

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 7 2019 (ИЮЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин
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) 755-1913
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

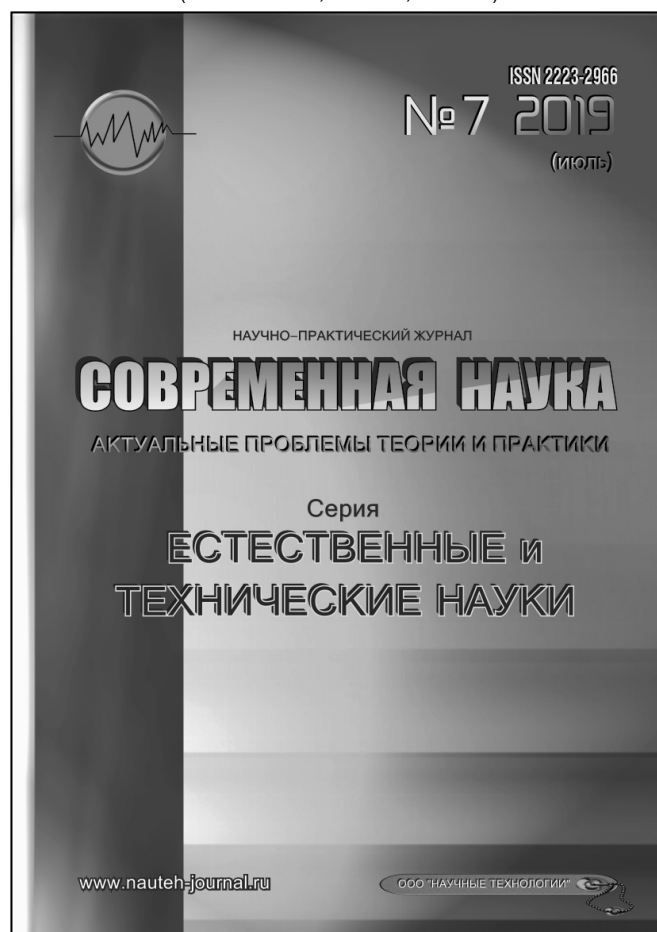
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 25.07.2019 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

Профессор Золтан Мойшевич Сигал
(к 75-летию со дня рождения)7

Общая биология

Бадзюк И. Л., Ларионова Е. Ю., Голодков Ю. Э. —
Пути совершенствования криминалистического
ДНК-анализа на этапе извлечения молекул ДНК
из костных тканей останков человека

Badzyuk I., Larionova E., Golodkov Yu. —
Ways of improving criminalistic DNA analysis
at the stage of extracting DNA molecules
from bone tissues of human remains 10

Винокурова Н. В., Столь Э. Э., Калинина Е. А. —
Хромосомный инверсионный полиморфизм
комара-звонца *Chironomus tentans* (Fabricius),
1805 (Diptera, Chironomidae) из водоемов
г. Калининграда, Россия

Vinokurova N., Stol E., Kalinina E. — Chromosomal
inversion polymorphism of non-biting
midge *Chironomus tentans* (Fabricius), 1805
(Diptera, Chironomidae) from Kaliningrad, Russia 13

Вуколова А. Н. В., Русинкевич А. А., Долгих А. П. —
Использование концепции нуклидного
вектора для нормирования и контроля
выбросов радиоактивных веществ с АЭС

Vukolova A-N., Rusinkevich A., Dolgikh A. —
Using the nuclide vector concept
for normalization and control of emissions
of radioactive substances from NPP..... 19

**Елкин О. И., Иванников С. И., Гребенюк И. В.,
Железнов В. В., Таскин А. В.** — Определение
золота в техногенных отходах энергетических
предприятий ЖКХ приморского края
нейтронно-активационным методом

*Elkin O., Ivannikov S., Grebenyuk I., Zheleznov V.,
Taskin A.* — Gold determination
by neutron-activation method
in anthropogenic waste of energy
utilities companies in Primorsky Region..... 28

Жукова М. В. — К вопросу
о экологическом состоянии почв
территорий образовательных учреждений

Zhukova M. — To the question
about the ecological state of soils
of territories of educational institutions 38

**Леонтьев Д. А., Лауринавичюс К. С.,
Панасюк А. Л.** — Применение солодового
экстракта для нейтрализации перекиси
водорода в медовом растворе

Leontyev D., Laurinavicius K., Panasyuk A. —
Use of malt extract for hydrogen peroxide
neutralization in honey solution 42

**Скоробогатова О. Н., Юмагулова Э. Р.,
Мингалимова А. И., Ашурова З. М.** —
Цианопрокариоты и водоросли парка Югра
(ХМАО-Югра, Нижневартовский район)

*Skorobogatova O., Yumagulova E., Mingalimova A.,
Ashurova Z.* — Cyanoprocariota and algae
at the park "Yugra" (Khanty-Mansiysk autonomous
area-Yugra, Nizhnevartovsk region) 50

Шайхутдинова Г. А., Шафигуллина Н. Р. —
Многолетняя динамика сообществ
с участием пихты сибирской (*Abies sibirica* ledeb.)
на южном пределе распространения

Shaykhutdinova G., Shafigullina N. —
Coniferous communities with Siberian Firs
(*Abies sibirica* ledeb.) long-term dynamics
on the southern extension limit 60

Информатика, вычислительная техника и управление

Алхатем А. — Походы к поиску оптимального
технического решения для выбора системы
кондиционирования офисных зданий

Alhatim A. — Trips to the selection of the optimal
technical solution for the selection of air
conditioning systems of office buildings 66

- Ганин П. Е.** — Применение нечёткой нейросети для решения кинематических задач многозвенных манипуляторов в системах управления реального времени
Ganin P. — Application of fuzzy neural network for solution of kinematic problems of multilink manipulators in real-time control systems 70
- Дарашкевич Я. О., Аслиян С. К., Соколов А. С.** — Оценка влияния функции рассеяния точки регистрирующего прибора на результаты сканирования аналитических пятен в лунках микропланшета по технологии ФОСФАН
Darashkevich Y., Asliyan S., Sokolov A. — Evaluation of the influence of point spread function of the recording instrument on the results of analytical spots scanning in the microplate wells using the FOSPHAN technology. 76
- Исаев И. А.** — Экспериментальные исследования воздействия грузового автомобильного транспорта на дорожную конструкцию в реальных условиях
Isaev I. — Experimental studies on the effect of trucks on the road design in real conditions 82
- Карондеев А. М., Ключев Д. В.** — Исследование защищенности пользовательских данных мобильных приложений на примере мессенджера WhatsApp
Karondeev A., Kluev D. — A study of mobile application user data security on the example of WhatsApp messenger 88
- Ковальский С. П., Безручко В. В.** — Алгоритм восстановления искаженных мультимедийных сообщений
Kovalsky S., Bezruchko V. — Algorithm of restoration of the deformed multimedia messages ... 94
- Коптев А. Н., Набиев Д. Т., Матвейчук И. А., Высоцкая М. В., Наджари Х.** — Разработка системы математических моделей для принятия решений при техническом обслуживании воздушных судов
Koptev A., Nabiev D., Matveychuk I., Vysotskaya M., Nadjari H. — Development of the system of mathematical models for decision-making with the technical service of the aircraft 99
- Магомадов В. С.** — Глубокое обучение и генеративно-сопоставительные сети
Magomadov V. — Deep Learning and Generative Adversarial Networks 106
- Нестеров К. С., Толстель О. В., Нестеров С. В., Гришин Е. С.** — Разработка проекта АСУТП гибки и сварки труб из нержавеющей стали в ходе модернизации и переоборудования производства
Nesterov K., Tolstel O., Nesterov S., Grishin E. — Development of the project process control system of bending and welding of pipes from stainless steel during modernization and refining the production. 109
- Осипов В. В., Осипова В. А.** — Точечное моделирование и решение задач Коши для нелинейных дифференциальных уравнений
Osipov V., Osipova V. — Pointwise modeling and solving Cauchy problems for nonlinear differential equations 114
- Полубояринов В. Ю.** — Разработка системы синхронизации данных в двухконтурной системе электронного документооборота
Poluboyarinov V. — Data synchronization system in distributed electronic docflow system development. 121
- Ромашкова О. Н., Самойлов В. Е.** — Метод эффективной расстановки беспроводных точек доступа для формирования беспроводной информационной среды передачи речи в системах дистанционного образования
Romashkova O., Samoylov V. — Method of efficient wireless access points installation for forming wireless information transfer environment in distance education systems 125
- Субботин Д. В., Канаев А. К., Иванин А. Н., Щербак К. П.** — Методика повышения устойчивости функционирования транспортной сети связи специального назначения с учетом воздействия дестабилизирующих факторов
Subbotin D., Kanaev A., Ivanin A., Shcherbak K. — Methods of enhancing the sustainability of the transport network of the special purpose into account influence of destabilizing factors 130

Таран В. В. — Программный подход к реализации анимации различных движений с помощью модульной секции

Taran V. — Software approach to the animation of various movements with modular section 134

Школин А. Н., Дракин А. Ю., Потанов Л. А., Зотин В. Ф. — Измерение тепловых и электрических параметров микросхем импульсных преобразователей напряжения

Shkolin A., Drakin A., Potapov L., Zotin V. — Thermal and electrical parameters testing of switching DC-DC converters ICs 146

Шоберг А. Г., Шоберг К. А. — Применение блочного частотного представления изображений с элементами инвариантности к повороту для сравнения текстур

Shoberg A., Shoberg K. — Application of block frequency representation of images with rotation invariance elements for texture comparison ... 154

Клиническая медицина

Алексеева Е. О., Ковалевский А. М. — Организация стоматологической помощи детям с психическими заболеваниями: проблемы и возможные пути разрешения

Alekseeva E., Kovalevsky A. — Organization of dental care for children with mental illness: problems and possible solutions 161

Аль А. М., Солод Э. И., Загородний Н. В., Абдулхабилов М. А., Лазарев А. Ф., Джанибеков М. Х. — Новые подходы при оперативном лечении переломов дистального отдела плечевой кости

Al A., Solod E., Zagorodniy N., Abdulhabirov M., Lazarev A., Dzhanibekov M. — New approaches in the surgical treatment of fractures of the distal humerus 165

Бердюгин Е. С. — Перспективы и риски экстракорпорального оплодотворения

Berdyugin E. — Prospects and risks of in vitro fertilization 176

Галлямов Э. А., Аминова Л. Н., Унанян А. Л., Алимов В. А., Мурзина А. Г., Галлямов Э. Э., Голубенко Е. О., Гарина А. О., Гололобов Г. Ю. —

Обзор литературы по теме глубокий инфильтративный эндометриоз ректовагинальной перегородки с вовлечением кишки

Galliamov E., Aminova L., Unanyan A., Alimov V., Murzina A., Gallyamov E., Golubenko E., Garina A., Gololobov G. — Review of literature about deep infiltrative endometriosis of rectovaginal division with 180

Громов А. Л., Иванов С. В., Фролов С. С., Щенин А. В. — Клинико-лабораторные аспекты предоперационного периода

у пациентов с местной формой одонтогенной гнойной инфекции, развивающейся на фоне хронической патологии дыхательной системы

Gromov A., Ivanov S., Frolov S., Shchenin A. — Clinical and laboratory aspects of the preoperative period in patients with a local form of odontogenic purulent infection developing against the background of chronic pathology of the respiratory system 191

Губарь Т. К., Дарханова С. Д., Алексеева Л. Л., Стуров В. Г. — Этнические особенности течения беременности у женщин

Республики Бурятия в условиях повышенного тромботического риска, обусловленного варикозным расширением вен нижних конечностей

Gubar T., Darkhanova S., Alekseeva L., Sturov V. — Ethnic features of pregnancy course in patients with lower extremities varicose veins: case study of the Republic of Buryatia residents 195

Дарханова С. Д., Алексеева Л. Л. —

Использование технологии «Plasmolifting» в комплексной терапии хронического эндометрита при неудачных попытках экстракорпорального оплодотворения и при невынашивании беременности, обусловленных хроническим эндометритом

Darkhanova S., Alekseeva L. — The use of technology «Plasmolifting» in the treatment of chronic endometritis with unsuccessful IVF and miscarriage due to chronic endometritis 199

Жулёв Е. Н., Ростов А. В., Ростов А. А. — Сравнительный анализ остаточной мощности лазерного излучения при облучении удалённого моляра (in vitro) и витального зуба (in vivo)	Миронов А. В., Умаханова М. М., Торчинов А. М., Богачева Н. С. — Антиагрегантная терапия и эндотелиальная система у беременных
<i>Zhulev E., Rostov A., Rostov A.</i> — Comparative analysis of the residual laser power during irradiation of a remote molar (in vitro) and a vital tooth (in vivo) 204	<i>Mironov A., Umakhanova M., Torchinov A., Bogachyova N.</i> — Antiplatelet therapy and the endothelial system during pregnancy 223
Иливанов С. Ю., Иливанов Ю. Д., Хаертынов К. С., Усманова Г. А., Хасанов Р. Ш. — Биомаркеры в дифференциальной диагностике опухолей почки	Миронов А. В., Умаханова М. М., Жукоцкий А. В. — Морфометрия десквамированных эндотелиоцитов в диагностике эндотелиальной дисфункции у беременных
<i>Ilivanov S., Ilivanov Yu., Khaerdinov K., Usmanova G., Khasanov R.</i> — Biomarkers in the differential diagnosis of kidney tumors 206	<i>Mironov A., Umakhanova M., Gukockiy A.</i> — Morphometry of circulating endothelial cells in the diagnosis of endothelial dysfunction in pregnant women. 229
Касьянов Б. В. — Анализ проходимости бедренно-подколенных и бедренно-тибиальных шунтов	Сабирова В. Ш. — Лучевая диагностика заболеваний почек
<i>Kasianov B.</i> — Analysis of the femoropopliteal and femorotibial bypasses' patency 211	<i>Sabirova V.</i> — Radiative diagnostics of kidney diseases 236
Корягина Н. А., Желобов В. Г., Авдеев А. В. — Влияние фенофибрата и розувастатина на параметры липидного профиля и показатели эндотелиальной реактивности у пациентки с гипертонической болезнью и сахарным диабетом 2 типа	Упницкий А. А. — Ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (эналаприл), β-адреноблокаторы (бисопролол, карведилол) и блокаторы рецепторов ангиотензина II (ирбесартан) в комплексной терапии хронической сердечной недостаточности
<i>Koriagina N., Zhelobov V., Avdeev A.</i> — Influence of the fenofibrat and rozuvastatin on parameters of a lipidic profile and indicators of endothelial reactivity at the patient with an idiopathic hypertension and a diabetes mellitus 2 types 216	<i>Upnitskiy A.</i> — Angiotensin-converting enzyme inhibitors (enalapril), β-adrenoblockers (bisoprolol, carvedilol) and angiotensin II receptor blockers (irbesartan) in the treatment of chronic heart failure 241
Левандовский Э. В. — Профилактика и выявление синдрома костена у пациентов с преждевременно удаленными зубами и неправильно сформированными буграми пломб	Информация
<i>Levandovsky E.</i> — Prevention and identification of the costene syndrome in patients with prematurely remote teeth and wrong-formed funds 220	Наши авторы. Our Authors. 245
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 249

ПРОФЕССОР ЗОЛТАН МОЙШЕВИЧ СИГАЛ (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Шкляев А. Е.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Ижевск, Россия

Рящиков С. Н.

БУЗ УР «Республиканский клинико-диагностический центр МЗ УР», г. Ижевск, Россия

Брындин В. В.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Ижевск, Россия

Стяжкина С. Н.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Ижевск, Россия

Сурнина О. В.

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Ижевск, Россия; БУЗ УР

«Республиканский клинико-диагностический центр МЗ УР», г. Ижевск, Россия

Сигал Золтан Мойшевич родился в семье врачей 26 сентября 1944 года в городе Казань. Профессионализм отца и его высокий авторитет, ставшего позднее ведущим онкологом Татарстана, несомненно, с детства предопределили и позволили осмыслить выбор будущей специальности.

З.М. Сигал в 1967 году закончил Казанский государственный медицинский институт по специальности «лечебное дело», поступил в аспирантуру того же вуза при кафедре топографической анатомии и оперативной хирургии. В 1970 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Прижизненная пигментная вазография желудка», затем работал хирургом-онкологом в Казанском городском онкологическом диспансере, затем в течение 7 лет — ассистентом кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Казанского медицинского института. В 1977 году защитил докторскую диссертацию по хирургии на тему: «Исследование кровяного давления и кровотока в интрамуральных сосудах кишечника и других полых органов во время операции». С декабря 1978 г. является заведующим кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии Ижевской государственной медицинской академии. В 1982 году присвоено звание профессора.

Годы обучения в вузе укрепили в нем интерес к хирургии, показали необходимость глубокой фундаментальной подготовки. Студентом З.М. Сигал основательно изучал топографическую анатомию и оперативную хирургию, многие часы проводил в анатомическом театре, осваивая и совершенствуя хирургическую тактику, много дежурил в клинике и присутствовал на обходах старших коллег, выполнял первые самостоятельные операции. Без хороших учителей добиться желаемых результатов в хирургии практически невозможно. Первыми преподавателями З.М. Сигала были известные ученые, в большинстве своем имевшие большой опыт работы: проф. В.Х. Фраучи, академики проф. А.А. Вишневский и проф. А.Ф. Черноусов и многие другие.



З.М. Сигал является основателем научной школы и основоположником нового приоритетного научно-практического направления в медицине — трансиллюминационный мониторинг жизнеспособности органов. Новые медико-технологические решения по трансиллюминационной технологии и мониторингу, предложенные и разработанные профессором З.М. Сигалом, имеют большое практическое и теоретическое значение в медицине. З.М. Сигал — отличник изобретательства и рационализаторства. За достигнутые успехи в развитии народного хозяйства, разработку гастроинтестинального монитора он награжден Золотой медалью ВДНХ. В настоящее время концептуальный ряд трансиллюминационных мониторов и индикаторов жизнеспособности, разработанных профессором З.М. Сигалом, подготовлены к про-

мышленному производству и разрешены Минздравом России для клинических испытаний. Трансиллюминационная технология не ограничивается чисто медицинскими проблемами. На основе открытых автором новых явлений взаимопреобразования импульсного и непрерывного артериального кровотока, стыка и взаимодействия контралатеральных артериальных потоков созданы бионические модели распределения материальных и энергетических совокупностей, имеющие практическое значение в различных отраслях народного хозяйства. При этом автор предложил более эффективные и рациональные схемы и методы распределения материальных совокупностей.

Научно-практические достижения школы профессора З.М. Сигала весьма значительны. Благодаря внедрению трансиллюминационной технологии, мониторинга жизнеспособности органов снижена послеоперационная летальность при ургентной резекции кишки и частота несостоятельности межкишечных анастомозов. Профессором З.М. Сигалом установлено, что оригинальная интраорганный ангиотензометрия позволяет диагностировать обратимые и необратимые изменения органов в хирургии.

Трансиллюминационная технология получила широкое признание в России и за рубежом. Она отражена в Большой медицинской энциклопедии. На труды проф. З.М. Сигала часто ссылаются в медицинской литературе — в монографиях, статьях. В учебниках по оперативной хирургии, и топографической анатомии проф. З.М. Сигал стоит в ряду крупных ученых, выдающихся деятелей Российской медицины. За многолетний добросовестный труд и заслуги в научно-педагогической работе З.М. Сигал удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Удмуртской Республики» и «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

За этим далеко не полным списком достижений и регалий находится уникальная личность. Репутация Золтана Мойшевича как ученого, и как замечательно отзывчивого, доброго, равнодушного к чужому горю человека общеизвестна. Сегодня за профессором З.М. Сигалом стоит многочисленная плеяда учеников — блестящих хирургов, которыми гордится медицина Удмуртии и России. Ежедневные хирургические обходы и консультации профессора З.М. Сигала, вселяющие оптимизм в больного, являются большой школой для хирургов и студентов медицинской академии. Со студенческих лет требовательный к другим и еще более — к себе, заведующий кафедрой строг к малейшим отклонениям исполнительской дисциплины, но в то же время его ободряющие слова в момент болезненно переживаемых разочарований в профессии сохранили немало талантливых врачей.

Всю жизнь проф. З.М. Сигал в медицине занимался определением и прогнозом жизнеспособности органов и тканей. Жизнеспособность, как оказалось, является главным в медицине. По этим вопросам он со своими 50-тью учениками защитил кандидатские и докторские диссертации. По этим вопросам он получил 50 патентов на изобретения. Счет его многочисленных монографий также подходит к этой счастливой цифре — «50». Критерии жизнеспособности, признаки жизнеспособности освещены светом трансиллюминации, оптопарами, которые он впервые использовал в практической хирургии и медицине. Такая преданность главному направлению своей жизни заслуживает восхищения. Успехи, которые сопровождали проф. З.М. Сигала на протяжении всей его творческой жизни, конечно, чередовались с неудачами, препятствиями. Несмотря на всё это профессор поднимался и преодолевал все преграды во имя Жизни, жизнеспособности и чуда медицины. Профессор Золтан Мойшевич Сигал встречает свой юбилей полным сил, энтузиазма и творческой энергии.

З.М. Сигал инициатор, автор, разработчик ряда масштабных и уникальных научно-практических работ, проводимых им совместно со своими учениками, хирургическими и онкологическими кафедрами Ижевска, Казани и Москвы. Он является автором полноценных фундаментальных атласов топографической, патотопографической и УЗИ анатомии, переизданных в США, Канаде и Европе для врачей и студентов медицинских вузов. Кафедра оперативной хирургии и топографической анатомии, которой руководит З.М. Сигал за заслуги в развитии отечественного образования награждена дипломом «Золотая кафедра России». Заведующему кафедрой З.М. Сигалу присвоено звание «Почетного академика Ижевской государственной медицинской академии».

