза, особенностей кольпоскопической картины и клинического течения. На основании кольпоскопической картины можно получить важную информацию, позволяющую поставить дифференцированный диагноз [9].

Для диагностики патологических процессов шейки матки используют ряд методов: клинико-визуальный, цитологический, кольпоскопический, гистологический. При этом одним из эффективнейших средств определения патологий и заболеваний в послеродовом периоде является кольпоскопия [4].

Определенный интерес представляют исследования, проведенные М.У. Юлдошевой, М.Ф. Додхоевой, М.Ф. Давлятовой [8]. Так, ими были показаны диагностические возможности кольпоскопии в определении патологий и заболеваний в послеродовый период у 80 женщин. Исследуемую группу составили женщины, имеющие в анамнезе кесарево сечение, группу контроля со-

ставили пациентки с естественным родоразрешением. При помощи кольпоскопии в основной группе были выявлены эндоцервициты (32,5%), эндоцервикозы (32,5%), гипертрофия шейки матки (3,7%), полипы цервикального канала (1,25%), эктропион (18,7%). В группе сравнения эти показатели составили: эндоцервициты (20,5%), эндоцервикозы (20,5%), эктропион (17,6%). У женщин с нормальным течением родов полипов и гипертрофии выявлено не было [8].

При помощи кольпоскопии можно выявить соответствующую кольпоскопическую картину, которая позволит дифференцировать различные патологические процессы, заболевания. Так, в послеродовый период часто встречается вульвит. Характерными признаками вульвита является острое гнойное воспаление с тенденцией к флегмоне. Вульва и окружающие ткани становятся отечными, что хорошо визуализируется при помощи кольпоскопа. Вульвит сопровождается болезненностью и повышением местной температуры [1].

Вестибулит представляет собой воспаление преддверия влагалища, вагинит (кольпит) — воспаление влагалища. Вестibuло-вагинит — одновременное воспаление преддверия и собственно влагалища. При этом в ходе проведения кольпоскопии отчетливо видны воспаленные участки, экссудат. На слизистых оболочках могут возникать эрозии, язвы. Резко выражена гиперемия и болезненность. При дифтерическом (некротическом) процессе заметны участки отложения фибрина в толще слизистой оболочки, видны участки некротизированной ткани. По характеру экссудата вестibuлиты и вагиниты подразделяют на серозные, катаральные, гнойно-катаральные, некротические. Для каждого вида воспаления свойственна специфическая кольпоскопическая картина. Также во время проведения кольпоскопии есть возможность взять экссудат для дальнейшего исследования.

При цервицитах визуализируются значительные гнойно-серозные выделения из канала шейки матки, гиперемия, отек, болезненность. На слизистой оболочке нередко возникают очаговые кровоизлияния, эрозии, язвы, фиброзные отложения. При кольпоскопии визуализируется воспалительный процесс, в тканях матки формируется лейкоцитарный вал или барьер, препятствующий распространению воспалительного и инфекционного процесса. Визуализируется воспаление, гиперемия, набухание слизистых оболочек. В полости матки визуализируется скопление гнойного или гнойно-катарального экссудата. Иногда появляются очаги кровоизлияния, мелкие язвочки. При фибринозном эндометриите, цервиците, наблюдается слизистых оболочек, при котором в экссудате появляются сгустки фибрина. Возможны фибринозные отложения.

Послеродовой метрит представляет собой некротический, или дифтеритический процесс, сопровождающийся тяжелым воспалением, при котором в стенке матки происходит отложение фибрина с последующим некрозом и распадом тканей. Стенка матки резко утолщается, становится неравномерно плотной и болезненной. В отдельных участках обильные отложения фибрина вызывают глубокие нарушения кровообращения и тканевого обмена. Ткани подвергаются некрозу, в дальнейшем отторгаются. На месте некротизированных тканей появляются обширные изъязвления, очаги кровоизлияния, эрозии. Оказываются обнаженными лимфатические и кровеносные сосуды. Возможно утончение стенки матки, вплоть до полного разрыва. При гангренозном метрите наблюдается гнилостный распад некротизированных тканей. Появляется гнилостный экссудат. Стенка матки набухает, становится рыхлой, болезненной. Слизистые оболочки набухают.

При послеродовом периметрите наблюдается фибринозное воспаление серозной оболочки матки, а также других ее слоев. На поверхности серозной оболочки заметны нити фибрина, в результате чего возникают спайки матки со смежными органами. При гнойном периметрите возможно образование одиночных крупных или множественных мелких абсцессов. Возможно уплотнение стенки матки, шероховатость поверхности матки. Иногда в стенке образуются абсцессы.