З.М. Сигал является основателем научной школы — трансиллюминационной технологии в хирургии и основоположником ряда приоритетных научно-практических направлений в медицине — трансиллюминационный мониторинг жизнеспособности органов, оптонографический мониторинг, интраорганный артериальное и венозное давление, патотопографическая анатомия, ультразвуковая топографическая и патотопографическая анатомия и др. Он воспитал плеяду из талантливых учеников, среди которых лауреаты Государственных премий, Заслуженные врачи России, главные врачи клинических больниц.

При возглавляемой проф. З.М. Сигалом кафедре и его научном консультировании ИГМА работает уникальный музей по оперативной хирургии. В настоящее время З.М. Сигал является членом Ученого Совета ИГМА,

заместителем председателя проблемной комиссии по хирургии, членом президиума общества хирургов МЗ УР по хирургии.

З.М. Сигал принципиальный, порядочный, честный, внимательный к сотрудникам и студентам, внес большой вклад в развитие практического здравоохранения России и Высшей школы.

Хирургическое общество Удмуртии, ректорат, Ученый совет, коллектив кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии ФГБОУ ВО ИГМА поздравляют Золтана Мойшевича Сигала с 75-летием, желают творческих успехов, здоровья и долгих лет плодотворной работы! Друзья, коллеги, многочисленные ученики и редколлегия журнала присоединяются к поздравлению и добрым пожеланиям.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОГО ДНК-АНАЛИЗА НА ЭТАПЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МОЛЕКУЛ ДНК ИЗ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ ОСТАНКОВ ЧЕЛОВЕКА

WAYS OF IMPROVING CRIMINALISTIC DNA ANALYSIS AT THE STAGE OF EXTRACTING DNA MOLECULES FROM BONE TISSUES OF HUMAN REMAINS

**I. Badzyuk
E. Larionova
Yu. Golodkov**

Summary. When conducting forensic DNA analysis, one of the steps is to extract DNA from materials submitted for examination. The success of all subsequent stages of DNA research depends on the quality of the execution of this procedure. When choosing a method, it is necessary to take into account a number of factors: the type of object, its state, the duration of its formation and storage conditions, therefore, research and analysis of modern methods for extracting DNA from various biological objects are of particular relevance. The paper presents an analysis and comparison of modern methods for extracting DNA from human bone tissue of human remains and the possibility of their use in forensic DNA analysis.

Keywords: DNA analysis, nucleic acids, extraction methods, bone tissue, forensic examination..

Современные технологии исследования ДНК позволяют успешно исследовать практически все ткани и биожидкости организма человека, содержащие ДНК, что способствует развитию и совершенствованию методов криминалистического ДНК-анализа [1]. В частности, на сегодняшний день возможно изучение и извлечение ДНК при работе с микроколичеством биоматериала и со смешанными следами.

Методики извлечения ДНК из биологических тканей при производстве судебных экспертиз во всем мире одинаковы и эффективность их применения подтверждена несколькими десятилетиями. Известно, что в судебно-экспертной практике доказательной базой могут быть результаты экспертиз, выполненных только по утвержденным и апробированным методикам. Поэтому разработка и внедрение новых методов и методик в проведении любых экспертиз очень сложный и длительный процесс. Тем не менее, в практике су-

Бадзюк Ирина Леонидовна
К.х.н., доцент, ФГКОУ ВО «Восточно-Сибирский институт МВД РФ» (г. Иркутск)
demy@bk.ru

Ларионова Елена Юрьевна
Д.х.н., профессор, ФГКОУ ВО «Восточно-Сибирский институт МВД РФ» (г. Иркутск)
lari555@mail.ru

Голодков Юрий Эдуардович
К.т.н., Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск)
yrg27@mail.ru

Аннотация. При проведении криминалистического ДНК-анализа одним из этапов является извлечение ДНК из материалов, представляемых на экспертизу. От качества исполнения данной процедуры зависит успех всех последующих этапов исследования ДНК. При выборе метода необходимо учитывать целый ряд факторов: вид объекта, его состояние, давность образования и условия хранения, поэтому особую актуальность приобретают исследование и анализ современных методов извлечения ДНК из различных биологических объектов. В работе приведен анализ, сравнение современных методов извлечения ДНК из костных тканей останков человека и возможность их применения в криминалистическом ДНК-анализе.

Ключевые слова: ДНК-анализ, нуклеиновые кислоты, методы извлечения, костная ткань, судебная экспертиза.

дебной экспертизы известны примеры применения новых нетрадиционных и неутвержденных методик, в частности, в работе экспертов П. Иванова и П. Гилла [2], проводивших идентификацию царских останков семьи Романовых, заявлено об использовании новой методики извлечения ДНК из существенно «поврежденных» биологических тканей. Однако, из-за отсутствия в опубликованных результатах конкретного описания использованной методики и ссылок на ее апробацию, многие исследователи данного направления ставят под сомнение достоверность результатов упомянутого метода проведения ДНК-анализа. Так или иначе, со временем любая утвержденная и зарекомендовавшая себя за десятилетия методика требует внесения изменений и усовершенствований в соответствии с требованиями современных технологий и запросов общества.

Значительно большими возможностями по усовершенствованию методик извлечения ДНК из биотканей

обладают палеонтологи и археологи в отличие от экспертов. Исследования ДНК останков древних живых организмов, в том числе, человека, являются по сути криминалистическим ДНК-анализом. Несмотря на то, что методики извлечения ДНК из запечатанных в янтарь останков древних живых организмов и из яичной скорлупы динозавров и древних птиц [3–4] «в чистом виде» не пригодны для проведения криминалистического ДНК-анализа человека, однако, из указанных работ эксперты могут извлечь полезные моменты для усовершенствования методик ДНК-анализа в судебной экспертизе.

Практический характер в сфере биологических судебных экспертиз может иметь опыт ученых по извлечению ДНК из останков древних людей. В результате исследований [5], мумия «научила» биологов-криминалистов из Университета в Нью-Хейвене (University of New Haven), штат Массачусетс новому способу обработки костной ткани для извлечения ДНК. Эта технология, считают авторы, позволяет упростить и ускорить их повседневную работу по ДНК-типированию. Из мумифицированных костных останков, найденных в пустыне Гоби, доктор Хитер Кул (Dr. Heather Coyle) на редкость быстро и успешно извлекла ДНК. По стандартной процедуре перед экстракцией ДНК образец кости замораживают и измельчают. В случае с мумией исследователи потерпели неудачу, применив тот же метод при изучении костей неопознанного скелетированного трупа. Причина неудач была выяснена позже. Кости мумии в пустыне Гоби подвергались естественному спеканию в раскаленном песке, что делало костную ткань более хрупкой, поэтому ее было легче разрушить и получить доступ к клеткам с содержащейся в них ДНК. В лаборатории были воспроизведены природные условия. Вместо раскаленного песка образец кости запекали в жаровом шкафу в течение 72 часов. Затем образец в специальном аппарате подвергали измельчению с жидким азотом, в результате кость преобразовалась в порошок, из которого легко извлекалась ДНК.

Полезными являются исследования по совершенствованию методики извлечения ДНК из зуба древних останков, возрастом 18 тысяч лет, найденных в пещере Ляг Буа на острове Флорес (Индонезия) в 2003 году, послужившие основой для описания нового вида гоминид — *Homo floresiensis*. Коллектив ученых, под руководством Кристины Адлер, генетиком из Австралийского центра древней ДНК (ACAD) при Университете Аделаиды, пришел к выводу, что причиной предыдущих неудач по извлечению ДНК из древних зубов является несовершенство стандартных процедур извлечения ДНК [6].

Адлер и ее коллеги сравнили, какое воздействие оказывают на образец различные методы извлечения митохондриальной ДНК (мтДНК). С этой целью было исследо-

вано 42 древних образца со всего мира (останков людей и животных, возрастом до 7 500 лет). Результаты этого исследования опубликованы в *Journal of Archaeological Science* в ноябре 2010 г. На данном этапе ученые смогли сделать следующие выводы. Во-первых, при извлечении мтДНК из древних зубов целесообразно добраться до дентина, внутренней ткани зуба. Но, по мнению авторов, зубной цемент, или корешковая кора (т.е. ткань, покрывающая корни зуба), содержит в 5 раз больше мтДНК, чем дентин.

Во-вторых, чтобы извлечь ДНК, часто использовалось сверление на высокой скорости (считается, что такой метод сводит повреждения образца к минимуму). Исследование показало, что на высоких скоростях (более 1000 оборотов в минуту) выделяемое тепло разрушает ДНК, приводя к снижению результативности в 30 раз. Для сохранения структуры ДНК в корешковой коре ученые рекомендуют осуществлять сверление зуба на меньшей скорости, например, 100 оборотов в минуту.

Адлер считает, что новая методика позволит добыть ДНК из многих древних образцов, с которыми раньше результат не был получен. Однако некоторые ученые не разделяют ее оптимизма. Так, Мэтью Коллинз, специалист из Йоркского университета (Великобритания), считает, что температура на месте раскопок всё-таки слишком велика, и молекулы ДНК в зубе мумии-«хоббита», должны быть подвергнуты разрушению. Исследователи же не теряли надежды. С помощью новой методики они смогли извлечь мтДНК из зуба свиньи возрастом в 6000 лет, найденной на Флоресе в 2007 году [6]. Однако, с 2010 г. новые данные об этом исследовании отсутствуют.

Также интересен опыт ученых по извлечению ДНК из скорлупы древних динозавров и птиц. Так, палеонтологи из Австралии и Новой Зеландии смогли получить ДНК из скорлупы птичьих яиц, пролежавших в земле от нескольких столетий до нескольких сотен тысяч лет [4]. Исследователям удалось выделить как митохондриальную, так и ядерную ДНК из ископаемой скорлупы птиц различных видов, среди которых преобладали представители надотряда бескилевых — крупных нелетающих птиц.

Для того чтобы экстрагировать ДНК из скорлупы, ученые применили стандартную методику, использующуюся и для извлечения ДНК из костей, но с некоторыми изменениями. Если обычно большую часть извлеченного из образца карбоната кальция выбрасывают, то в данном случае ученые использовали в дальнейших исследованиях и его, предположив, что внутри плотных известковых слоев ДНК сохранилась лучше всего. Их предположения оправдались.

Значительный опыт по разработке и усовершенствованию методов извлечения ДНК накоплен биологами Лимнологического института СО РАН г. Иркутска при работе с мягкими тканями и биожидкостями обитателей озера Байкал. В частности, авторы работы [7] предлагают усовершенствовать «цетавлоновый метод», с целью получения очищенных ДНК, без примесей ингибирующих ПЦР-реакцию.

«Цетавлоновый метод» основан на осаждении в водных растворах цетавлоновых солей нуклеиновых кислот (цетавлон — коммерческое название бромистого гексадецилтриметиламмида). В результате стандартной процедуры осуществления данного метода, получают образцы ДНК, которые сильно загрязнены белковыми молекулами и полисахаридами. Для получения чистой ДНК исследователи вынуждены использовать дополнительное фракционирование (экстракция фенолом в сочетании с другими растворителями или хроматография). Иркутские ученые в своих исследованиях [7] предлагают для получения пригодного для амплификации материал

более простой способ фракционирования, основанный на свойстве цетавлоновых солей растворяться в спирте.

Анализ существующих методов извлечения ДНК, применяемых в различных научных областях, демонстрирует необходимость индивидуального подхода к каждому исследуемому объекту в зависимости от его специфических свойств. В данной работе основной акцент сделан на методики и их усовершенствование извлечения ДНК из костных тканей, так как данный вид биоматериала обладает лучшими защитными свойствами от агрессивной окружающей среды носителей наследственной информации живых существ. Каждая рассмотренная методика в данной работе является практическим подтверждением эффективности и состоятельности используемых новшеств, вносимых в традиционные методики при работе с ДНК. Приведенные современные подходы для извлечения молекул ДНК являются частными этапами апробации методик и впоследствии становятся доказательными фактами результативности их применения в качестве методик ДНК-анализа в судебной экспертизе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадзюк И. Л., Голодков Ю. Э., Ларионова Е. Ю. Анализ современных методов извлечения ДНК из биологических объектов судебной экспертизы // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. — 2012. — № 1 (60). — С. 81–89.
2. Разводовская М. Всё ли мы знаем о судьбе царской семьи Николая II Романова? — Copyleft, Marinais. — 1998. — <http://cyberhome.j3.gfn.net/oth/marinais/romanov.shtml>.
3. Amplification and sequencing of DNA from a 120–135-million-year-old weevil. / R. J. Cano, H. N. Poinar, N. J. Pieniazek, et. al. // Nature, 363. — 1993. — P. 536–538. — doi:10.1038/363536a0.
4. Fossil avian eggshell preserves ancient DNA / C. L. Oskam, J. Haile, E. McLay, et.al. // The Royal Society. Published Online February 19, 2010. — <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2010/03/09/rspb.2009.2019>.
5. Маркина М. Мумия подсказала, как извлечь ДНК из кости. // 02 декабря 2008. — <http://www.infox.ru/science/lab/2008/12/02/mummy.shtml>.
6. Survival and recovery of DNA from ancient teeth and bones. / C. J. Adler, et.al. // Journal of Archaeological Science. — 2010. — <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.010>.
7. Грачев М. А., Кузнецова С. Ю., Щербакова Т. А. Метод выделения высокоочищенной ДНК для использования в полимеразной цепной реакции. (A Method for the Isolation of Pure DNA for PCR). // Молекулярная биология. — 2006. — V. 40, № 1. — С. 180–183.

© Бадзюк Ирина Леонидовна (demy@bk.ru),

Ларионова Елена Юрьевна (lari555@mail.ru), Голодков Юрий Эдуардович (yrg27@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХРОМОСОМНЫЙ ИНВЕРСИОННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ КОМАРА-ЗВОНЦА *CHIRONOMUS TENTANS* (FABRICIUS), 1805 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) ИЗ ВОДОЕМОВ Г. КАЛИНИНГРАДА, РОССИЯ

**CHROMOSOMAL INVERSION
POLYMORPHISM OF NON-BITING
MIDGE *CHIRONOMUS TENTANS*
(FABRICIUS), 1805 (DIPTERA,
CHIRONOMIDAE) FROM KALININGRAD,
RUSSIA**

***N. Vinokurova*
E. Stol
*E. Kalinina***

Summary. In this study, we investigated the features of chromosomal polymorphism of *Chironomus tentans* Fabricius, 1805 (Diptera, Chironomidae) larvae, collected from several water bodies of Kaliningrad. In the karyotype of *C. tentans*, there have been found 16 banding sequences, 19 genotypic combinations, and 23 zygotic combinations. The average number of heterozygous inversions per specimen was calculated. The frequencies of banding sequences were calculated. A comparison with the similar data has been carried out. The greatest polymorphism was observed in the shoulders A, B, F.

Keywords: Diptera, Chironomidae, *Chironomus tentans*, polytene chromosomes, karyotype, chromosomal polymorphism, Kaliningrad.

Винокурова Наталья Владимировна

К.б.н, доцент, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (г. Калининград)

NVinokurova@kantiana.ru

Столь Эдгар Эдуардович

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (г. Калининград)

ed-wizard@live.ru

Калинина Евгения Анатольевна

Ассистент, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» (г. Калининград)

EAKalinina1@kantiana.ru

Аннотация. В данной работе исследованы особенности хромосомного инверсионного полиморфизма личинок *Chironomus tentans* Fabricius, 1805 (Diptera, Chironomidae) из нескольких водоемов г. Калининграда. В кариотипе личинок *C. tentans* обнаружено 16 последовательностей дисков, 19 генотипических комбинаций и 23 зиготических комбинации. Рассчитаны частоты последовательностей дисков и среднее число гетерозиготных инверсий на особь. Проведено сравнение с подобными данными для популяций *C. tentans* из других регионов. В плечах А, В, F отмечен наибольший полиморфизм.

Ключевые слова: Diptera, Chironomidae, *Chironomus tentans*, политенные хромосомы, кариотип, хромосомный полиморфизм, Калининград.

В последнее время большое внимание уделяется изучению закономерностей и механизмов геномного полиморфизма природных популяций организмов многих видов и его роли в микроэволюционной дивергенции популяций [1]. Так, например, кариотипические исследования природных популяций одного из видов *Chironomus tentans* Fabricius показывают, что одним из механизмов адаптивной пластичности вида является инверсионный полиморфизм. Известно, что хромосомная изменчивость является одним из важных факторов адаптации к условиям окружающей среды [2]. Также хромосомный полиморфизм позволяет оценить микроэволюционные процессы исследуемого вида. Ранее вид *C. tentans* считался политипическим видом, состоящим из нескольких подвидов (европейский, западно-канадский, восточно-канадский и аляскинский) со специфическими цитогенетическими признаками [3]. Позднее Шобанов и соавторы указали на морфологические отличия неарктических и палеарктических

популяций. По этой причине бывший Неарктический *C. tentans* теперь рассматривается как новый вид близнец *Chironomus dilutus* Shobanov [4].

Существует множество работ, указывающих на зависимость уровня хромосомного полиморфизма от особенностей гидрохимического состава воды и донных отложений водоемов [5, 6, 7, 8, 9]. Достоверные данные об уровне хромосомного полиморфизма в природных популяциях являются необходимыми для проведения экологического мониторинга в условиях нарастания антропогенных воздействий на природные экосистемы [10, 11, 12].

Исследования европейских популяций *C. tentans* были сосредоточены главным образом на популяциях Англии, Германии и Швеции, но в целом информации по инверсионному полиморфизму данного вида крайне мало [13, 14, 15, 16, 17].

Таблица 1. Частота последовательностей дисков в популяциях *C. tentans* из Калининграда

Последовательности дисков	Частота
tenC1	0.796
tenC2	0.204
Hob	0.286
Hex	0.325
tenF1	0.796
tenF2	0.071
tenF3	0.133
Hob	0.367
Hex	0.344
tenA1	0.714
tenA2	0.286
Hob	0.490
Hex	0.417
tenB1	0.806
tenB2	0.153
tenB4	0.020
tenB6	0.020
Hob	0.347
Hex	0.324
tenD1	1.0
Hob	0
Hex	0
tenE1	0.908
tenE2	0.092
Hob	0.184
Hex	0.167
tenG1	0.878
tenG2	0.122
Hob	0.245
Hex	0.214

Существующие данные по инверсионному хромосомному полиморфизму *C. tentans* из водоемов Калининградской области являются также недостаточными и требуют дополнения.

В данной работе представлены результаты исследований хромосомного полиморфизма *C. tentans* из нескольких водоемов г. Калининграда. В ходе исследования были рассчитаны частоты встречаемости последовательностей дисков политенных хромосом и изучены геномные комбинации исследуемого вида.

Материал и методы

Исследовали кариотип и хромосомный полиморфизм 49 личинок хирономид 4-го возраста вида *C. tentans*, собранных летом 2012 г. стандартными методиками сбора с грунтов литоральной зоны озер Пенькового и Школьного, прудов Мельничный и Ботанического сада г. Калининграда [18]. Все исследуемые водоемы

располагаются в зоне высоких антропогенных рисков, связанных с коллекторными стоками [19]. Личинки для кариотипического анализа фиксировались в смеси спирта и уксусной кислоты (3:1). Приготовление препаратов политенных хромосом из слюнных желез личинок проводилось по стандартной ацето-орсеиновой методике [20]. Картирование *C. tentans* производилось по Берману с использованием цитофотокарт Кикнадзе [15, 21].

Для сравнительного анализа результатов использовались данные хромосомного инверсионного полиморфизма *C. tentans* из западно-европейских популяций, Нижнего Поволжья, Центрального Кавказа, западной и восточной Сибири [7, 16, 20, 21, 22, 23, 24]. Для анализа использовали следующие параметры хромосомного инверсионного полиморфизма: количество последовательностей дисков в популяции, процент гетерозиготных личинок и среднее число гетерозиготных инверсий на особь [23, 25, 26]. Для оценки соответствия фактического распределения частот гетерозиготных особей те-

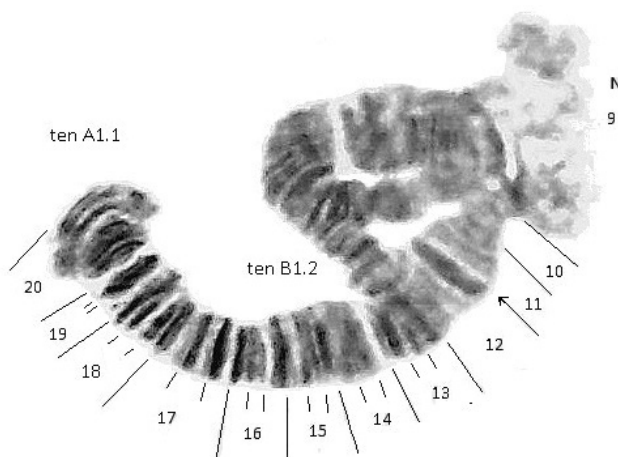


Рис. 1 Последовательности дисков A1.1 и B1.2 *Chironomus tentans* в плечах А и В

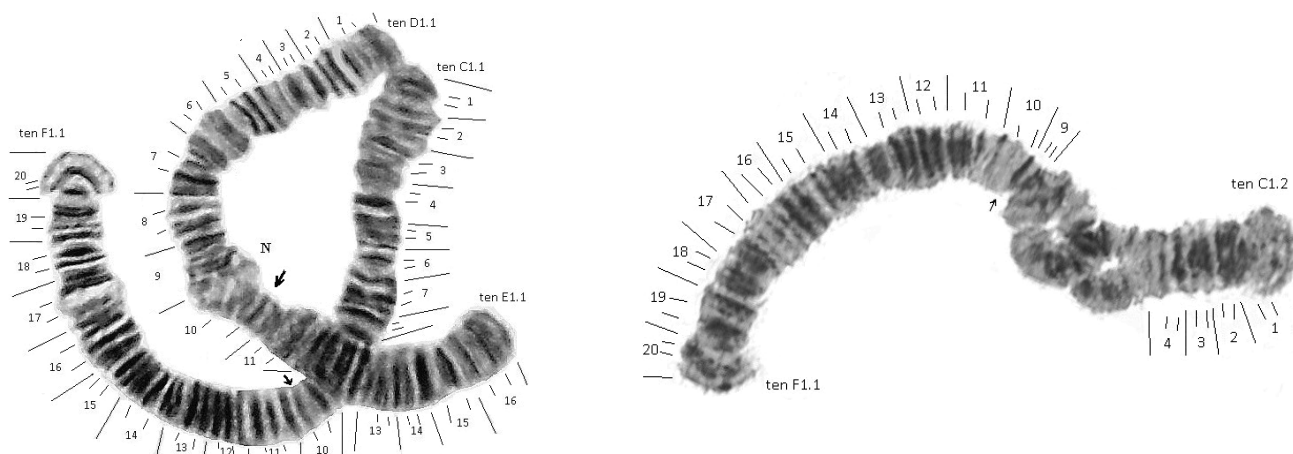


Рис. 2. Стандартные последовательности дисков *Chironomus tentans* в плечах С, F, D, E и гетерозиготная последовательность tenC1.2

оретически ожидаемому распределению был использован метод $\chi^2 (\leq 0.9)$ [27].

Результаты

Хромосомное число кариотипа *C. tentans* составляет $2n=8$, комбинация хромосомных плеч соответствует: АВ, СF, DE и G. В кариотипе присутствуют два ядрышка (N), которые расположены в плече В (район 9ab) и плечо D (район 10a), а также три кольца Бальбиани (BR), которые расположены в плече G.

В исследованных выборках было выявлено 16 последовательностей дисков (таблица 1).

Плечо А представлено двумя последовательностями дисков: tenA1, tenA2 (таблица 1). Стандартная последовательность tenA1 (рисунок 1) преобладала во всех вы-

борках. Обе последовательности были обнаружены как в гомо — (A1.1, A2.2) так и в гетерозиготных состояниях (A1.2).

Плечо В имело четыре последовательности: tenB1, tenB2, tenB4, tenB6 (таблица 1, рисунок 1). Последовательность tenB1 преобладала в популяциях. Остальные последовательности присутствовали с небольшой частотой и были обнаружены во всех популяциях только в гетерозиготных сочетаниях (B1.1, B1.2, B1.4, B2.6).

Плечо С репрезентировано двумя последовательностями: tenC1 и tenC2. Гомозиготная последовательность дисков tenC1 имела наибольшую частоту для плеча С (таблица 1, рисунок 2).

Плечо F представлено тремя последовательностями: tenF1, tenF2 и tenF3 (таблица 1, рисунок 2 и 3). Все

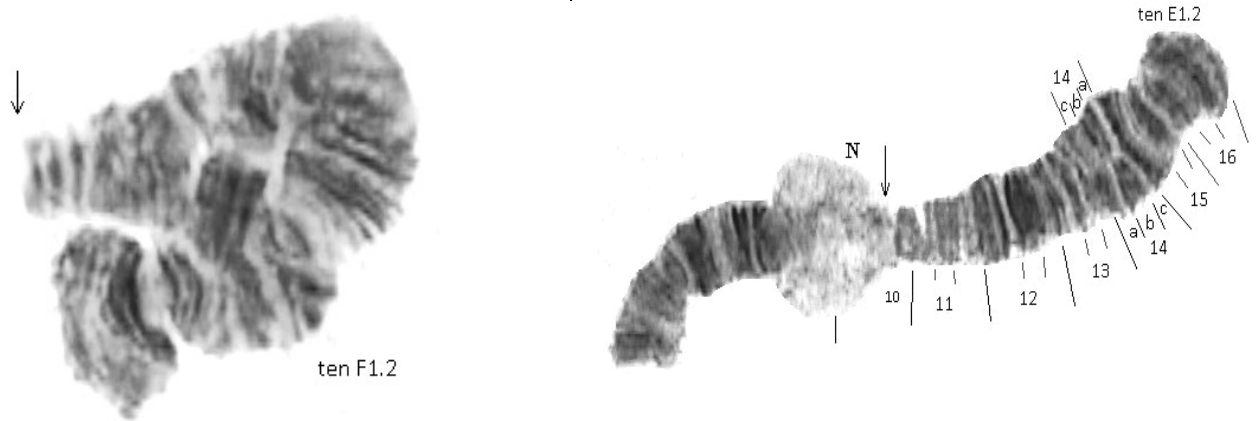


Рис. 3. Гетерозиготные последовательности дисков F1.2 и E1.2 *Chironomus tentans* в плечах F и E

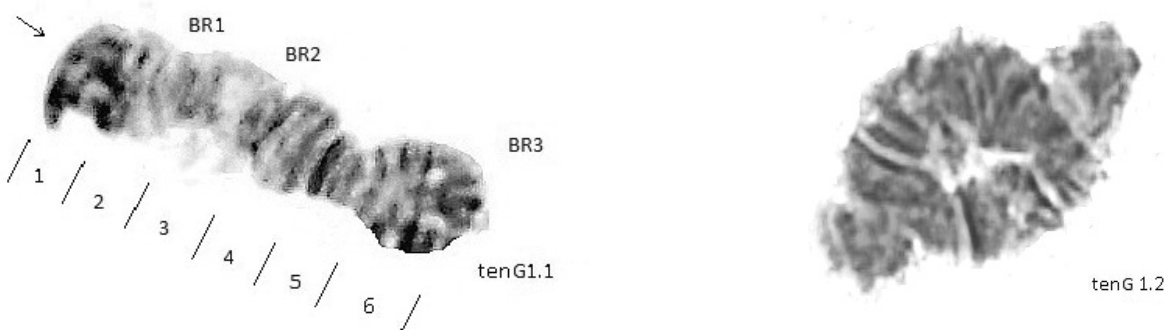


Рис. 4. Последовательности дисков G1.1 и G1.2 *Chironomus tentans* в плече G

последовательности, кроме tenF3 (tenF1.3 и tenF3.3), зафиксированы только в гетерозиготных генотипических комбинациях. Стандартная последовательность дисков tenF1 была преобладающей в популяциях.

Плецо D было мономорфно во всех исследованных популяциях и представлено гомозиготной последовательностью дисков tenD1 (таблица 1, рисунок 2).

Плецо E имело 2 последовательности дисков: tenE1 и tenE2. Гомозиготная последовательность tenE1 преобладала во всех популяциях (таблица 1, рисунок 2). Последовательность tenE2 (рисунок 3) была обнаружена только в гетерозиготном состоянии.

Плецо G репрезентировано двумя последовательностями дисков: tenG1 и tenG2 (таблица 1). Стандартная последовательность дисков tenG1 преобладала во всех популяциях (рисунок 4). Последовательность дисков tenG2 была выявлена только в гетерозиготном состоянии (рисунок 4).

Следует отметить, что хромосомы личинок *C. tentans* всех исследуемых популяций были высокополиморф-

ными. Обнаружена только 1 личинка со стандартным кариотипом. Всего зарегистрировано 23 зиготических комбинаций.

Обсуждение

Таким образом, исследование показало наибольший уровень инверсионного полиморфизма в плечах A, B, F, и максимальное разнообразие последовательностей дисков и их сочетаний в плече B. Кроме того, показано, что кариотип *C. tentans* природных популяций г. Калининграда менее полиморфен (16 последовательностей дисков), чем кариотипы европейских и сибирских популяций (27 и 42 последовательностей дисков соответственно) [16, 28].

Такие различия, скорее всего, связаны с локально и равноудаленно расположенными водоемами г. Калининграда, имеющими близкий гидрохимический состав воды и донных отложений [19].

В калининградских популяциях *C. tentans* было обнаружено 13 общих с сибирскими и европейскими популяциями последовательностей дисков (tenA1,

tenA2, tenB1, tenB2, tenC1, tenC2, tenF1, tenF2, tenD1, tenE1, tenE2, tenG1, tenG2). Кроме того, была зарегистрирована последовательность дисков tenF3, распространенная в европейских популяциях [7, 28]. Последовательности дисков tenB5 и tenD10, выявленные в более ранних исследованиях кариотипа популяций, в 2012 г. в Калининградской области не обнаружены [22, 23].

Следует отметить, различающиеся комплексы генотипических сочетаний для популяций *C. tentans* Калининградской и Ленинградской областей [7]. Так, в ленинградских популяциях встречаются генотипические сочетания tenC1.6, tenF1.4, tenB2.2, tenB2.4, а в калининградских они не обнаружены. Генотипические сочетания tenF1.2 и tenB2.6, идентифицированные в популяциях Калининградской области, напротив, не отмечены в Ленинградской области.

Калининградские популяции *C. tentans* представлены специфическим отличающимся комплексом генотипических сочетаний: tenF1.3, tenF3.3, tenA1.1, tenB1.2, tenB1.4,

tenE1.2 и tenG1.2 непредставленном в кариотипах личинок из водоемов Саратовской области [24].

Описанные выше отличия в комплексах геномных сочетаний можно связать с ежегодными флуктуациями в качественно-количественном составе инверсионного полиморфизма, которые характерны для природных популяций хирономид, существующих в отличающихся по гидрохимическому составу водоемах.

Следует отметить, что инверсионный полиморфизм популяции *C. tentans* Калининградской области имеет высокое число гетерозиготных инверсий на особь 1,92, что соответствует ранее опубликованным данным по Западной и Восточной Европе и отличает его от показателей сибирских популяций [17].

В целом, следует заключить, что результаты исследования показателей хромосомного инверсионного полиморфизма природных популяций *C. tentans* Калининградской области позволяют считать их близкими к природным европейским популяциям данного вида [7, 21, 22, 28].

ЛИТЕРАТУРА

- Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях (3-е перераб. и дополн. изд.). М.: ИКЦ Академкнига, 2003. 431 с.
- Vinokurova N.V., Kalinina E. A., Stol' E. E. Karyotype and inversion polymorphism of natural populations of *Glyptotendipes glaucus* (Meigen, 1818) (Diptera, Chironomidae) from small water bodies of Kaliningrad // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2018. № 1. С. 65–73.
- Acton A.B., Scudder G. E. The zoogeography and races of *Chironomus tentans* // *Limnologia*. 1971. № 8. P. 83–92.
- Shobanov N.A., Kiknadze I. I., Butler M. G. Palearctic and Nearctic *Chironomus* (Camptochironomus) *tentans* (Fabricius) are different species (Diptera: Chironomidae) // *Entomologica Scandinavica*. 1999. № 3. P. 311–322.
- Michailova P., Petrova N., Ramella L., Sella G., Todorova J., Zelano V., Cytogenetic characteristics of a population of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) from a polluted Po river station // *Genetica*. 1996. № 2. P. 161–178.
- Michailova P., Petrova N., G. Sella, L. Ramella, J. Todorova & S. Bovero, 1997. The effect of some heavy metals on the polytene chromosomes of *Chironomus riparius* Mg. (Diptera, Chironomidae). VIII Int. Balbiani Ring Workshop, Falsterbo, Aug. 30 — Sept. 3, Abstracts, *Hereditas* 127: 26.
- Ильинская Н. Б., Петрова Н. А. Кариотип и инверсионный полиморфизм природных популяций *Camptochironomus tentans* северо-западного региона России (Diptera, Chironomidae) // *Цитология*. 1997. № 9. С. 848–856.
- Ильинская Н. Б., Петрова Н. А., Матена И. Зависимость уровня гетерозиготности от типа водоема, сезона и года наблюдений (Diptera, Chironomidae) // *Генетика*. 1998. № 8. С. 908–917.
- Petrova N.A., Klishko O. K. Atypical puffing of *Chironomus plumosus* (Diptera, Chironomidae) in natural population from Chita region // *Цитология*. 2001. № 2. С. 176–177.
- Michailova P.V., Cytotaxonomy of Chironomidae (Diptera) from Lake Shabla (Bulgaria): cytogenetic evidence for introgressive hybridization // *Hydrobiologia*. 1996. № 318. P. 25–42.
- Кикнадзе И. И., Истомина А. Г. Кариотипы и хромосомный полиморфизм сибирских видов хирономид (Diptera, Chironomidae) // *Сибирский экологический журнал*. 2000. № 4. С. 445–460.
- Petrova N.A., Michailova P. Cytogenetic characteristics of *Chironomus bernensis* Klotzli (Diptera, Chironomidae) from a heavy metal polluted station in northern Italy // *Annales Zoologici*. 2002. № 2. P. 227–233.
- Acton A. B. Selective value of chromosome inversions in *Chironomus* // *Proc. R. Phys. Soc. Edinburg*. 1955. № 24. P. 10–14.
- Acton A. B. Chromosome inversions in natural populations of *Chironomus tentans* // *Journal of Genetics*. 1957. № 55. P. 71–94.
- Beermann W. Cytogenetic Analysis of *Camptochironomus* — Artbastard. I. Crossing results and the evolution of the karyotype // *Chromosoma*. 1955. № 7. P. 198–259.
- Gunderina L.I., Kiknadze I. I., Aimanova K. G., Istomina A. G., Proviz V. I., Salova T. A., Rakisheva A. Zh., and Batler M. Dzh. Cytogenetic Differentiation of Natural and Laboratory Populations of *Camptochironomus tentans* Fabricius (Diptera, Chironomidae) // *Genetika*. 1996. № 1. P. 53–67.
- Кикнадзе И. И., Истомина А. Г., Гундерина Л. И., Салова Т. А., Айманова К. Г., Савинов Д. Д. Кариотипы хирономид криолитозоны Якутии: триба Chironomini. Новосибирск: Наука, 1996. 166 с.

18. Шилова А. И. Хирономиды Рыбинского водохранилища. Л.: Наука, 1976. 251 с.
19. Винокурова Н.В., Калинина Е. А., Столь Э. Э., Куркина М. В., Ващейкин А. С., Садовников П. В. Тяжелые металлы в донных отложениях некоторых водоемов Калининградской области // Вода: химия и экология. 2016. № 12. С. 87–93.
20. Кикнадзе И. И., Шилова А. И., Керкис И. Н., Шобанов Н. А., Зеленцов Н. И., Гребенюк Л. П., Истомина А. Г., Прасолов В. А. Кариотипы и морфология личинок трибы Chironomini: атлас. Новосибирск: Наука, 1991. 115 с.
21. Кикнадзе И. И., Айманова К. Т., Гундерина Л. И., Филлипова М. А., Истомина А. Г. Хромосомный полиморфизм в уральских и сибирских популяциях *Camptochironomus tentans* // Зоологический журнал. 1993. № 11. С. 59–75.
22. Michailova P., Jablonska-Barna I. Chromosome polymorphism of *Camptochironomus tentans* (Fabricius 1805) (Diptera: Chironomidae) from Luknajno (Mazurian Lakeland), Poland // Acta Zoologica Bulgarica. 2008. № 2. P. 155–163.
23. Petrova N.A., Vinokurova N.V., Danilova M.V., Sharton A. lu. Inversion polymorphism in the population of *Camptochironomus tentans* from Kaliningrad City // Tsitologiya. 2011. № 7. P. 580–585.
24. Polukonova N.V., Shaternikov A. N., Karmokov M. K. Inversion polymorphism of non-biting midges *Camptochironomus tentans* (Fabricius) 1805 (Diptera, Chironomidae) from populations of the Lower Volga region and Central Caucasus // Russian Journal of Genetics. 2015. № 1. P. 22–32.
25. Michailova P., Krastanov B. Cytotaxonomical differentiation of *Chironomus plumosus* group (Diptera, Chironomidae) from fish pools near Plovdiv, Bulgaria. // Acta Zoologica Bulgarica. 2000. № 1. P. 29–40.
26. Kiknadze I.I., Golygina V.V., Broshkov A. D., Gunderina L. I., Istomina A. G. Mystery of *Chironomus dorsalis* Maigen karyotype (Diptera: Chironomidae) // Comparative Cytogenetics. 2008. № 1. P. 21–35.
27. Hedrick P.W., 2011. Genetics of populations, fourth ed. Jones and Bartlett. Boston: 2011. 675 pp.
28. Kiknadze I.I., Butler M. G., Aimanova K. G., Gunderina L. I., Cooper K. Geographic variation in the polytene chromosome banding pattern of the Holarctic midge *Chironomus* (*Camptochironomus*) *tentans* (Fabricius) // Canadian Journal of Zoology. 1996. № 1. P. 171–191.

© Винокурова Наталья Владимировна (NVinokurova@kantiana.ru),
 Столь Эдгар Эдуардович (ed-wizard@live.ru), Калинина Евгения Анатольевна (EAKalinina1@kantiana.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Калининград

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ НУКЛИДНОГО ВЕКТОРА ДЛЯ НОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С АЭС

USING THE NUCLIDE VECTOR CONCEPT FOR NORMALIZATION AND CONTROL OF EMISSIONS OF RADIOACTIVE SUBSTANCES FROM NPP

A.-N. Vukolova
A. Rusinkevich
A. Dolgikh

Summary. In accordance with the Order of the Government of the Russian Federation No. 1316-p dated July 8, 2015, which established the "List of pollutants for which measures of state regulation in the field of environmental protection are applied" (hereinafter — the List of Governments) [1], it is necessary to standardize and control 94 radionuclides in atmospheric air.

Controlling NPP emissions of all 94 radionuclides is a difficult technical and organizational problem; therefore, a reasonable reduction in the number of controlled radionuclides remains an urgent task.

The purpose of the proposed article is to consider approaches that allow solving the set task.

Keywords: radionuclides, emissions, problem, rationing control.

Вуколова Ангелина-Наталья Валерьевна
Инженер, НИЦ «Курчатовский институт»
anvukolova@gmail.com

Русинкевич Андрей Александрович
Начальник лаборатории, НИЦ «Курчатовский институт»
nrcki@nrcki.ru

Долгих Александр Петрович
Инженер, НИЦ «Курчатовский институт»

Аннотация. В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1316-р от 08 июля 2015 г., которое установило «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» (далее — Перечень Правительства) [1], необходимо нормировать и контролировать 94 радионуклида в атмосферном воздухе.

Контроль в выбросах АЭС всех 94 радионуклидов представляет сложную техническую и организационную проблему, поэтому актуальной задачей остается обоснованное сокращение числа контролируемых радионуклидов.

Целью предлагаемой статьи является рассмотрение подходов, позволяющих решить поставленную задачу.

Ключевые слова: радионуклиды, выбросы, проблема, нормирование, контроль.

Одним из возможных подходов к решению данной задачи является анализ данных по активности радионуклидов в выбросах АЭС, представленных в базе данных Европейской комиссией по радиоактивным выбросам зарубежных АЭС советского дизайна [2]. Выбор исходных данных обусловлен полнотой представленной информации о качественном и количественном составе выбросов выбранных АЭС, основные сведения о которых представлены в таблице 1.

Предлагаемая статья состоит из трех этапов, на каждом из которых показана возможность сокращения числа нормируемых и контролируемых радионуклидов.

Этап 1 состоит из формирования перечня радионуклидов, зарегистрированных аппаратурой радиационного контроля выбросов на всех перечисленных АЭС (далее — Перечень 1).

В выбросах семи рассматриваемых АЭС советского дизайна, оборудованных реакторными установками

ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, всего было зарегистрировано 63 радионуклида: ^{110m}Ag , ^{241}Am , ^{41}Ar , ^{76}As , ^{140}Ba , ^7Be , ^{14}C , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{242}Cm , ^{243}Cm + ^{244}Cm , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{55}Fe , ^{59}Fe , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{42}K , ^{85}Kr , ^{85m}Kr , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{89}Kr , ^{140}La , ^{54}Mn , ^{56}Mn , ^{99}Mo , ^{24}Na , ^{94}Nb , ^{95}Nb , ^{238}Pu , ^{239}Pu + ^{240}Pu , ^{106}Rh , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{122}Sb , ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{46}Sc , ^{75}Se , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{123m}Te , ^{132}Te , ^{131m}Xe , ^{133}Xe , ^{133m}Xe , ^{135}Xe , ^{135m}Xe , ^{137}Xe , ^{138}Xe , ^{65}Zn , ^{95}Zr .

Расхождения Перечня 1 с Перечнем Правительства обусловлено тем, что в реальных условиях в выбросе АЭС необязательно присутствуют все нуклиды из Перечня Правительства. Кроме того возможна ситуация, при которой активность некоторых радионуклидов мала и они не регистрируются.

Вопросы влияния величины наименьших пределов измерения использованной аппаратуры на перечень нормируемых и контролируемых радионуклидов выходят за рамки данной статьи, но будут рассмотрены в дальнейшем.

Таблица 1. Обобщённые данные о выбранных для анализа АЭС и их выбросах

АЭС	Тип РУ	Срок наблюдения, лет	Число регистрируемых нуклидов
Богунце (Словакия)	ВВЭР-440	13	40
Моховце (Словакия)	ВВЭР-440	13	41
Дукованы (Чехия)	ВВЭР-440	13	38
Пакш (Венгрия)	ВВЭР-440	13	38
Ловииса (Финляндия)	ВВЭР-440	22	36
Темелин (Чехия)	ВВЭР-1000	14	38
Козлодуй (Болгария)	ВВЭР-1000	13	42
Игналинская (Литва)	РБМК-1500	13	39

Выводы по этапу 1:

1. Список нормируемых и контролируемых радионуклидов сократился по сравнению с Перечнем Правительства с 94 до 63 радионуклидов.
2. В Перечень 1 вошли радионуклиды, которые могут контролироваться существующими техническими средствами.
3. В Перечень 1 вошли некоторые радионуклиды, которые отсутствуют в Перечне Правительства.

Этап 2 состоит из формирования перечня радионуклидов, создающих дозу равную 99% от дозы всех радионуклидов (далее — Перечень 99), зарегистрированных на АЭС.