При параметрите отмечается воспалительный процесс в области маточных связок и паравагинальной клетчатки. Патологический процесс развивается по типу флегмоны с вовлечением в воспалительный процесс смежных участков. Возможно формирование отдельных абсцессов.

При субинволюции матки наблюдается замедленное обратное развитие матки после родов. Наблюдается гипотония и атония мышечных волокон, в полости скапливается экссудат. Возможен отек слизистых оболочек влагалища, шейки матки. Шейка матки при этом остается открытой. Полость матки заполнена флюктуирующей жидкостью.

Послеродовая сакреция представляет собой воспалительный процесс, сопровождающийся развитием гнойного экссудата, отеком, атонией. При послеродовом парезе отмечается паралич мышечного слоя матки [1].

Заключение

Результаты анализа научных публикаций показывают, что кольпоскопия рассматривается как важный диагностический инструмент, широко применяемый для диагностики патологий и заболеваний у женщин в послеродовой период. Также кольпоскопия может выступать в качестве дополнительного инструмента, который позволяет повысить эффективность стандартных диагностических методик. Особенно эффективен этот метод при постановке дифференцированного диагноза в труднораспознаваемых случаях. Данный метод позволяет дифференцировать различные состояния с учетом индивидуальных особенностей пациента. Наиболее оправдано применение кольпоскопии именно в послеродовой период, так как этот метод информативен, и отличается малой инвазивностью и травматичностью. Кольпоскопия отличается высокой специфичностью и чувствительностью. Метод чувствителен в отношении латентных воспалительных и инфекционных процессов. При помощи кольпоскопии можно визуализировать и верифицировать малые формы эндометриоза.

При помощи кольпоскопии можно диагностировать предраковое состояние, выявить рак на ранних стадиях его развития. При помощи данного метода можно проводить мониторинг терапии, что позволяет сделать лечение более эффективным и контролируемым. Дополнительное преимущество состоит в том, что возможна численная обработка изображений, что позволяет избежать субъективности при обработке изображений специалистом, а также существенно повышает диагностическую ценность и точность. При помощи кольпоскопии можно достичь максимальной индивидуальности, органосохранности в послеродовой период. Соответственно, увеличивается вероятность сохранения репродуктивного потенциала у пациенток детородного возраста [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветеринарное акушерство и гинекология // под ред. Проф. Г. А. Кононова. Л.: Колос, 1977. — 656 с.
2. Гасымзаде И. Т. Клинические и гистологические параметры у женщин с разрывом шейки матки в родах // Мир медицины и биологии. — № 3. — 2013. — С. 64–67.
3. Кузнецова И. А. Оптимизация диагностики неоплазии шейки матки с использованием оптической когерентной томографии // СТМ. — № 1. — 2011. — С. 72–78.
4. Кулавский В. А., Насорова С. Ф., Ткачева В. Н. Значение морфологических методов исследования в диагностике патологии шейки матки // медицинский вестник Башкортостана. — Т. 9. — № 5. — 2014. — С. 76–79.
5. Кулаков В. И. Акушерский травматизм мягких тканей родовых путей. / В. И. Кулаков, Е. А. Бутова. Москва: Медицинское информационное агентство. — 2003. — 128 с.

6. Пантелеева О.Г., Кузнецова И. А., Качалина О. В. Оптическая когерентная томография как инструмент репродуктивной гинекологии // СТМ. — Т. 7. — № 1. — 2014. — С. 89–96.
7. Чернуха В. Г. Нормальный и патологический послеродовый период / Чернуха В. Г. — Москва. — «ГЭОТАР-МЕДИА». — 2006. — 272 с.
8. Юлдошева М.У., Додхоева М. Ф., Давлятова М. Ф. Заболевания шейки матки у женщин, перенесших кесарево сечение // Научно-медицинский журнал «Вестник Авиценны». — № 3. — 2015. — С. 51–56
9. Ячменев Н. П. Состояние шейки матки после ее разрыва в родах: Автореф. дис. . . канд. мед. наук. Москва. — 2008. — 24 с.
10. Young B. Rupture of the posterior cul-desac during spontaneous labor. / B. Young, T. Takoudes, K. H. Lim, S. Rana // Obstetrics and Gynecology. — 2010. — Vol. 115, part 2, № 2. — P. 414–417.