Такая возможность предоставляется согласно РБ-106–15 [2].

На этом этапе используется нуклидный вектор (далее — НВ), т.к. в [3] представлены абсолютные величины активностей выбросов и такое представление затрудняет сравнение данных из-за разных величин выбросов по годам.

Нуклидный вектор по активности (q_{ij}) — это относительная величина активности каждого радионуклида, содержащегося в выбросе.

$$q_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^N A_{ij}} \quad (1)$$

где q_{ij} — относительная активность i -нуклида в выбросе j -года;

A_{ij} — активность выброса i -нуклида за j -год [Бк/год];
 N — суммарное число нуклидов в выбросе.

$$\sum_{i=1}^N q_{ij} = 1 \quad (2)$$

На этапе 2 для каждой АЭС по каждому году наблюдения были:

- ♦ построены НВ по активности;
- ♦ для каждого радионуклида из НВ рассчитаны дозы облучения, создаваемые ими;

- ♦ проведена сортировка радионуклидов по убыванию дозы облучения, создаваемой ими;
- ♦ установлен перечень радионуклидов, суммарная доза которых превышает 99% от суммарной дозы всех радионуклидов, вошедших в НВ (Перечень 99).

На этапах 2 и 3 проводились расчеты доз облучения в следующих предположениях;

- ♦ расчеты ведутся для выбросов при нормальной эксплуатации АЭС;
- ♦ нормируемой величиной является индивидуальная эффективная доза представителя критической группы населения, равная сумме доз от всех радионуклидов по всем путям облучения за календарный год (суммарная доза);
- ♦ суммарная доза рассчитывается на основе данных об активности регистрируемых радионуклидов от выбросов из всех источников выброса на АЭС за календарный год;
- ♦ расчет ведется для АЭС как одного источника выброса радионуклидов;
- ♦ суммарная доза рассчитывается по методике [2] в предположении об отсутствии разбавления выброса в атмосфере.

В Перечень 2 вошли все радионуклиды, которые хотя бы один раз попали в Перечень 99 на любой АЭС за любой год наблюдения.

Всего в Перечень 2 вошло 20 следующих радионуклидов: ^{110m}Ag , ^{41}Ar , ^{14}C , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I , ^{85m}Kr , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{124}Sb , ^{90}Sr , ^{75}Se , ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{106}Ru , ^{239}Pu + ^{240}Pu .

Если ввести виртуальный нуклид «Сумма ИРГ», то в Перечень 2 входят следующие нуклиды: Сумма ИРГ, ^{110m}Ag , ^{14}C , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I , ^{124}Sb , ^{90}Sr , ^{75}Se , ^{106}Ru , ^{239}Pu + ^{240}Pu .

Виртуальный нуклид «Сумма ИРГ» выделяется потому, что до настоящего времени одним из широко используемых показателей радиационной безопасности

Таблица 2. Относительный вклад в суммарную дозу отдельных радионуклидов, входящих в СНВ 99,%

АЭС	Ловииса	Богунце	Моховце	Пакш	Козлодуй	Темелин	Дукованы
^{14}C	87,23	75,08	94,47	74,54	96,26	87,73	95,4
^{60}Co	0,92	0,41	0,03	1,13	0,28		0,04
^{134}Cs	-	-	-	-	-	0,57	-
^{137}Cs	-	-	-	1,01	0,06	0,36	-
^3H	0,76	2,03	1,66	6,51	0,97	6,24	-
^{181}Hf	-	2,77	-	-	-	-	-
^{131}I	3,43	8,42	0,38	3,61	1,27	3,00	0,24
Сумма ИРГ	6,89	10,47	2,72	12,21	0,25	1,46	3,69
Сумма,%	99,23	99,18	99,26	99,01	99,09	99,36	99,37

АЭС является именно суммарная активности выбросов ИРГ, контроль которых имеет хорошо разработанное приборное и методическое обеспечение.

В данной работе при расчете дозы от виртуального нуклида «Сумма ИРГ» использовался на каждой АЭС свой радионуклидный вектор выбросов ИРГ.

Выводы по этапу 2:

1. Перечень 2 (Сумма ИРГ, ^{110m}Ag , ^{14}C , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I , ^{124}Sb , ^{90}Sr , ^{75}Se , ^{106}Ru , ^{239}Pu + ^{240}Pu .) является универсальным для всех рассмотренных АЭС.
2. В Перечень 2 вошли радионуклиды, которые дают основной вклад в суммарную дозу облучения при соблюдении условий эксплуатации АЭС, принятых до 2016 года.
3. Список нормируемых и контролируемых радионуклидов сократился по сравнению с Перечнем Правительства с 94 до 20 радионуклидов (с учетом виртуального радионуклида «Сумма ИРГ» — до 15).

На 3 этапе для каждой АЭС из таблицы 1:

- ♦ строится НВ, элементами которого являются активности радионуклидов, усредненные по годам наблюдения (средний НВ или далее — СНВ);
- ♦ для каждого радионуклида рассчитывается доза, создаваемая выбросом с относительной активностью, соответствующей СНВ;
- ♦ проводится сортировка радионуклидов по величине дозы, отбираются радионуклиды, дающие вклад в суммарную дозу более 99% от суммарной дозы всех регистрируемых радионуклидов, и таким образом определяется Перечень 3.

Радионуклиды, входящие в Перечень 3, образуют нуклидный вектор СНВ 99.

Перечень нуклидов, вошедших в СНВ 99 для АЭС российского дизайна ВВЭР-440 и ВВЭР-1000, представлен в таблице 2.

В Перечень 3 входят следующие радионуклиды: Сумма ИРГ, ^{14}C , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I .

Так как нормирование выбросов базируется на прогнозе суммарной дозы, далее на этапе 3 проводится анализ возможности прогнозирования суммарной дозы в отдельные годы с использованием СНВ 99.

Чтобы убедиться, что СНВ 99 может быть использован для прогнозирования суммарной дозы, для каждой АЭС проведены следующие расчеты.

Для каждого года наблюдения построены годовые нуклидные вектора, содержащие относительную активность всех радионуклидов, регистрируемых на данной АЭС. Используя построенные годовые НВ, рассчитаны значения суммарных доз по годам, которые считаются «истинными» (D_j).

Далее для каждой АЭС по СНВ 99 рассчитывается значение суммарной дозы (прогнозируемая доза, D_s).

В качестве количественной меры сравнения (P_j) для j года взято отношение

$$P_j = D_s/D_j \quad (3)$$

На рисунках 1–8 представлены значения P_j по годам для различных АЭС. Из 101 значения (сумма лет наблюдения на АЭС ВВЭР-440 и ВВЭР-1000) выявлено 2 случая, в которых P_j превосходит 2,0 (Богунце 2016 г. и Ловииса 1996 г.), и 11 случаев, в которых P_j меньше 0,5. Во всех остальных случаях (по всем годам и всем АЭС) P_j оставался в диапазоне 0,5÷2.

Рисунок 1. Критерий постоянства выбросов АЭС Богунце за период наблюдения

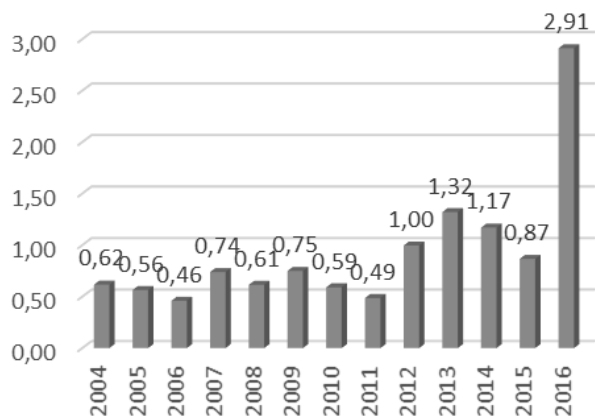


Рисунок 2. Критерий постоянства выбросов АЭС Моховце за период наблюдения

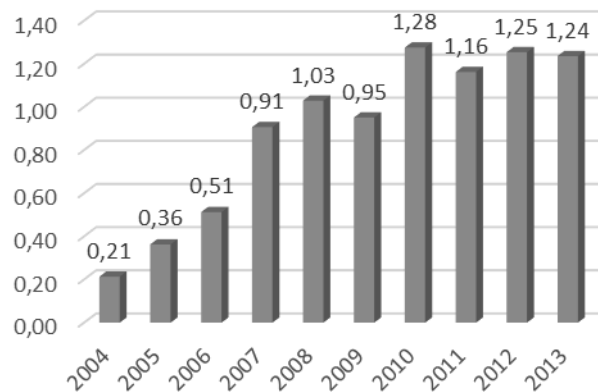


Рисунок 3. Критерий постоянства выбросов АЭС Дукованы за период наблюдения

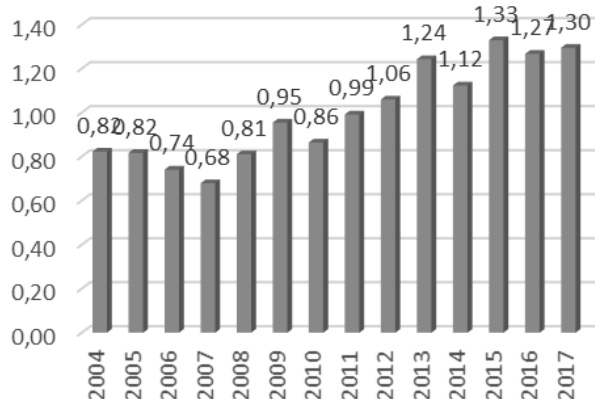


Рисунок 4. Критерий постоянства выбросов АЭС Темелин за период наблюдения

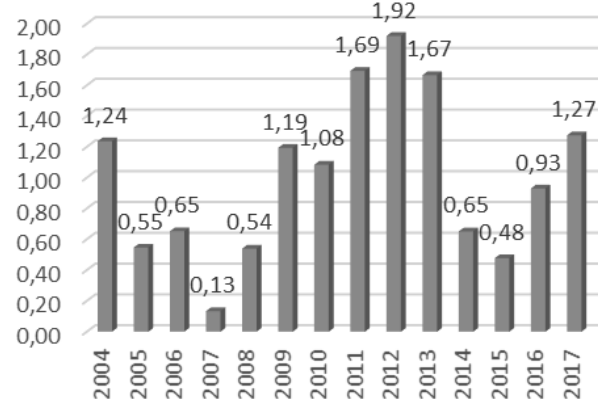


Рисунок 5. Критерий постоянства выбросов АЭС Ловиша за период наблюдения

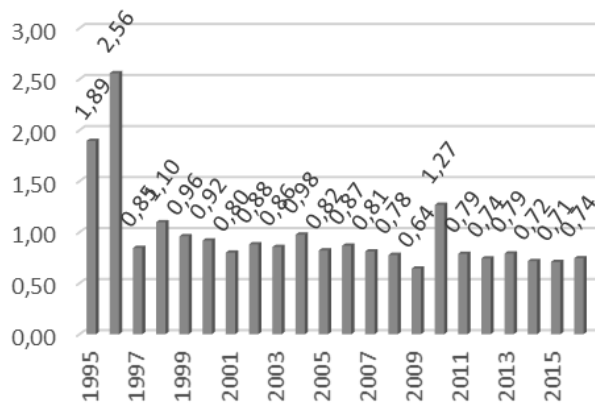


Рисунок 6. Критерий постоянства выбросов АЭС Темелин за период наблюдения

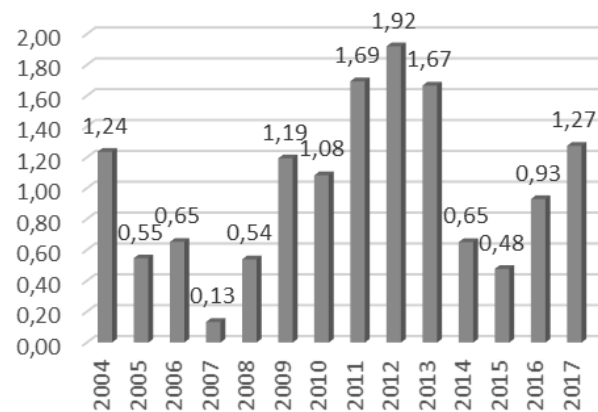


Рисунок 7. Критерий постоянства выбросов АЭС Козлодуй за период наблюдения

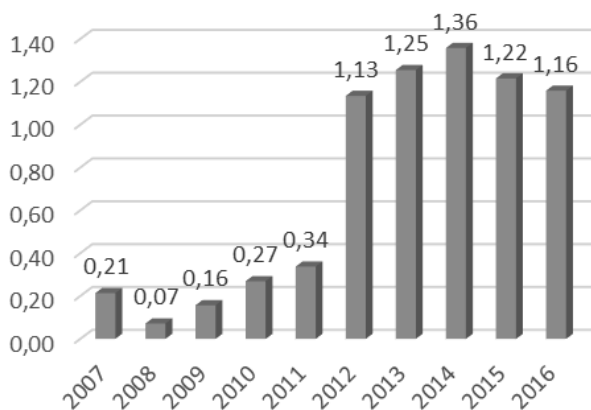
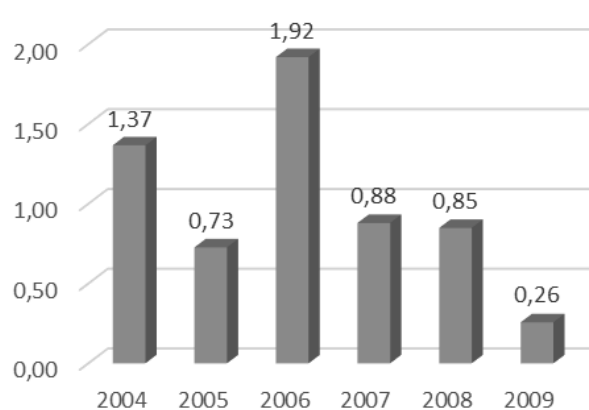


Рисунок 8. Критерий постоянства выбросов Игналинской АЭС за период наблюдения



Отсюда следует, что средний НВ может быть использован для прогнозирования суммарной дозы выбросов РВ на всех АЭС российского дизайна (таблица 1) с точностью до коэффициента 2. Так как реальные выбросы РВ АЭС составляют несколько процентов от допустимых выбросов, точность прогноза суммарной дозы до коэффициента 2 можно считать приемлемой.

Учитывая сделанные замечания, можно считать, что СНВ 99 является стабильным.

Стабильность нуклидного вектора в выбросах АЭС открывает возможность для упрощения процессов нормирования и контроля выбросов АЭС. Это упрощение связано с возможностью прогнозирования активности и дозы для любого радионуклида из НВ, а также суммарную дозу всех радионуклидов, если известна активность одного заданного радионуклида (реперного нуклида).

Если известны a_r — удельная активность r -нуклида (реперного нуклида), q_r, q_i — элементы нуклидного вектора, то можно определить a_i — удельную активность i -нуклида из НВ по следующей формуле:

$$a_i = a_r \times \frac{q_i}{q_r}, \quad (4)$$

Суммарная годовая эффективная доза облучения D_Σ определяется по формуле:

$$D_\Sigma = \sum_{i=1}^K C_i a_i = \frac{a_r}{q_r} \times \sum_{i=1}^K C_i q_i = \frac{a_r}{q_r} \times D_{q_r}, \quad (5)$$

где D_q — суммарная доза всех нуклидов НВ. Другими словами D_q — доза, создаваемая радионуклидами НВ при условии, что их суммарная активность равна 1 Бк/м³ (a_r и q_r имеют размерность [Бк/м³]);

C_i — коэффициент перевода удельной активности в дозу.

Таким образом, зная НВ и дозу реперного нуклида, можно рассчитать суммарную дозу от всех нуклидов, входящих в НВ, по методике [2].

Теоретически реперным радионуклидом может быть выбран любой нуклид, входящий в выброс заданной АЭС. Однако, в следствии того, что вклад в суммарную дозу отдельных нуклидов сильно различается (от десятков до десятых долей процента) и активность реальных выбросов не постоянна во времени, необходимо провести отбор реперных нуклидов. В данной работе все радионуклиды, входящие в СНВ 99 для всех АЭС, были проверены в качестве реперных.

Для исследования возможностей использования реперных нуклидов для каждой АЭС по НВ-99 и известным данным о реперных радионуклидах прогнозировалась суммарная годовая доза $D_\Sigma^{пр.}$ (далее — прогнозируемая доза), которая сравнивалась с истинной дозой $D_\Sigma^{ист.}$. Для определения реперного радионуклида среди возможных было вычислено отношение прогнозируемой по данному радионуклиду суммарной дозы к истинной суммарной дозе (Р). Для лучшего реперного радионуклида данное отношение должно быть близко к единице.

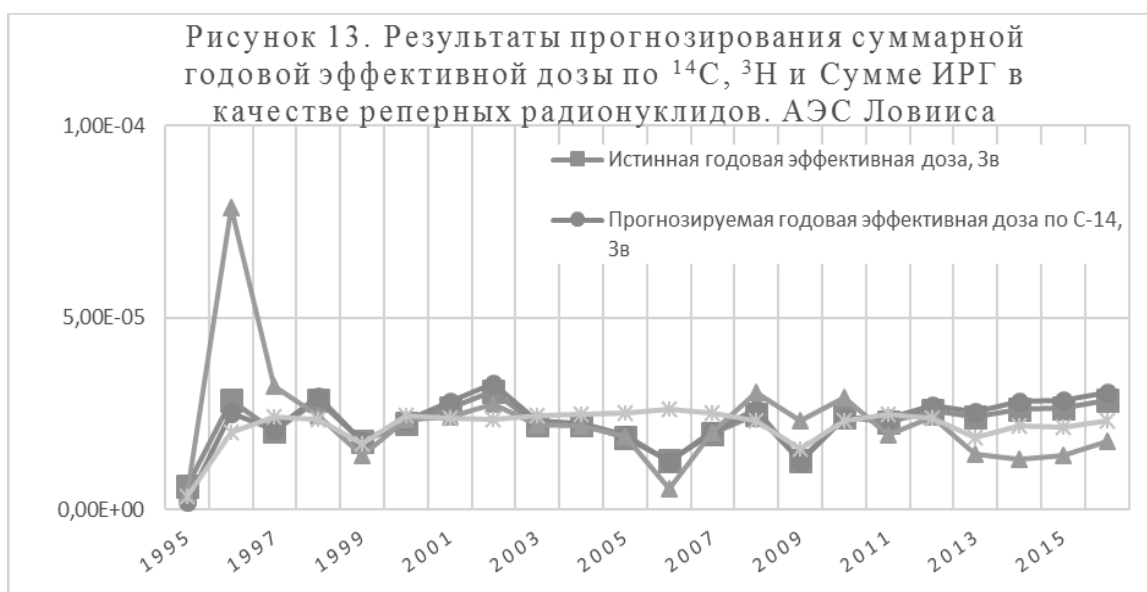
В качестве примера в таблице 3 приведены значения отношений прогнозируемой по реперному радионуклиду суммарной годовой дозы к истинной для АЭС Богунце. Наилучшие результаты прогнозирования дозы дают ¹⁴C и ³H в качестве реперных радионуклидов (Р лежит

Таблица 3. Отношение прогнозируемой по реперному радионуклиду суммарной годовой дозы к истинной $D_{\Sigma}^{пр} / D_{\Sigma}^{ист.}$ для АЭС Богунце.

Реперный нуклид	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
^3H	0,57	1,43	1,64	1,37	1,08	0,95	0,75	0,94	0,97	0,78	0,97	1,42	1,17
^{14}C	0,17	0,95	1,12	1,18	1,23	1,27	1,23	1,18	1,26	1,29	1,27	1,24	0,84
Сумма ИРГ	0,82	1,68	2,13	1,26	1,38	1,04	1,90	2,61	1,33	1,04	1,13	1,51	0,06
^{41}Ar	0,79	1,56	2,01	1,31	1,22	0,91	1,91	2,73	1,45	1,16	1,24	1,65	0,00
^{60}Co	1,14	5,65	2,43	2,91	2,91	1,58	0,69	1,25	0,30	0,13	0,18	0,30	0,30
^{131}I	16,01	3,40	0,87	0,82	0,24	0,10	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
^{181}Hf	_*	_*	_*	_*	_*	_*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40

*Символ (-) обозначает, что в выбранный год измерения активности данного реперного радионуклида не проводились.







в диапазоне 0,5÷2). Кроме того, хорошие результаты прогнозирования дозы продемонстрировал виртуальный нуклид — сумма ИРГ. Аналогичные результаты получены для других АЭС из списка 1, кроме Игналинской АЭС. Для нее лучший результат получен для ^{131}I , прогнозирование дозы по ^{14}C и ^3H в качестве реперных радионуклидов оказывается невозможным, т.к. измерения активности ^{14}C и ^3H в выбросе в период с 2004 года по 2007 год не проводились.

Аналогичные результаты прогнозирования по ^{14}C , ^3H и сумме ИРГ в качестве реперных радионуклидов были получены для каждой из рассматриваемых АЭС из таблицы 1. Результаты прогнозирования суммарной годовой эффективной дозы по ^{14}C , ^3H и сумме ИРГ в качестве реперных радионуклидов представлены на рисунках 9–15.

На рисунке 16 показаны результаты прогнозирования годовой эффективной дозы для Игналинской АЭС по ^{131}I в качестве реперного радионуклида.

Таким образом, выделены реперные нуклиды для газоаэрозольных выбросов рассматриваемых АЭС:

- ◆ для АЭС с энергоблоками ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 лучшими реперными радионуклидами являются ^{14}C , ^3H и сумма ИРГ;
- ◆ для Игналинской АЭС, оборудованной энергоблоком РБМК-1500, в период нормальной эксплуатации лучшим реперным радионуклидом является ^{131}I .

Выводы

1. Получен Перечень 1, в который вошли все нормируемые и контролируемые в течение периода на-

блюдения радионуклиды, зарегистрированные в выбросах АЭС, представленных в таблице 1.

В Перечень 1 вошли радионуклиды, которые могут контролироваться существующими техническими средствами.

По сравнению с Перечнем Правительства, который содержит 94 радионуклида, Перечень 1 содержит 63 радионуклида. Однако в Перечень 1 вошли некоторые радионуклиды, которые отсутствуют в Перечне Правительства.

2. Получен Перечень 2, в который вошли радионуклиды, дающие основной вклад в суммарную дозу облучения при соблюдении условий эксплуатации АЭС, принятых до 2016 года.

Перечень 2 (Сумма ИРГ, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{14}C , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^3H , ^{181}Hf , ^{131}I , ^{124}Sb , ^{90}Sr , ^{75}Se , ^{106}Ru , ^{239}Pu + ^{240}Pu .) является универсальным для всех рассмотренных АЭС.

3. Используя полученный Перечень 2, список нормируемых и контролируемых радионуклидов возможно сократить по сравнению с Перечнем Правительства с 94 до 20 радионуклидов (с учетом виртуального радионуклида «Сумма ИРГ» — до 15).
4. Выделены реперные нуклиды для газоаэрозольных выбросов рассматриваемых АЭС:
 - ◆ для АЭС с энергоблоками ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 лучшими реперными радионуклидами являются ^{14}C , ^3H и сумма ИРГ;
 - ◆ для Игналинской АЭС, оборудованной энергоблоком РБМК-1500, в период нормальной эксплуатации лучшим реперным радионуклидом является ^{131}I .

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N1316-р Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды
2. РБ-106–15 Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух»
3. RADD, the European Commission RAdioactive Discharges Database

© Вуколова Ангелина-Наталья Валерьевна (anvukolova@gmail.com),
 Русинкевич Андрей Александрович (nrcki@nrcki.ru), Долгих Александр Петрович.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖКХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

GOLD DETERMINATION BY NEUTRON-ACTIVATION METHOD IN ANTHROPOGENIC WASTE OF ENERGY UTILITIES COMPANIES IN PRIMORSKY REGION

**O. Elkin
S. Ivannikov
I. Grebenyuk
V. Zheleznov
A. Taskin**

Summary. Decrease in the flow of thermal neutrons from an neutron ampoule source based on Cf-252 inside the activation zone due to the absorption of thermal neutrons by elements contained in the sample (Fe, Ti and Mn) was shown. It was established that the active absorption of thermal neutrons by matrix elements of the sample can lead to a systematic error in the determination of elements (Au and Eu) by the instrumental neutron activation method (INAA) in samples of different elemental composition.

The linear correlation of the thermal neutron flux in the center of the cell with the activated sample on the average absorption cross-section was shown. For the correct determination of elements by INAA in samples of complex and heterogeneous composition, in particular in ash and slag waste of energy utilities, amend the absorption of thermal neutrons on the basis of sample preliminary elemental analysis was proposed.

It was shown that data on the fine gold content in the ash and slag waste determined by INAA method significantly higher than gold content determined by methods involving acid or assay decomposition of sample. The discrepancy in the results could be associated with the dense association of micron-sized gold particles with the surrounding minerals of ash and slag waste.

It was found according to the research results that ash and slag waste of utilities contain gold in quantities that can be considered as potentially interesting for industrial extraction.

Keywords: neutron-activation analysis; waste of energy utilities; finely dispersed gold; anthropogenic deposits; ampoule neutron source.

Елкин Олег Иванович

Начальник подразделения, ДВФУ, г. Владивосток
elkin8@yandex.ru

Иванников Сергей Игоревич

К.х.н., н.с., Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток
fyajkfqn@mail.ru

Гребенюк Игорь Владимирович

Главный проектный менеджер, ДВФУ, г. Владивосток
grebenyuk.iv@dvfu.ru

Железнов Вениамин Викторович

Д.х.н., Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток

Таскин Андрей Васильевич

К.х.н., ДВФУ, г. Владивосток
taskin@yandex.ru

Аннотация. Показано снижение потока тепловых нейтронов от ампульного источника нейтронов на основе Cf-252 внутри активационной зоны установки ИНАА, за счёт поглощения тепловых нейтронов макроэлементами, содержащимися в пробе (Fe, Ti и Mn). Установлено что активное поглощение тепловых нейтронов матричными элементами пробы может привести к систематической ошибке определения ряда элементов (Au и Eu) методом ИНАА при работе с образцами различного элементного состава.

Показана линейная зависимость величины потока тепловых нейтронов в центре кюветы с активируемым образцом от усреднённого сечения поглощения.

Для корректного определения элементов методом ИНАА в образцах сложного и неоднородного состава, в частности в золошлаковых отходах энергопредприятий ЖКХ, предложено вносить поправку на поглощение тепловых нейтронов на основе предварительного элементного анализа пробы.

Показано, что при определении тонкодисперсного золота методом ИНАА в золошлаковых отходах энергопредприятий ЖКХ, данные по содержанию золота в ЗШО, оказываются существенно выше, чем при использовании методов, предполагающие кислотное или пробирное разложение драгметаллов, за счёт более полного определения золота микронного размера, частицы которого плотно ассоциированы с окружающими минералами.

Установлено, что золошлаковые отходы энергопредприятий ЖКХ содержат золото в количествах, которые можно рассматривать как потенциально интересные для промышленного извлечения.

Ключевые слова: нейтронно-активационный анализ; золошлаковые отходы энергопредприятий ЖКХ; тонкодисперсное золото; техногенные месторождения; ампульный источник нейтронов.

Введение

В настоящее время, как в России, так и за рубежом, происходит постепенное уменьшение объемов добычи россыпного золота. Тенденция к снижению среднего содержания металла в добываемых золотосодержащих песках приводит к росту издержек производства, что в конечном итоге сказывается на объеме прибыли, зачастую недостаточной для эффективного развития золотодобывающей отрасли [1], вместе с этим растёт интерес к переработке, как отвалов отработанных месторождений, так и других техногенных источников [2, 3]. Происходящие изменения в минерально-сырьевой базе затрагивают экономическое, экологические и социальные аспекты. Возникающие при этом многочисленные проблемы золотодобывающей отрасли, заставляют осуществлять поиск нетрадиционных решений и применять более сложные сценарии стратегического планирования [1]. Важнейшей проблемой, является увеличение объемов экономически эффективного производства золота из традиционных и нетрадиционных типов месторождений при минимальных затратах на сырье, заработную плату и финансовые средства.

В этой связи значительный интерес представляют золошлаковые отходы предприятий энергетики, ежегодное пополнение которых не только увеличивает негативную нагрузку на окружающую среду, но и обуславливает необходимость вовлечения таких источников в переработку с извлечением, в числе прочих, таких ценных компонентов как золото и редкоземельные элементы [4–6].

Техногенные золотосодержащие отходы с точки зрения вовлечения их в технологический передел с извлечением драгоценных металлов имеют свои особенности. Недостатками таких отходов в силу их химических, физико-механических и структурных особенностей являются: на порядок большее, чем в традиционном рудном сырье количество минеральных включений; невысокое содержание золота; золото представлено в основном трудно извлекаемыми формами. Значительная часть золота рассеяна в минеральной матрице и представлена разными формами тонко- и ультрадисперсных частиц, в виде вкраплений ассоциированных с сульфидными минералами, разной степенью окисленности [7–10]. Кроме того, в золах и золошлаках золото распределено неравномерно. Его содержание его может составлять от 0,015 до 1,76 г/т. При этом в продуктах магнитной фракции отмечается повышенное содержание золота в пределах 0,14–0,546 г/т [11].

При определении содержания тонкого и сверхтонкого золота в тех случаях, когда микрочастицы металла плотно ассоциированы с минералами различного со-

става, классические методы анализа золота, предполагающие разложение пробы, могут приводить к систематической погрешности за счёт неполного извлечения металла [12]. Альтернативой может быть использование ядерно-физических методов анализа, которые позволяют избежать систематического занижения результатов при анализе тонкого золота [13]. В частности, перспективным является использование инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) с использованием ампульного источника нейтронов на основе калифорния-252. Данный метод позволяет проводить определение золота в навесках до 300 г, что снимает вопрос о представительности пробы [14].

Следует, однако, учитывать, что в химическом плане техногенные месторождения золота являются объектами весьма сложными и неоднородными, а характер взаимодействия нейтронов с разными элементами существенно отличается. Таким образом, в зависимости от элементного состава пробы можно ожидать и существенного изменения распределения потока нейтронов внутри пробы, что может исказить результаты ИНАА. Для исключения обусловленных этим возможных систематических погрешностей при количественном определении содержания золота с помощью ИНАА в техногенных объектах было исследовано влияние на результаты ИНАА матричного состава пробы.

Актуальность представленной работы непосредственно связана с решением задачи определения содержания драгоценных металлов в золошлаковых отходах энергетических предприятий и поиском эффективного решения проблемы их извлечения из ЗШО энергопредприятий ЖКХ.

Методика эксперимента

В качестве объекта исследования были взяты пробы ЗШО работающих на угле котельных ЖКХ Приморского края. — котельная № 3.3 г. Находка, котельная № 4.1 г. Находка, котельная г. Новошахтинск, котельная № 4 г. Дальнегорск, котельная г. Б. Камень.

Работы по определению золота методом ИНАА проводилась на разработанной в Институте химии ДВО РАН установке с ампульным источником нейтронов на основе калифорния-252 [15]. Установка, состоит из блока активации и спектрометрического комплекса (рис. 1).

Блок активации имеет центральный канал, в котором на подвижном штоке, располагаются ампульные источники нейтронов на основе ^{252}Cf .

Пробы помещаются в 6 вертикальных облучательных каналах, высотой 160 мм и диаметром 67 мм, что позво-

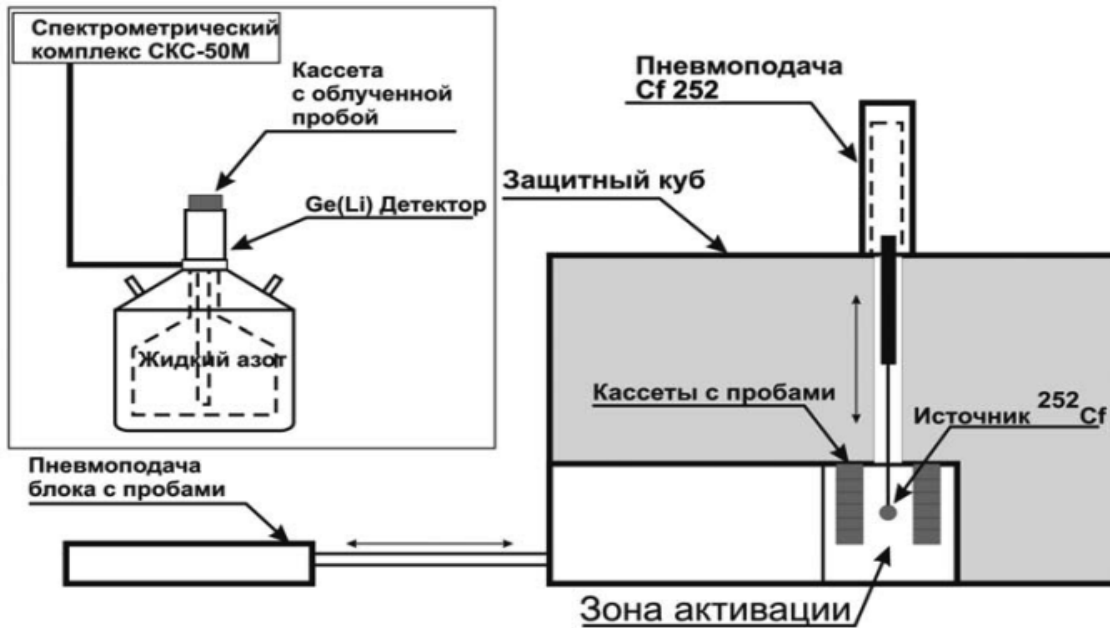


Рис. 1. Схема установки ИНАА с ампульным источником нейтронов на основе Cf-252

ляет проводить одновременное облучение до 36 кассет с пробами высотой с максимальной навеской до 300 г. Суммарный выход нейтронов от источников на основе ^{252}Cf на момент проведения экспериментов составил 1×10^9 нейтрон/сек. Геометрия активации, подбор замедлителя

и другие условия подробно описаны в работе диссертационной работе Кустова В. Н. [16].

Спектрометрический комплекс выполнен на основе коаксиального полупроводникового детектора типа GC2018 на основе сверхчистого германия, производства компании «Canberra». Энергетическое разрешение детектора составляет 1,8 кэВ при энергии излучения 1332 кэВ, относительная эффективность регистрации по пику 1332 кэВ составляет 20%.

Помимо детектора в состав спектрометрического комплекса входит предусилитель 2002CSL с охлаждаемым головным каскадом и процессор импульсных сигналов SBS-75 производства ООО «Грин Стар Технолоджис».

Для набора спектров гамма-излучения использовалась программа eSBS Version 1.6.7.0. Для обработки результатов измерений, применялась программа «Гамма-анализатор для полупроводниковых детекторов (ППД)» версия 1.0.

Длительность активации образцов составляла 72 ч, время выдержки образцов 1 час, время измерения в зависимости от содержания золота в пробах составляло

от 10 мин до 2 ч. Порог определения золота по изотопу ^{198}Au , при приведённых условиях составлял 0,1 г/т.

Пространственное распределение потока тепловых и резонансных нейтронов изучали методом кадмиевой разности. Толщина кадмиевого фильтра составляла 0,7 мм.

Определение элементного состава пробы проводилось методом рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на энергодисперсионном рентгено-флуоресцентном спектрометре EDX-800HS производства Shimadzu, Япония в Лаборатории молекулярного и элементного анализа Института химии ДВО РАН, входящей в Центр коллективного пользования «Дальневосточный центр структурных исследований» (ДВЦСИ). Чувствительность определения элементов от Na до U для данного метода составила до 1 ppm.

Контрольные измерения содержания золота в золошлаковых отходах энергопредприятий ЖКХ проводились в лаборатории микро- и наноисследований аналитического центра Дальневосточного геологического института ДВО РАН (ДВГИ), методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии (ААС) на атомно-адсорбционном спектрофотометре Shimadzu 6800.

Микрофотографии частиц тонкодисперсного золота были получены с помощью растрового электронного микроскопа JEOL (Япония), оснащённого энергодисперсионным анализатором «JCM-6000 PLUS» в Институте горного дела ДВО РАН и сканирующем электронном

Таблица 1. Плотность потока тепловых нейтронов в центре 100 мл кюветы при облучении золотых пластин

Позиция	Al-силикаты (нейтр/сек*см ²)	Недожог угля (нейтр/сек*см ²)	Fe-содержащий концентрат (нейтр/сек*см ²)	Ti-магнетит (нейтр/сек*см ²)
1	3,41E+07	3,61E+07	2,31E+07	2,55E+07
2	4,98E+07	4,41E+07	2,87E+07	3,50E+07
3	5,14E+07	5,11E+07	2,93E+07	4,11E+07
4	5,06E+07	5,22E+07	2,99E+07	4,33E+07

Таблица 2. Плотность потока тепловых нейтронов в центре 100 мл кюветы при облучении образцов Eu₂O₃

Позиция	Al-силикаты (нейтр/сек*см ²)	Недожог угля (нейтр/сек*см ²)	Fe-содержащий концентрат (нейтр/сек*см ²)	Ti-магнетит (нейтр/сек*см ²)
1	3,69E+07	3,07E+07	2,14E+07	2,23E+07
2	4,66E+07	3,65E+07	2,77E+07	2,77E+07
3	5,20E+07	4,23E+07	2,92E+07	3,32E+07
4	5,78E+07	4,86E+07	3,25E+07	3,60E+07

микроскопе JSM-6490LV (JEOL, Япония), оборудованном энергодисперсионным спектрометром INCA Energy и системой микроанализа для спектрометра с волновой дисперсией (ВДС) INCA Wave в ДВГИ ДВО РАН.

Результаты и обсуждение

На имеющейся установке ИНАА ранее были проведены исследования по определению золота в модельных пробах различного элементного состава [17]. Были рассмотрены следующие возможные источники систематических погрешностей определения золота с помощью ИНАА на основе ²⁵²Cf при внесении в зону формирования нейтронного поля большого количества сильно отличающихся, по своему составу проб:

- ♦ изменение спектра нейтронов из-за разных сечений рассеяния нейтронов, в частности за счёт активного рассеяния нейтронов на лёгких элементах;
- ♦ изменение потока нейтронов, связанное с поглощением нейтронов тяжёлыми элементами, содержащимися в пробах.

Проведённые исследования показали:

- ♦ отсутствие значимого различия в рассеянии потока тепловых и резонансных нейтронов от ампульного источника ²⁵²Cf, при определении золота в пробах различного минерального состава;
- ♦ значимое снижение потока тепловых нейтронов от ампульного источника ²⁵²Cf, за счёт поглощения нейтронов макроколичествами железа и титана, содержащимися в железосодержащих и титаномагнетитовых пробах.

С целью разработки методики учёта эффекта поглощения тепловых нейтронов при проведении ИНАА в пробах различного минерального состава, в данной работе нами были проведены дополнительные исследования влияния состава ЗШО и отдельных фракций золы (алюмосиликаты; недожог угля; железный концентрат; титаномагнетит) на результаты ИНАА.

Во-первых, изучалось влияние на результаты ИНАА привнесение в зону активации значительного количества вещества (3–5 кг), для имитирования полной загрузки зоны активации исследуемыми образцами.

Эксперименты с активацией образцов золотой фольги массой 1.5–2.0 мг в центре 100 мл кювет, заполненных модельными пробами различного минерального состава, показали снижение потока тепловых нейтронов в среднем в 1.2–1.8 раза в центре кюветы при переходе от алюмосиликатной и углеродсодержащей пробы к железосодержащему концентрату и титаномагнетиту (табл. 1).

Аналогичные результаты наблюдались и при определении методом ИНАА содержания Европия. При активации образцов оксида европия (Eu₂O₃) массой 3.1–3.5 мг, в центре 100 мл кювет, заполненных модельными пробами различного минерального состава, было обнаружено снижение потока тепловых нейтронов в среднем в 1.5–1.8 раза при переходе от алюмосиликатной и углеродсодержащей пробы к железосодержащему концентрату и титаномагнетиту (табл. 2) (рис. 2).

Таким образом, снижение потока тепловых нейтронов в железосодержащем концентрате и титаномагне-

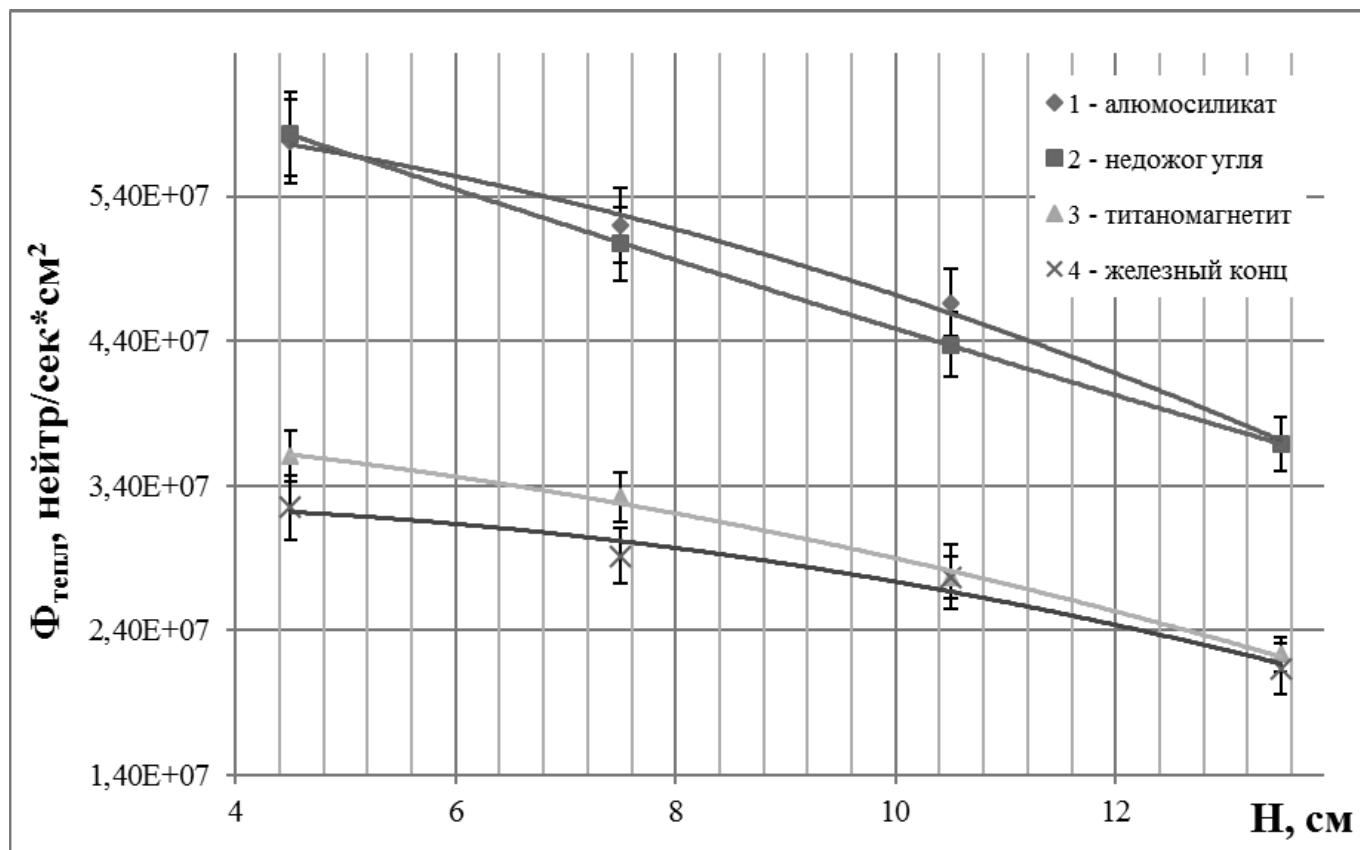


Рис. 2. Пространственное распределение потоков тепловых нейтронов в модельных пробах различного минерального состава, при определении европия методом ИНАА: 1 — алюмосиликаты; 2 — недожог угля; 3 — титаномагнетит; 4 — железосодержащий концентрат