© Шустова Олеся Вячеславовна (olesya.olo@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abashev M. — Doctor-dentist General practice, The first St. Petersburg state medical University named after academician I. P. Pavlov
trerg.maxim@yandex.ru

Adamyan V. — Candidate of technical Sciences, associate Professor, Don state technical University
Vla1345@yandex.ru

Afonin A. — PhD in Agricultural Sciences, Professor, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University
afonin.salix@gmail.com

Akhmetov V. — Doctor of technical sciences, professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering
vadim.akhmetov@gmail.com

Akimova S. — Post-graduate student of the Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky
svetlana.akimova1987@yandex.ru

Alkhaled K. — Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"
khaledalkhaled89@mail.ru

Anaschenkova T. — PhD, associate Professor, Smolensk state medical University

Andreeva E. — Doctor of geographical Sciences, associate Professor, Don state technical University

Annenkova E. — Postgraduate, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
mdannenkova@mail.ru

Anzorov V. — Doctor of biology, Professor, Chechen State University, Grozny
vaha-anzorov@mail.ru

Ashmarina S. — Doctor of Economics, Professor, Rector, Samara State University of Economics
asisamara@mail.ru

Astafyev A. — Assistant, Lipetsk state technical University
a.n.astafyev@gmail.com

Bagatayeva P. — Dagestan State Medical University
Bagataeva81@mail.ru

Baranova N. — Doctor of biology, Professor, PIFTPh - Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia (Penza)
cnil@piuv.ru

Barkhatova N. — Doctor of Medical Sciences, docent, The State Budget Educational Institution of Higher Education "South Ural State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk

Barkhatov I. — Candidate of Medical Sciences, State budgetary health care institution "Regional Clinical Hospital No. 3", Chelyabinsk
knib2009@rambler.ru

Boryaev A. — St. Petersburg Polytechnic University. Peter the Great, St. Petersburg
Sasa1953@yandex.ru

Budina A. — PhD, research Intern, Wistar Institute, Philadelphia, USA

Davydova M. — Dentist therapist, podiatrist, Member of the Dental Association of Russia, member of the Association of Digital Dentistry, member of the International Dental Association, Moscow
smile3-15@mail.ru

Davydov D. — Dentist orthopedist, gatalog, Moscow
stomatolog2812@mail.ru

Dreval O. — Doctor of Medicine, Professor, Russian Medical Academy Of Continuing Professional Education
ODreval@nsi.ru

Dudenkova N. — Candidate of Biological Sciences, Senior lecturer, Mordovian State Pedagogical Institute named after M. E. Evseyev» (Saransk)
dudenkova_nataly@mail.ru

Egorova M. — Teacher, Mordovian State Pedagogical Institute named after M. E. Evseyev» (Saransk)
egorowa.marina@mail.ru

Finagin D. — Employee, Rosguard
fin.dmitriy1612@mail.ru

Garin A. — Employee, Rosguard

Gevorkyan M. — Doctor of medical sciences, professor, Moscow Medical-Stomatological University. A.I.
Evdokimova

Golanov A. — Doctor of Medicine, Professor, NN Burdenko Neurosurgical Institute
golanov@nsi.ru

Golodkov Y. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, The Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk)
yrg27@mail.ru

Groznykh A. — Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
groznykhanton@yandex.ru

Ivlev D. — Employee, Rosguard
danila.ivlev@gmail.com

Izmailov A. — PhD in Economics, Associate Professor, Samara State University of Economics
airick73@bk.ru

Kandrashina E. — Doctor of Economics, Professor, Professor, Samara State University of Economics
kandrashina@sseu.ru

Karsanov A. — Candidate of Medical Sciences, docent, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
karsan@inbox.ru

Khamadyanova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal Budgetary Educational institution of higher education "Bashkiria state medical university" of the ministry of health of the Russian Federation
Khamadyanova76@mail.ru

Kirdyashkina O. — Senior laboratory assistant, National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev (Saransk)
sigma.ov@yandex.ru

Kolomeets A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian Transport University (STU)
andreykolomeec@yandex.ru

Komusova O. — Candidate of Biological Sciences, Mordovian State Pedagogical Institute named after M. E. Evseyev» (Saransk)
timoshkina03@mail.ru

Korchagina T. — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Omsk State Pedagogical University
Liberova@yandex.ru

Korzhuk V. — Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
vika@cit.ifmo.ru

Kouame Gnabro Yannick — PHD student of Peoples' Friendship University of Russia

Kultchiev A. — Doctor of Medical Sciences, professor, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
kulchiev.ahsarbek@yandex.ru

Larionova E. — Doctor of Chemical Sciences, Professor, The Eastern Siberia Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation (Irkutsk)
lari555@mail.ru

Lebedeva L. — Senior Lecturer, Samara State University of Economics
ludleb@mail.ru

Manukhina E. — Doctor of medical sciences, professor, Moscow Medical-Stomatological University. A.I.
Evdokimova

Manukhin I. — Doctor of medical sciences, professor, Moscow Medical-Stomatological University. A.I.
Evdokimova