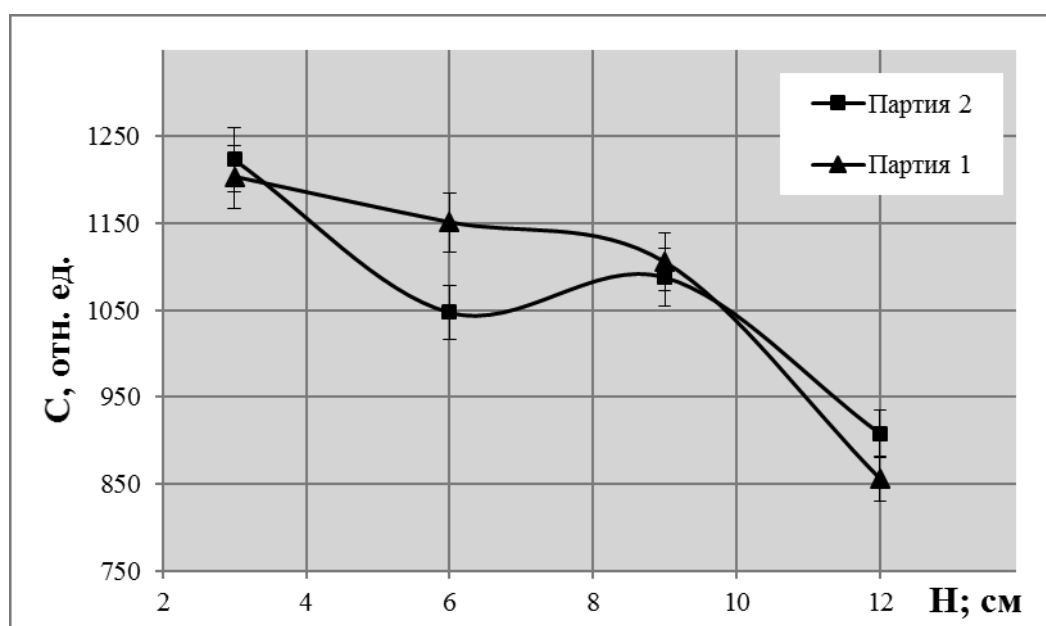


Рис. 3. Различие в наведённой активности при облучении золотых пластин в алюмосиликатном окружении — партия 1 и в железосодержащем концентрате — партия 2

Таблица 3. Содержание макроэлементов в пробе и усредненное сечение поглощения, исследованных модельных образцов

Проба	Содержание макроэлементов, масс.%										$\sigma_{ср}$ $\sigma_{арн}$
	Fe	Ti	Cr	Al	Mn	Si	Ca	K	C	O	
1	0,43	0,13	0,15	6,76	0,02	33,5	2,20	6,63	2,11	47,2	0,25
2	1,04	0,01	0,48	10,9	0,01	18,4	2,22	2,48	28,1	34,3	0,17
3	54,6	6,20	1,39	0,01	1,10	0,30	3,50	0,40	0,00	30,9	2,06
4	45,3	4,34	0,00	1,86	0,58	2,35	0,58	0,00	0,00	43,6	1,54

тите, по сравнению с пробами из недожога угля и алюмосиликатов, за счёт поглощения нейтронов, может приводить к систематической ошибке анализов при определении различных элементов.

Поскольку при определении золота методом ИНАА возможно одновременное облучение проб различного минерального состава, важной задачей является оценка эффекта снижения потока тепловых нейтронов, за счёт поглощения матричными компонентами пробы для одиночного образца. Для этого проводились измерения с двумя сериями проб объёмом по 50 мл каждая, с внесёнными внутрь золотыми пластинами массой по 2.0 мг. В первой серии во всех образцах в качестве наполнителя использовалась модельная алюмосиликатная проба, а в одном образце в качестве наполнителя использовался железосодержащий концентрат. Исследуемая серия проб заполняла 1 из 6 облучательных каналов, а в качестве балластовой загрузки для остальных каналов использовалась модельная алюмосиликатная проба общей массой в 3 кг. Проведённые измерения показали занижение результатов ИНАА при определении золота в железосодержащем концентрате на 9%, по сравнению с аналогичным измерением для алюмосиликатной пробы (рис. 3).

Поскольку снижение потока тепловых нейтронов в железосодержащем образце, по сравнению с алюмосиликатным, при определении золота методом ИНАА вызвано поглощением нейтронов элементами пробы, то для учёта влияния данного фактора необходимо оценить элементный состав исследуемых образцов.

С помощью метода РФА, нами были получены основные данные по элементному составу модельных проб. Данные по содержанию углерода были получены с помощью анализатора углерода Shimadzu TOC-ve, данные по содержанию кислорода были получены расчётным методом (табл. 3).

Примечание: 1 — алюмосиликаты; 2 — недожог угля; 3 — железосодержащий концентрат; 4 — титаномагнетит.

На основании полученных данных были рассчитаны значения усреднённого сечения поглощения тепловых нейтронов макроэлементами модельных образцов (табл. 3). Усреднённое сечение поглощения для пробы рассчитывалось по формуле:

$$\sigma_{ср} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \sigma_i$$

где $C_i, \%$ — содержание элемента в пробе, $\sigma_i, \sigma_{арн}$ — сечение поглощения тепловых нейтронов для естественной изотопной смеси данного элемента, n — число элементов. Значения σ_i были взяты из справочника Медниса [18]. В результате была обнаружена линейная корреляция между величиной потока тепловых нейтронов в центре 100 мл кюветы и усреднённым сечением поглощения тепловых нейтронов, рассчитанном по основным макроэлементам пробы (рис. 4). Коэффициент корреляции составляет 0,99.

в центре кюветы от усреднённого сечения поглощения тепловых нейтронов макрокомпонентами пробы $\sigma_{ср}$

Как показали результаты расчётов $\sigma_{ср}$ основной вклад в поглощение потока тепловых нейтронов вносят Fe, Ti и Mn, содержащиеся в пробах, за счёт высоких значений сечения поглощения и содержания в исследуемых образцах. На долю этих элементов приходится 94–98% поглощения нейтронов для железосодержащей и титаномагнетитовой пробы и 10–64% поглощения нейтронов для алюмосиликатной пробы и недожога угля.

Поскольку при активации проб содержащих макроколичества Fe, Ti и Mn возможна систематическая погрешность при определении элементов методом ИНАА, то для проведения корректных анализов необходимо либо создавать эталоны, моделирующие содержание основных поглощающих элементов, либо вносить поправку на поглощение тепловых нейтронов на основе предварительного элементного анализа пробы. Помимо указанных выше элементов, существенный вклад в поглощение тепловых нейтронов за счёт высоких по-

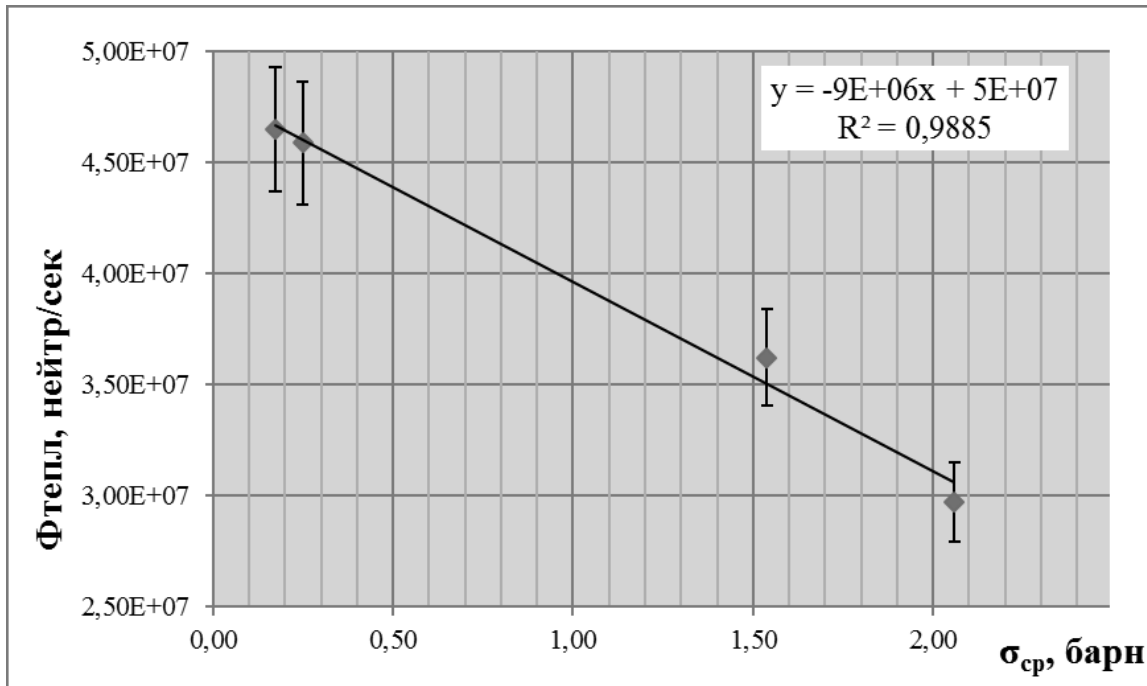


Рис. 4. Зависимость величины потока тепловых нейтронов $\Phi_{тепл}$

казателей сечения поглощения, также может вносить мышьяк, в избытке содержащийся в арсенопиритовых пробах, и редкоземельные элементы (РЗЭ) при их высоком содержании в пробе. Поэтому наиболее точной будет поправка на поглощение тепловых нейтронов, рассчитанная по всем макроэлементам пробы, включая РЗЭ.

Зависимость между величиной потока тепловых нейтронов и усреднённым сечением поглощения пробы носит линейный характер (см. рис. 4) и по результатам экспериментальных измерений равна:

$$\Phi_{тепл} = -8,9 \cdot 10^6 \cdot \sigma_{ср} + 4,82 \cdot 10^7,$$

где $\Phi_{тепл}$ — поток тепловых нейтронов в центре кюветы с породой; $\sigma_{ср}$ — усреднённое сечение поглощения тепловых нейтронов макроэлементами пробы. Такую зависимость можно использовать для введения поправки на поглощение нейтронов, рассмотрим это на примере железосодержащего концентрата. Усреднённое сечение поглощения тепловых нейтронов для данной пробы составило — $\sigma_{ср}=2,06$ барн, что соответствует падению потока тепловых нейтронов в центре кюветы с образцом на:

$$\Delta\Phi_{тепл} = \frac{8,9 \cdot 10^6 \cdot \sigma_{ср}}{4,82 \cdot 10^7} * 100\% = 38\%.$$

Проведённые исследования позволяют учитывать неоднородность элементного состава ЗШО, и проводить эффективное определение содержания редких и благо-

родных элементов методом ИНАА как в самих ЗШО предприятий энергетического комплекса, так и в различных продуктах переработки ЗШО в виде недожога угля, железосодержащего концентрата, алюмосиликатных микросфер и т.п.

Метод ИНАА, с учётом введённой поправки на поглощение тепловых нейтронов макроэлементами пробы, был применён для определения содержания золота в золошлаковых отходах с полигонов ряда энергопредприятий ЖКХ Приморского края (котельная № 3.3, г. Находка, котельная № 4.1, г. Находка, котельная, г. Новошахтинск, котельная, № 4, г. Дальнегорск, котельная, г. Б. Камень).

В качестве контрольного метода, для определения содержания золота в ЗШО, использовалась методом атомно-адсорбционная спектрофотометрия (ААС). Результаты исследований показали, что данные по содержанию золота в ЗШО оказываются существенно выше при определении методом ИНАА, нежели при использовании ААС (табл. 4).

Такое расхождение результатов определения золота двумя методами может быть объяснено тонкодисперсностью частиц золота, составляющих основную массу металла в исследованных ЗШО. Так в работе А.И. Хачука [19], было показано, что при анализе тонкодисперсного золота методы, предполагающие кислотное или пробирное разложение драгметаллов, показывают заниженные содержания драгметаллов, в то время как неразрушаю-

Таблица 4. Содержание золота по данным ИНАА и ААС, в золошлаковых отходах с полигонов энергопредприятий ЖКХ Приморского края

№	Наименование пробы	C _{Au} , г/т (ИНАА)	C _{Au} , г/т (ААС)
1	Проба Н-3.3-1ш (котельная № 3.3, г. Находка)	0,10	0,18
2	Проба Н-3.3-3ш (котельная № 3.3, г. Находка)	< 0,05	< 0,01
3	Проба Н-3.3-5ш (котельная № 3.3, г. Находка)	0,06	< 0,01
4	Проба Н-3.3-6ш (котельная № 3.3, г. Находка)	<0,05	< 0,01
5	Проба Б-К-10ш (котельная, г. Б. Камень)	<0,05	< 0,01
6	Проба Б-К-12ш (котельная, г. Б. Камень)	<0,05	< 0,01
7	Проба Б-К-14ш (котельная, г. Б. Камень)	<0,05	0,025
8	Проба Б-К-17ш (котельная, г. Б. Камень)	0,10	< 0,01
9	Проба АРС-23ш (котельная, г. Арсеньев)	0,11	< 0,01
10	Проба Д-4-29ш (котельная, № 4, г. Дальнегорск)	<0,05	< 0,01
11	Проба Д-4-31ш (котельная, № 4, г. Дальнегорск)	0,45	< 0,01
12	Проба Д-4-33ш (котельная, № 4, г. Дальнегорск)	0,15	< 0,01
13	Проба Н-2-37ш (котельная, г. Новошахтинск)	0,35	< 0,01
14	Проба Н-2-39ш (котельная, г. Новошахтинск)	0,45	< 0,01
15	Проба Н-2-40ш (котельная, г. Новошахтинск)	0,20	< 0,01
16	Проба Н-4.1-48ш (котельная № 4.1, г. Находка)	<0,05	< 0,01
17	Проба Н-4.1-50ш (котельная № 4.1, г. Находка)	<0,05	< 0,01
18	Проба Н-4.1-54ш (котельная № 4.1, г. Находка)	<0,05	< 0,01
19	Проба Н-4.1-57ш (котельная № 4.1, г. Находка)	<0,05	< 0,01

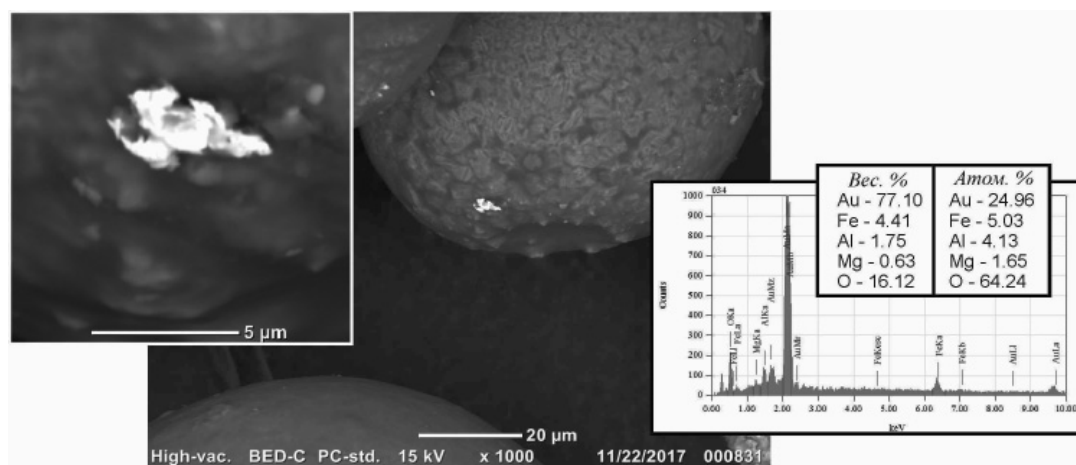


Рис. 5. Хлопьевидное зерно золота (5 мкм) на поверхности алюмосиликатно-железистой микросферы (100 мкм)

щие физические методы обнаруживают существенно более высокие концентрации.

Проведённые исследования микроминерального состава золошлаковых отходов энергопредприятий ЖКХ Приморского края в Институт горного дела (ИГД) ДВО РАН (г. Хабаровск) и в Дальневосточном геологическом институте (ДВГИ) ДВО РАН (г. Владивосток) подтверждают, что частицы свободного золота и других благородных металлов, присутствующие в ЗШО, представлены

в основном тонким и сверхтонким классом крупности (от долей до десятков микрон). Значительная часть золота плотно ассоциирована с окружающими минералами (рис. 5, 6).

Таким образом, применение неразрушающих физических методов анализа и в частности инструментального нейтронно-активационного анализа к задаче определения тонкодисперсного золота в золошлаковые отходы энергопредприятий ЖКХ, с учётом введения

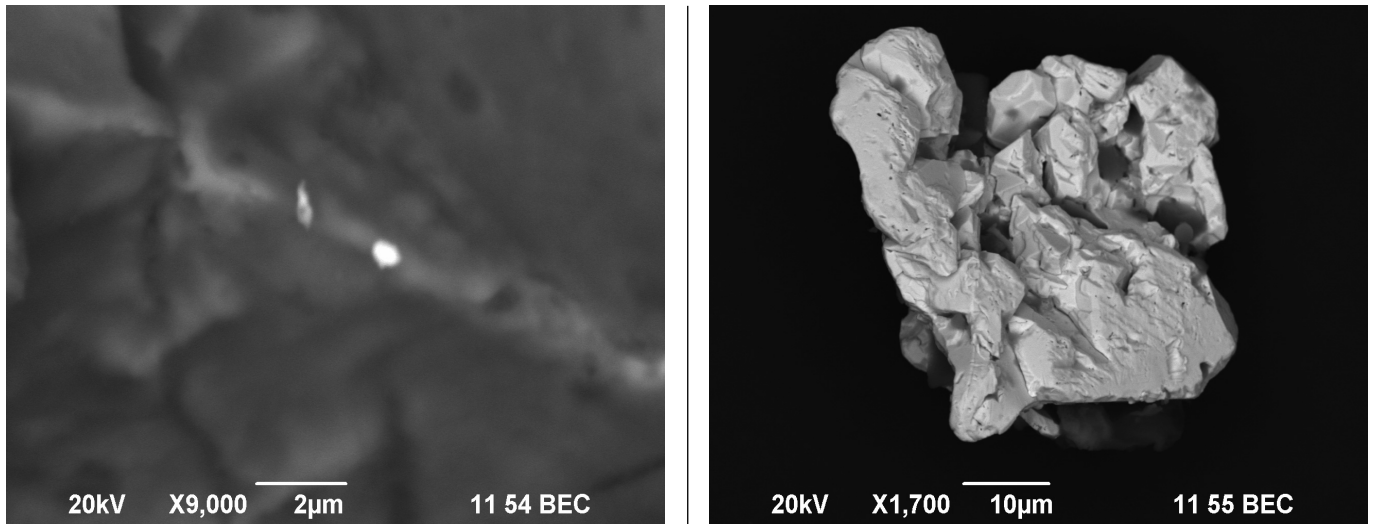


Рис. 6. Тонкодисперсные частицы золота, обнаруженные в ЗШО, отобранных с полигона ТЭЦ-2 г. Владивостока: а — в виде включений; б — в виде свободной частицы

поправки на поглощение нейтронов макрокомпонентами пробы, позволит корректно определить содержание металла в ЗШО и использовать полученные результаты как потенциально интересные для промышленного извлечения.

Выводы

Проведённые исследования показали снижение потоков тепловых нейтронов от ампульного источника нейтронов на основе Cf-252 внутри активационной зоны установки ИНАА, за счёт поглощения тепловых нейтронов макроэлементами, содержащимися в пробе (Fe, Ti и Mn). Активное поглощение тепловых нейтронов может привести к систематической ошибке определения элементов методом ИНАА при работе с образцами различного элементного состава.

Для корректного определения элементов методом ИНАА в образцах сложного и неоднородного состава, какими являются золошлаковые отходы энергопредприятий ЖКХ, необходимо либо создавать эталоны, моделирующие содержание основных поглощающих элементов в пробе, либо вносить поправку на поглощение тепло-

вых нейтронов на основе предварительного элементного анализа пробы.

Результаты

по определению тонкодисперсного золота методом ИНАА в золошлаковых отходах энергопредприятий ЖКХ показали, что данные по содержанию золота в ЗШО оказываются существенно выше, чем при использовании методов, предполагающие кислотное или пробирное разложение драгметаллов, за счёт более полного определения золота микронного размера, частицы которого плотно ассоциированы с окружающими минералами.

В ходе проведенных исследований экспериментально установлено, что золошлаковые отходы энергопредприятий ЖКХ содержат золото в количествах, которые можно рассматривать как потенциально интересные для промышленного извлечения.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сфере научной деятельности (код проекта № 10.3706.2017/4.6)

ЛИТЕРАТУРА

1. Краденых, И.А., Барчуков А. В. Проблемно-ориентированный анализ эффективности деятельности предприятий золотодобывающей промышленности Дальнего Востока / И. А. Краденых, А. В. Барчуков // Записки Горного института. — 2015. Т. 211. — С. 43–52.
2. Ван-Ван-Е, А. П. Состояние и развитие ресурсного потенциала золотодобывающей отрасли ДВО / А. П. Ван-Ван-Е, В. С. Литвинцев, Г. В. Секисов // Горный информ.-аналитич. бюлл. Дальний Восток-2. — 2009. — С. 32–36.
3. Молчанов, В. П. Экология и комплексное освоение техногенных и пляжных россыпей благородных металлов Приморья / В. П. Молчанов, М. А. Медков, А. А. Юдаков // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования, 2007. — № 2. — С. 65–71.

4. Ксенофонов, Б. С. Золошлаки — перспективное сырьё для получения редкоземельных металлов / Б. С. Ксенофонов, И. А. Буторова, А. С. Козодаев, Р. А. Тарано, М. С. Виноградов, Е. В. Петрова, А. А. Воропаева // Экология и промышленность России. — 2014. — № 4. — С. 9–13.
5. Черепанов, А. А. Благородные металлы в золошлаковых отходах Дальневосточных ТЭЦ / А. А. Черепанов // Тихоокеанская геология. — 2008. Т. 27. — № 2. — С. 16–28.
6. Леонов, С. Б. Промышленная добыча золота из золошлаковых отвалов тепловых электростанций / С. Б. Леонов, К. В. Федотов, А. Е. Сенченко // Горный журнал. — 1998. — № 5 — С. 67–68.
7. Shumilova, L. V. Technogenic deposits as objects of increased negative impact on the environment / L. V. Shumilova // Science Time. — 2014. — 8. — p.p. 325–356.
8. Krylova, G. S. Geotechnological approaches to the processing of stale gold-pyrite raw materials / G. S. Krylova, G. V. Sedelnikova, E. E. Savary, V. N. Eliseev // Mining information-analytical bulletin. — 2000. — 5. — pp. 75–77.
9. Afanasenko, S. I., Lazaridi A. N. Zolotaya Zhila technogenic dumps / S. I. Afanasenko, A. N. Lazaridi // Gold mining industry. — 2010. — 1 (37). — p.p. 32–35.
10. Pavlov, N. A. The review of methods of processing of persistent technogenic deposits / N. A. Pavlov, A. S. Satsuk, L. F. Skorik // The path of science. — 2017. — 1 (35). — p.p. 32–35.
11. Литвинова, Н. М. К вопросу извлечения золота при переработке золошлаковых материалов / Н. М. Литвинова, А. В. Александров, Р. В. Богомяков, Н. А. Лаврик // Мат-лы Междунар. совещания «Плаксинские чтения 2013». — Томск, 2013. — С. 485–486.
12. Конев, Р. И. Анализ нанокристаллических структур и проблемы переработки минерального сырья / Р. И. Конев, А. Х. Турасебеков, Е. Н. Игнатиков // Проблемы переработки минерального сырья. Мат-лы республикан. научно-практич. семинара. — Ташкент, 2005. — С. 73–76.
13. Ханчук, А. И. Тонкодисперсное золото и платиноиды в графитовых сланцах Бурейского массива — новый тип благородно-металльного оруденения на Дальнем Востоке России / А. И. Ханчук, А. А. Бердников, А. А. Черепанов // Горный информ.-аналит. бюлл. — 2009. — № 5. — С. 9–18.
14. Гуд, Г. М. Инструментальный нейтронно-активационный анализ проб с различной массой и плотностью / Г. М. Гуд, В. Н. Кустов, О. Н. Левицкая // Заводская лаборатория. — 1994. — № 9. — С. 23–25.
15. Shilo, N. A. Instrumental neutron-activation determination of gold in mineral raw materials using a californium neutron source / N. A. Shilo, E. G. Ippolitov, V. V. Ivanenko, V. N. Kustov, V. V. Zhelezov, G. N. Aristov, A. S. Shtan, I. N. Ivanov, V. V. Kovalenko, N. B. Kondrat'ev // J. Radioanal. Nucl. Chem. — 1983. V. 79. — p.p. 309–316.
16. Кустов, В. Н. Исследование и разработка метода нейтронно-активационного анализа золотосодержащих руд и других объектов Дальневосточного района с использованием радионуклидных источников нейтронов: дис. . . . канд. физ.-мат. наук: 01.04.16 / В. Н. Кустов. — Владивосток, 1984. — 166 с.
17. Железнов, В. В. Особенности нейтронно-активационного определения золота в пробах с различным минеральным составом / В. В. Железнов, В. Н. Кустов, А. А. Юдаков, С. И. Иванников, М. А. Медков // Химическая технология. — 2011. Т. 12. — № 10. — С. 634–637.
18. Меднис, И. В. Справочные таблицы для нейтронно-активационного анализа / И. В. Меднис. — Рига. Знание, 1974. — 409 с.
19. Ханчук, А. И. Тонкодисперсное золото и платиноиды в графитовых сланцах Бурейского массива — новый тип благороднометалльного оруденения на Дальнем востоке России / А. И. Ханчук, Н. В. Бердников, А. А. Черепанов, Н. С. Коновалова // Горный информ.-аналит. бюлл. Дальний восток-2. — 2009. — Вып. 9. — С. 9–18.

© Елкин Олег Иванович (elkin8@yandex.ru), Иванников Сергей Игоревич (fyajkfq@mail.ru),

Гребенюк Игорь Владимирович (grebenyuk.iv@dvfu.ru), Железнов Вениамин Викторович, Таскин Андрей Васильевич (taskin@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

К ВОПРОСУ О ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПОЧВ ТЕРРИТОРИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

TO THE QUESTION ABOUT THE ECOLOGICAL STATE OF SOILS OF TERRITORIES OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

M. Zhukova

Summary. The article deals with the relative contamination of soil with salts of heavy metals in the school grounds. Soil sampling for heavy metals was carried out, methods were studied. The results of the study were also compared with the control area behind the village. We came to the conclusion that the soil occurs on the border of the lithosphere and atmosphere as a result of the impact of climate and living organisms (plants and animals) on rocks and covers almost all the land, forming a soil cover. It was established that the sources of soil pollution are: emissions of harmful substances into the air from stationary and mobile sources of pollution; landfills of industrial and domestic waste; unauthorized industrial and domestic waste dumps; chemical plant protection and mineral fertilizers. In our work we have shown the great importance and importance of the ecological state of the soil, studied the composition and types of soil, the main pollution and methods of cleaning. The results of the study showed that all soil samples have large mechanical impurities of stones, glass and other unidentified materials. This indicates a poor environmental condition of the soil around us. Also in the course of our study, we confirmed our hypothesis that the soil of the school site and nearby areas has a certain degree of contamination.

Keywords: soil, pollution, MPC, heavy metals, school site, ecological state.

Жукова Мария Владимировна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск
Musya-123-91@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается относительная загрязненность почвы солями тяжелых металлов на пришкольной территории. Проведен отбор проб почв на тяжелые металлы, изучены методики. Также были сравнены результаты исследования с контрольным участком за селом. Мы пришли к выводу, что почва возникает на границе литосферы и атмосферы в результате воздействия климата и живых организмов (растений и животных) на горные породы и покрывает практически всю сушу, образуя почвенный покров. установили, что источниками загрязнения почвы являются: выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников загрязнения; полигоны промышленных и бытовых отходов; несанкционированные свалки промышленных и бытовых отходов; средства химической защиты растений и минеральные удобрения. В своей работе мы показали большую значимость и важность экологического состояния почвы, изучила состав и виды почв, основные загрязнения и способы очистки. Результаты исследования показали, что все образцы почв имеют большие механические примеси камней, стекла и другие неопознанные материалы. Это свидетельствует о плохом экологическом состоянии окружающей нас почвы. Также в ходе нашего исследования нами была подтверждена наша гипотеза о том, что почва пришкольного участка и близлежащих территорий имеет определенную степень загрязненности.

Ключевые слова: почва, загрязнение, ПДК, тяжелые металлы, пришкольный участок, экологическое состояние.

На рубеже XX и XXI веков человечество столкнулось с рядом глобальных экологических проблем, среди которых антропогенные изменения биосферы, истощение природных ресурсов, демографический взрыв, загрязнение окружающей среды. Один из распространенных видов загрязнения — поступление в различные среды тяжелых металлов (ТМ) — большой группы химических элементов с атомным весом более 50 (Hg, Pb, W, Sn, Cd, Mo, Cu, Co, Mn, Cr и др.). Тяжелые металлы, загрязняющие почву, могут поглощаться растениями и по пищевой цепи попадать в организмы животных и человека.

Когда содержание тяжелых металлов в организме превышает предельно-допустимые концентрации, начинается их отрицательное воздействие на человека. Вследствие этого ухудшается здоровье человека.

На организм человека и животных физиологическое действие металлов различно и зависит от природы металла, типа соединения, в котором он существует в природной среде, а также его концентрации. Вся опасность воздействия тяжелых металлов заключается в том, что они остаются в организме человека навсегда.

Почва — это поверхностный слой суши. Она образовалась из смеси минеральных веществ, при распаде горных пород и органических веществ (перегноя) в результате разложения растительных и животных останков.

Почва представляет собой малоподвижную природную среду. Благодаря своим физико-химическим свойствам она аккумулирует различные токсические соединения. Миграция загрязняющих веществ происходит в ней медленно, что способствует накоплению

продуктов загрязнения. Особый интерес в этом плане представляют городские почвы. Так как на большей части урбанизированных территорий техногенное воздействие преобладает над естественными факторами почвообразования, преобладают специфические типы почв, характерной особенностью которых является высокий уровень загрязнения. На территориях

Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что ценность почвы определяется не только ее значением для производства продуктов питания и сырья для промышленности, но и экологической ролью, которую играет почва в жизни биосферы. Через почвенный покров суши идут сложнейшие процессы обмена веществом и энергией между земной корой, атмосферой, гидросферой и всеми живущими в почве организмами.

Цель исследовать почву пришкольного участка на наличие тяжелых металлов (железа, меди, свинца) и кислотность, сравнить результаты исследования с контрольным участком за городом.

Задачи работы:

1. Провести отбор проб почвы и определить содержание тяжелых металлов и кислотность.
2. Сделать выводы о причинах загрязнения почв тяжелыми металлами.
3. Изучить и проанализировать литературу о влиянии на живые организмы тяжелых металлов.

Объекты исследования: два участка — на территории школы: 1 — прилегающий к стадиону (не обрабатывается), 2 — перед школой (выращиваются цветы); 3 — на территории удаленной от села на 10 км и от автотрассы на 2,5 км.

Предмет исследования: соединения тяжелых металлов.

Для проведения исследований была выбрана территория вокруг школы и школьный двор. Чистота почвы в этих зонах — один из факторов сохранения здоровья школьников, так как значительную часть своего времени мы проводим в школе.

Исследования проводились в сентябре-октябре 2018 году. Работа строилась в следующих направлениях: теоретическое исследование, лабораторный анализ, практическое исследование.

Более трети территории нашего города (35%) характеризуется в различной степени опасным уровнем загрязнения. Практически на всей остальной территории

города фиксируются повышенные (надфоновые) концентрации загрязняющих веществ.

Источниками загрязнения почвы являются:

- ♦ выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников загрязнения;
- ♦ полигоны промышленных и бытовых отходов;
- ♦ несанкционированные свалки промышленных и бытовых отходов;
- ♦ средства химической защиты растений и минеральные удобрения.

Почва служит конечным накопителем токсичных веществ. Она повсеместно загрязняется ядовитыми компонентами выхлопных газов транспортных двигателей, нефтью, смазочными материалами, обмывочными водами, металлической и синтетической пылью. Человек загрязняет почву как за счет промышленных и бытовых отходов, а также в результате внесения в почву пестицидов и минеральных удобрений.

На загрязнение почвы значительное влияние оказывают проливы нефтепродуктов, неорганизованные сбросы ливневых и талых вод, а также санитарное состояние городской территории.

Тяжелые металлы, как правило, концентрируются в приповерхностном слое почвы 0–10 (20) см. Накопление тяжелых металлов в почве нарушает физико-химическое равновесие природной системы и дает толчок ряду процессов, действующих на почвенные свойства. Изменяется величина pH, разрушается почвенный поглощающий комплекс, нарушаются микробиологические процессы, в результате разрушения структуры ухудшается водновоздушный режим, деградирует почвенный гумус, и в конечном итоге почва теряет плодородие.

Проведенная исследовательская работа подтвердила гипотезу о загрязнении почвы пришкольного участка тяжелыми металлами. Использовать такую почву для выращивания сельскохозяйственных растений нельзя. Наиболее загрязненные участки почвы — у дорог. Поэтому нужно убедить учащихся и население, что нельзя собирать у дороги лекарственные растения, грибы, ягоды. Желательно иметь лесополосы (ель, сосна) вдоль автомобильных дорог.

Анализ показал, что основными загрязняющими веществами техногенного характера являются: формальдегид, фенол, фториды, цинк, медь, свинец. Диаграмма вклада основных загрязняющих веществ в почве особо охраняемых природных территорий приведена на рис. 1.

Таблица 1. Сравнительные показатели фактических и предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, содержащихся в почве особо охраняемых территорий)

Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/кг	ПДК, мг/кг	Кратность превышения, раз
Формальдегид	25,0	7,0	3,6
Фенол	1,2	1,0	1,2
Фториды	14,3	10,0	1,43
Цинк	8,13	23,0	0,4
Медь	0,5	3,0	0,12
Свинец	1,0	6,0	0,17

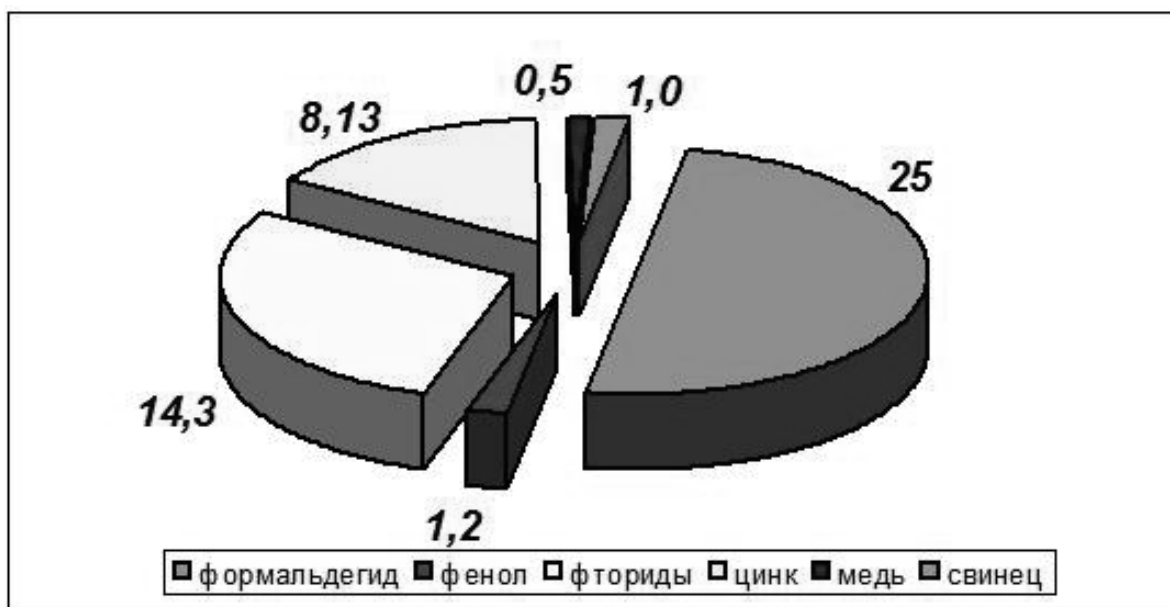


Рис. 1 Диаграмма вклада основных загрязняющих веществ в почве особо охраняемых природных территорий, (%)

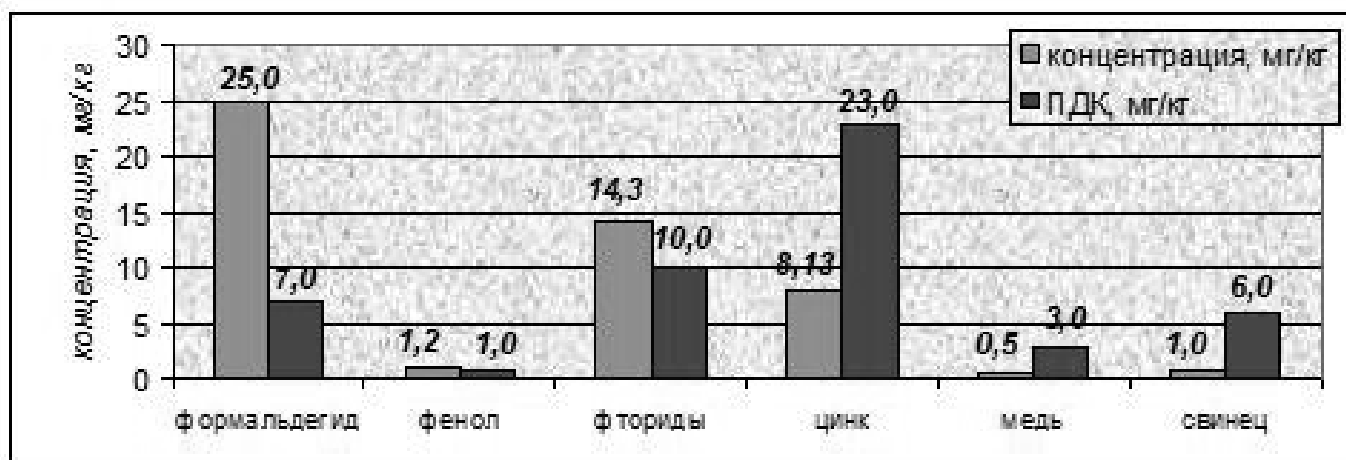


Рис. 2 Фактических концентраций загрязняющих веществ в почве особо охраняемых природных территорий

Приведенные данные показывают, что наиболее значительный вклад в уровень загрязнения почв особо охраняемых природных территорий вносят формальдегид, водорастворимые фториды, цинк.

Показатели фактических концентраций загрязняющих веществ в почве особо охраняемых природных территорий приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Такие исследования необходимо проводить, чтобы следить за изменением почвы и разрабатывать мероприятия, предотвращающие ее загрязнение.

Ценность этой работы заключается в изучении воздействия техногенных процессов на окружающую среду, чтобы осуществить прогноз ожидаемых изменений и при необходимости дать рекомендации для исправления уже имеющихся отрицательных последствий антропогенного воздействия на биосферу.

Остается надеяться, что здравый смысл возобладает над индустриальным азартом, и удастся остановить массовое загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, негативно влияющими на биохимические процессы живых организмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов В. Самарское обозрение; 2000. 10.
2. Ливчак И. Ф., Воронов Ю. Ф. Охрана окружающей среды. М.: Колос; 1995.
3. Павловский В.А., Никитин С. И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Самарской области. Экология и здоровье человека: тез. докл. всерос. науч.практ. конф. 10–14 октября; 1994.111–112.
4. Основы экологии и охрана природы. Учебное пособие для профессиональных учебных заведений. Самара: Самар. Дом печати; 1995.
5. Обущенко С.В., Гнеденко В. В. Анализ плодородия почв Самарской области. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований; 2015.4–1. 90–94.
6. Соколов Э.М., Ветров В. В., Панферова И. В. Региональная система обеспечения безопасности жизнедеятельности населения. Экология и промышленность России; 1998. 43–44.
7. Прокофьева Т. В. Опыт микроморфологической диагностики городских почв. Почвоведение; 2001. 7.879–890.
8. Мякина Н. Б. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов. М.: Изд-во МГУ; 1979.61.
9. Мирошников А. Е. Лабораторный практикум по агрохимии. Ульяновск: 2008. 43.
10. Обухов А. И. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде.

© Жукова Мария Владимировна (Musya-123-91@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛОДОВОГО ЭКСТРАКТА ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА В МЕДОВОМ РАСТВОРЕ

USE OF MALT EXTRACT FOR HYDROGEN PEROXIDE NEUTRALIZATION IN HONEY SOLUTION

**D. Leontyev
K. Laurinavicius
A. Panasyuk**

Summary. It has been researched acacia honey for antibiotic action by method for sowing a pure culture of wine yeast on a specially prepared nutrient medium. Particular attention is paid to the formation of hydrogen peroxide in honey wort, the method of its identification and neutralization. The presence of peroxide in honey solution was confirmed by its neutralization with the enzyme catalase. As an inactivator of peroxide, malt extract has been proposed, which has high enzymatic activity. The time required for the formation of the maximum peroxide concentration in the honey solution and its neutralization using the raw materials given in the experiment is noted

Keywords: bee honey, hydrogen peroxide, yeast wine, catalase, malt extract.

Леонтьев Дмитрий Архипович

Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)
leontiev.d@mail.ru

Лауринавичюс Константин Сергеевич

К.б.н., Пушинский научный центр Российской академии наук
laurinaoke@mail.ru

Панасюк Александр Львович

Д.т.н., профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности
alpanasyuk@mail.ru

Аннотация. Исследовали мед пчелиный акациевый на предмет антибиотического действия методом высевания чистой культуры винных дрожжей на специально подготовленную питательную среду. Особое внимание уделено образованию в медовом сусле пероксида водорода, методу его идентификации и нейтрализации. Подтверждено наличие перекиси в медовом растворе путем ее нейтрализации ферментом каталазой. В качестве инактиватора перекиси предложен экстракт солода, обладающий высокой ферментативной активностью. Отмечено время, необходимое для образования максимальной концентрации перекиси в медовом растворе и ее нейтрализации с применением сырья, приведенного в эксперименте

Ключевые слова: мед пчелиный, пероксид водорода, дрожжи винные, каталаза, экстракт солода.

Введение

Пчелиный мед все больше привлекает внимание исследователей как продукт, традиционно применяемый в медицине, но с недостаточно изученным механизмом действия. В литературе приводятся данные по угнетающему действию меда на развитие микроорганизмов, патогенных для человека или вредных в плане хранения пищевых продуктов: *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococci*, *Streptococcus pyogenes*, *Salomonella tyghi*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella pneumonia*, *Helicobacter pylori*, *Mycobacterium tuberculosis* и др. [1, 9, 12, 15].