Martyshkin A. — Candidate of technical sciences, docent, Penza state technological University
alexey314@yandex.ru

Minkailova S. — Dagestan State Medical University

Morozov A. — Candidate of Medical Sciences, docent, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
docentmorozov@yandex.ru

Moryakina S. — Candidate of Biology, Associate professor, Chechen State University, Grozny
s.moriakina@yandex.ru

Mouale Moutouama N'dah Bienvenue — PHD student of Peoples' Friendship University of Russia
bmouale@mail.ru

Muhanov V. — Military Academy of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation
alexlupandin2@mail.ru

Musina N. — Graduate student, Dubna State University
nurgul_musina@mail.ru

Myasnikov A. — Candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)
grubus@yandex.ru

Nikolaenko E. — Senior Teacher, Regional State Autonomous Establishment of Supplementary Professional Education "Kamchatka Institute of Education Development", Petropavlovsk-Kamchatsky
kamniki4@mail.ru

Novikova S. — Candidate of Medical Sciences, City Polyclinic No. 175 of the Moscow Department of Health, Moscow
actoveqe@yandex.ru

Osipova J. — Doctor of medicine, associate Professor, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky
osipova-sgmu@mail.ru

Ovakimyan M. — Candidate of medical sciences, assistant, Moscow Medical-Stomatological University. A.I. Evdokimova

Perisaeva E. — Assistant, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
perisaeva.elinka@yandex.ru

Potapov F. — Graduate student, Russian Medical Academy Of Continuing Professional Education
neuro.potapow@poczta.fm

Rakhmatullina G. — Federal Budgetary Educational institution of higher education "Bashkiria state medical university" of the ministry of health of the Russian Federation
rakhmaguz@mail.ru

Safaryan I. — Postgraduate student, Moscow Medical-Stomatological University. A.I. Evdokimova
safairma@yandex.ru

Salamov A. — Candidate of Medical Sciences, General manager, Non-state operated "Passenger Terminal Hospital at the Vladikavkaz Station of the JST "Russian Railways", (Vladikavkaz)
rzdbolnica@live.ru

Sambienou Kouwimmitou Caleb — Oryol State University named after I.S. Turgenev

Sarukhanyan A. — Post-graduate student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
ara2447@gmail.com

Sergeeva G. — Candidate of geographical Sciences, associate Professor, Don state technical University

Shamaeva E. — Candidate of technical sciences, associate professor, Dubna State University
shamef-kate@yandex.ru

Shirokova Y. — Candidate of medical Sciences, Associate Professor, RUDN, dentist orthopedist, Moscow
shirokova626@mail.ru

Shubina O. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Mordovian State Pedagogical Institute named after M. E. Evseyev (Saransk)
o.shubina@mail.ru

Shustova O. — Doctor of Medical Sciences, First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenova
olesya.olo@icloud.com

Smirnova N. — Postgraduate, Sevastopol State University
natalinichka@gmail.com

Soloviev A. — Doctor of medical Sciences, Professor, Smolensk state medical University
Aleksolo46@yandex.ru

Sun Xilong — Graduate student, Kuban State University
sasha.7s@yandex.ru

Taran V. — Candidate of cultural studies (ICT), candidate of scientific degree of doctor of technical Sciences, All-Russian institute of scientific and technical information RAS
allscience@lenta.ru

Tigiev S. — Candidate of Medical Sciences, assistant, North Ossetian State Medical Academy (Vladikavkaz)
sogma.rso@gmail.com

Troeglazova A. — PhD, associate professor, Siberian state University of geosystems and technologies (Novosibirsk)
troeglasovaa@mail.ru

Tsentroev Z. — Postgraduate, I.M.Sechenov First Moscow State medical University
dr.tsentroev@bk.ru

Vihareva N. — Candidate of technical sciences, associate professor, Siberian state University of geosystems and technologies (Novosibirsk)
milana-maria@mail.ru

Voevodin V. — Aspt. Technical Sciences, Docent of the National Research University "MIET", Moscow, Zelenograd
vva541@mail.ru

Vorontsov A. — Candidate of technical sciences, associate Professor, Penza state technological University
aleksander.vorontsov@gmail.com

Voropaeva M. — Candidate of medical Sciences, Associate Professor, RUDN, dentist-orthopedist, Moscow
shirokova626@mail.ru

Yegorov M. — Datadvance
egorovmv89@mail.ru

Zakoldaev D. — Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
d.zakoldaev@itmo.ru

Zhu Yuqing — St. Petersburg Polytechnic University. Peter the Great, St. Petersburg

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 оставляет 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).