Одним из главных антисептиков в меде считают пероксид водорода, образующегося как побочный продукт окисления глюкозы ферментом глюкооксидазой при достаточном разведении меда водой [13, 14]. Помимо перекиси, в меде присутствуют другие бактериоста-

тики — метилглиоксаль, специфический белок меда — дефенсин-1, и ряд веществ, способных к образованию свободных радикалов, которые также обладают противомикробным действием [2–7].

Одним из направлений, имеющим перспективы, является применение меда как основного сырья в бродильной промышленности. Но антибиотические свойства меда представляют проблему для усвоения сахаров меда дрожжевыми грибами [8]. Возможность нейтрализации перекиси водорода в медовом сусле если не полностью, то частично ослабит антисептическое действие меда на винные дрожжи [5]. С этой целью в данном исследовании использовали экстракт солода, который применяют в алкогольной промышленности. Солод представляет собой проросшее зерно, как правило, злаковых культур, при приготовлении которого должны быть соблюдены определенные технологические стадии (замачивания и дезинфекции, сушки, отделения ростков, выдержки и др.). Отличительная особенность состава солода заключена в его ферментах, способных быстро

переходить в активную форму. Комплекс ферментов солода участвует в реакциях расщепления и синтеза основных биологических полимеров, которые используются в качестве источника энергии или строительного материала для формирования тела зародыша растения [11].

Цель исследования

Изучение влияния добавки экстракта солода на содержание пероксида водорода в медовом сусле.

Задачи исследования:

- ◆ установить факт бактериостатических свойств исследуемого образца меда в водном растворе на примере дрожжевых грибов;
- ◆ идентифицировать динамику образования перекиси в исследуемом растворе меда;
- ◆ проанализировать характер влияния экстракта солода в медовом растворе на содержание в нем пероксида водорода.

Объекты и методы исследования. К объектам исследования относятся мед пчелиный акациевый, дрожжи винные, ячменный солод, солод тритикале и солод мака пищевого.

В данном исследовании метод определения антибактериального действия медового раствора на микроорганизмы заключается в высевании разводки чистой культуры дрожжей на питательную среду в чашках Петри, в определенной области которой имеется углубление, содержащее предполагаемый антисептик — медовый раствор 25%-ной концентрации.

Также в исследовании воспользовались методом определения перекиси в водном растворе. Метод основан на изменении окраски индикатора ксиленового оранжевого при окислении иона двухвалентного железа до трехвалентного [10]. Для проведения анализа необходимо приготовить рабочую смесь, состоящую из раствора индикатора и подкисленного серной кислотой раствора соли Мора $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$. Соответственно, окисление железа происходит при наличии в испытуемом образце пероксида водорода. Изменение окраски индикатора в растворе фиксировали с помощью спектрофотометра, для пересчета показаний оптической плотности исследуемого образца в содержание перекиси был построен градуировочный график с использованием стандартного 3%-ного раствора пероксида водорода.

Для нейтрализации перекиси применяли раствор каталазы и экстракт солода в соотношении 1:1 по отношению к исследуемому 25%-му раствору меда. Гидро-модуль для приготовления экстракта 1:20, экстракцию

проводили в водном растворе при температуре 40–50 °С в течение одного часа, полученный экстракт фильтровали через хлопчатобумажную ткань.

Концентрация каталазы в растворе составляла 0,05 г/л.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1–4 представлены образцы медового сусла в питательной среде, на которую равномерно нанесена разводка чистой культуры винных дрожжей. На рис. 1 в чашке Петри только один образец, представленный медовым раствором без каких-либо добавок. Участок среды, непосредственно прилегающий к исследуемому образцу, является зоной, свободной от роста микроорганизмов, и наглядно демонстрирует подавляющее действие меда на развитие дрожжевой культуры. На рис. 2–4 на одной питательной среде имеется сразу два образца, в первый, помимо меда, добавлены глутатион, каталаза и пептидаза соответственно, второй содержит только раствор меда и является контрольным образцом, для сравнения. Предполагается, что глутатион будет ингибировать действие метилглиоксаля, каталаза — перекиси водорода, а пептидаза нейтрализует белок дефенсин-1.

Характер роста культуры микроорганизмов на рис. 2–4 разный, положительный результат наблюдается на рис. 2 и рис. 3. Образец с пептидазой не оказал влияние на антисептические свойства данного вида цветочного меда, так как на нем имеется область, свободная от роста дрожжей. Образец с глутатионом интересен тем, что вокруг зоны с образцом меда рост дрожжевой культуры интенсивнее, чем в остальной части питательной среды. Скопление дрожжей непосредственно у образца, возможно, указывает на то, что микроорганизмы используют глутатион как дополнительный источник питания. Также сразу после скопления культуры наблюдается зона, свободная от роста, так как скопление дрожжей в одном месте, по всей видимости, вызвало обеднение среды за счет диффузии питательных веществ в места наибольшего скопления посевной культуры. В образце с каталазой рост культуры вблизи выемки с медовым раствором имеется, но он менее интенсивный, чем в остальной части среды, что, по всей видимости, в данном случае указывает на частичную нейтрализацию антимикотического действия раствора меда.

График количественного определения содержания пероксида водорода в исследуемых образцах медового сусла через оптическую плотность среды приведен на рис. 5.

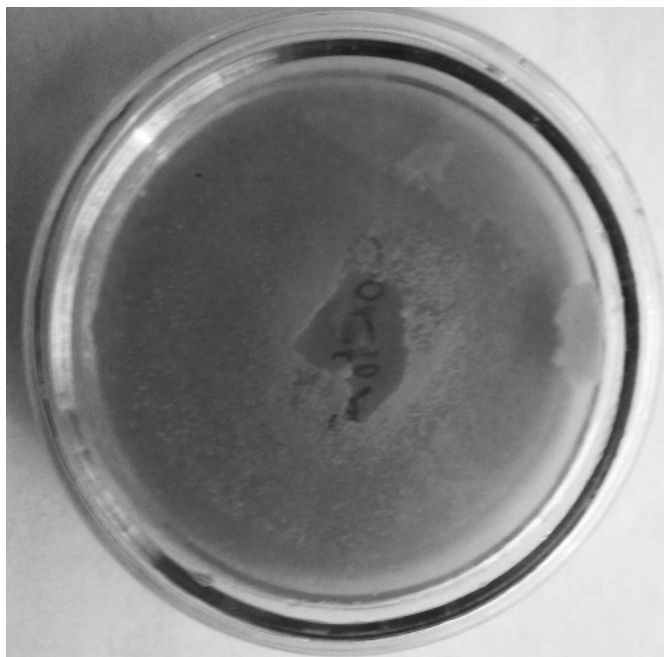


Рис. 1. Образец «контрольный»

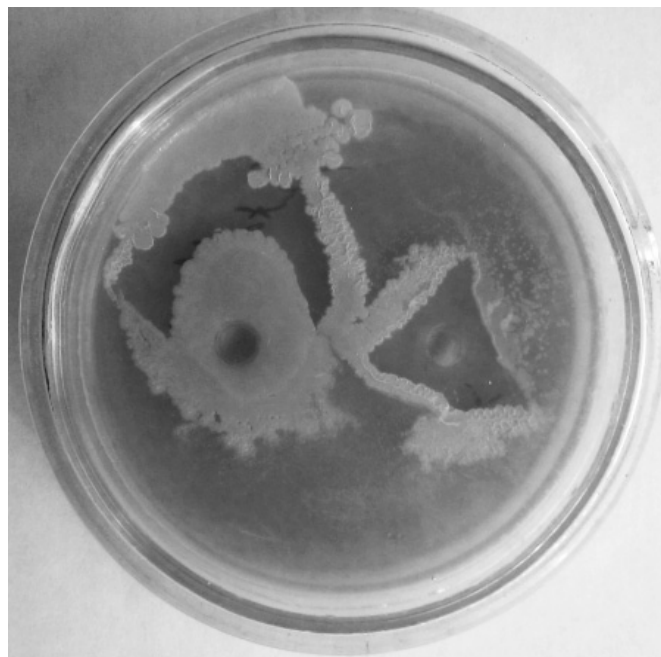


Рис. 2. Образец «глутатион-мед» — образец «контрольный»

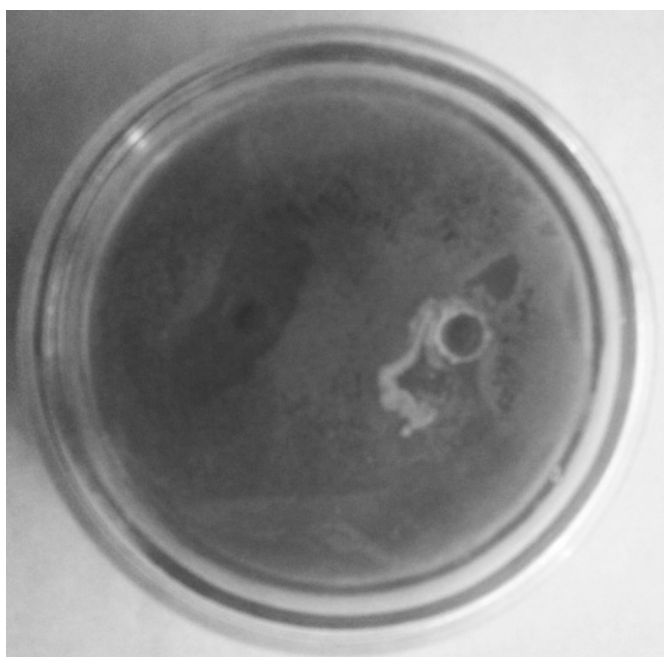


Рис. 3. Образец «каталаза-мед» — образец «контрольный»



Рис. 4. Образец «пептидаза-мед» — образец «контрольный»

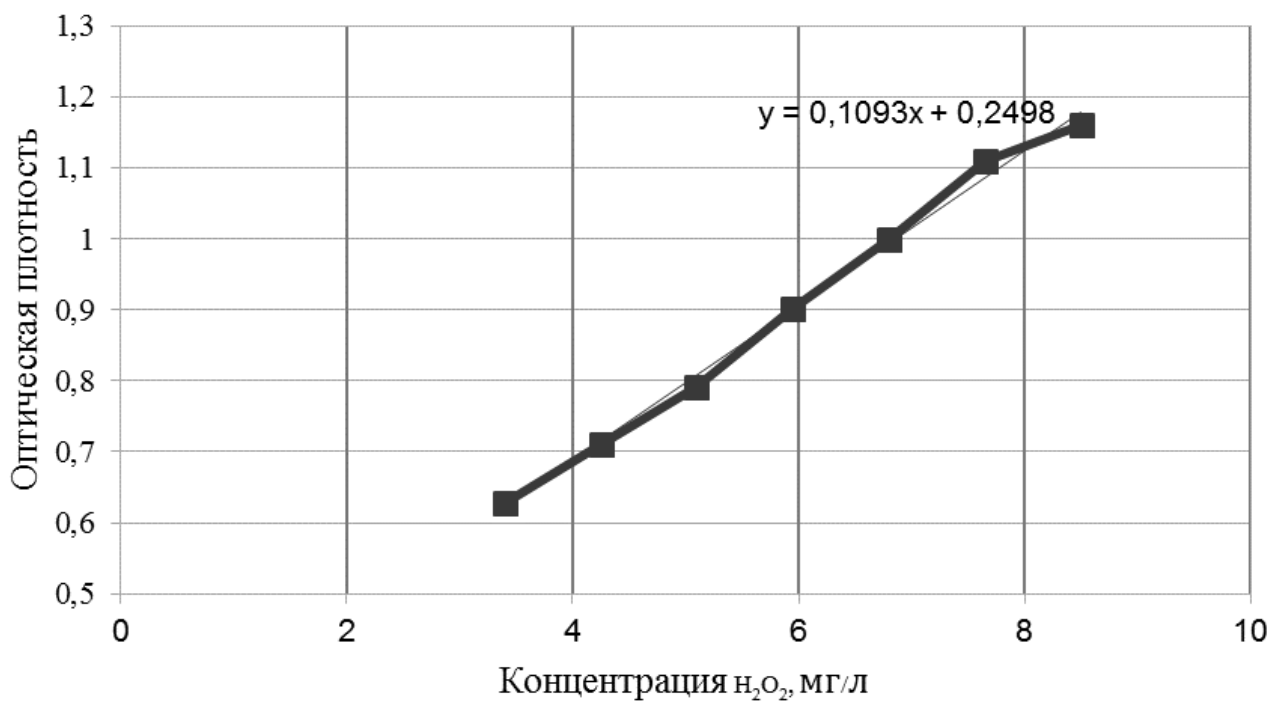


Рис. 5. График зависимости оптической плотности раствора от содержания перекиси водорода

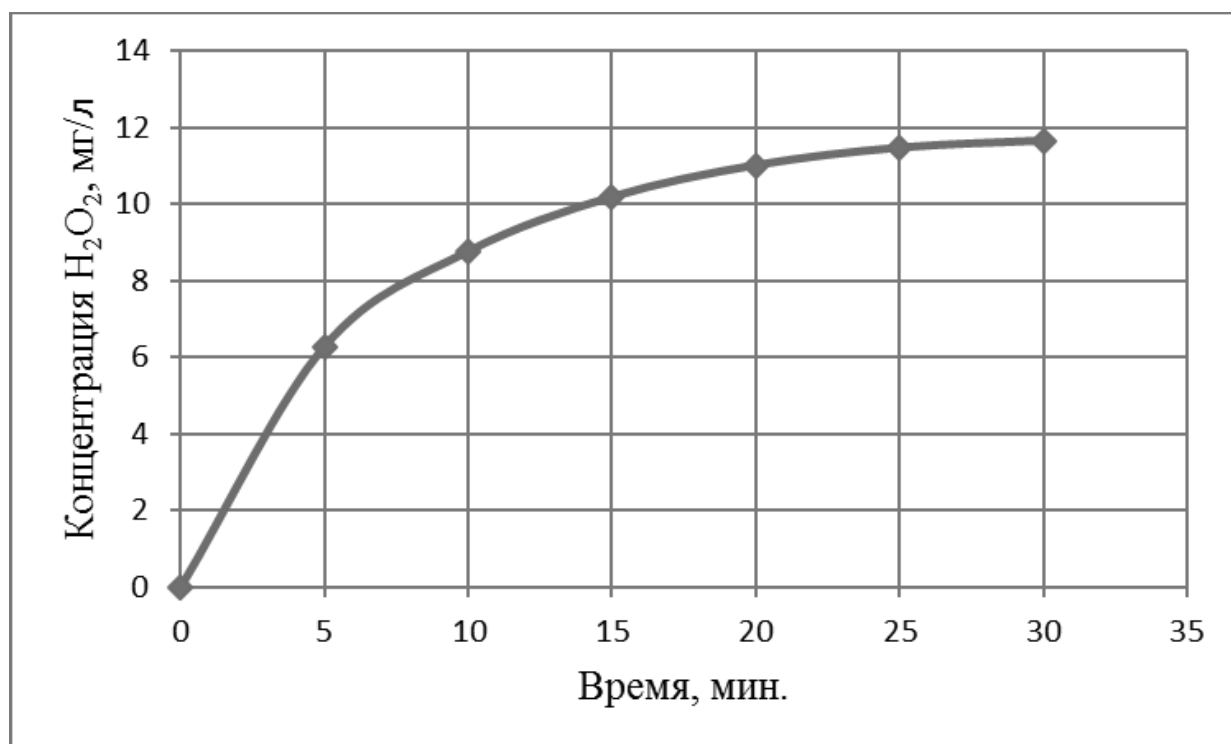


Рис. 6. Образование перекиси водорода в медовом сусле непосредственно сразу после растворения меда в воде

Таблица 1. Влияние раствора каталазы и солодовых экстрактов на содержание перекиси водорода в медовом сусле

Время, мин.	Каталаза	Маковый солод	Ячменный солод	Тритикале солод
0	11,65	11,65	11,65	11,65
5	8,44	6,88	7,34	7,80
10	5,50	3,67	4,13	5,50
15	3,39	1,17	2,11	3,94
20	1,83	0,10	0,64	2,75
25	0,55	0,00	0,10	1,65
30	0,10		0,00	0,55
35	0,00			0,00

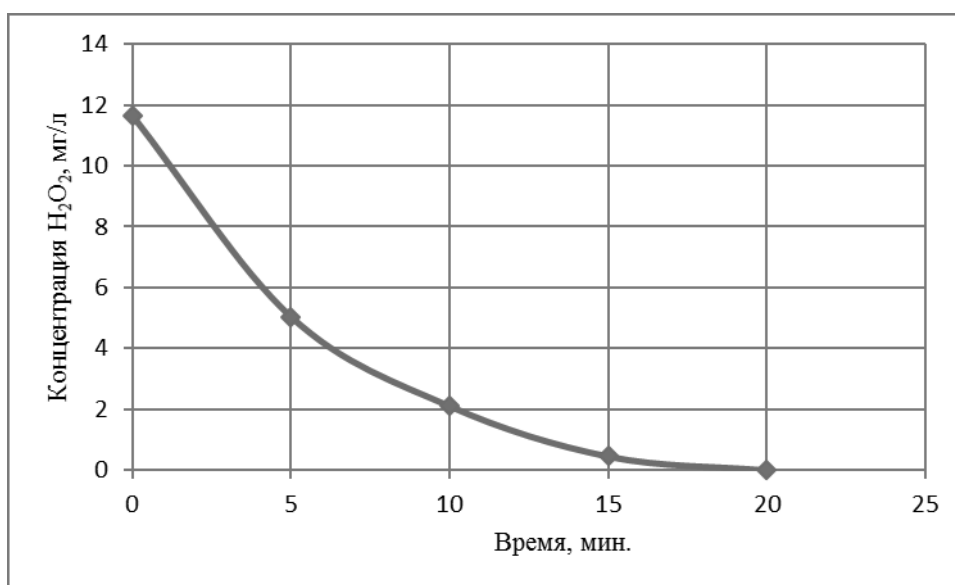


Рис. 7. Нейтрализация раствора перекиси водорода раствором каталазы

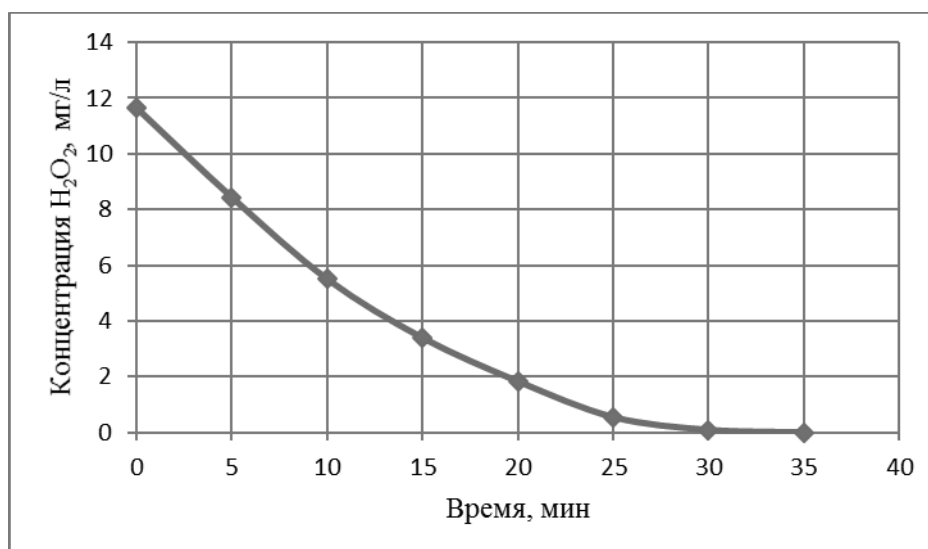


Рис. 8. Нейтрализация перекиси водорода в медовом сусле раствором каталазы

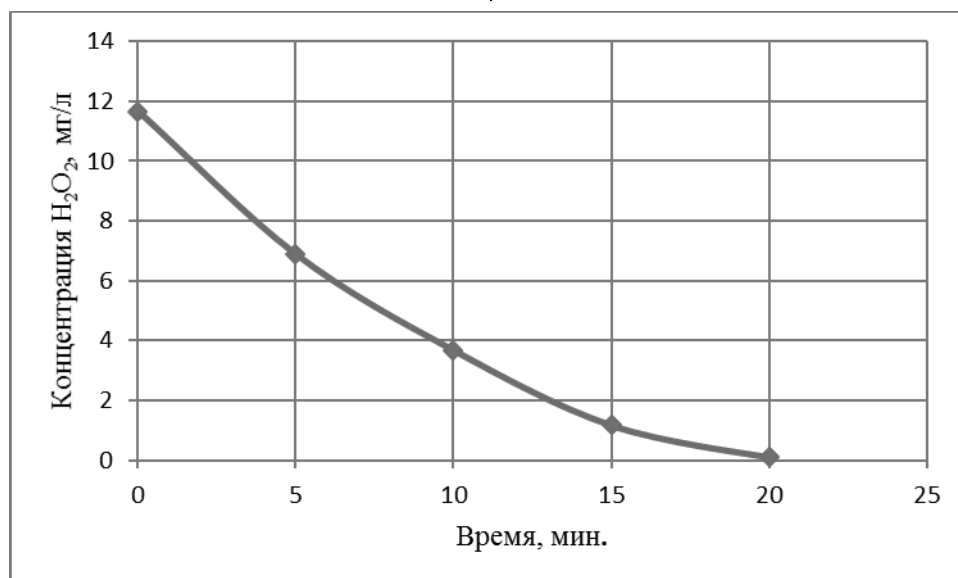


Рис. 9. Нейтрализация перекиси водорода в медовом сусле экстрактом макового солода

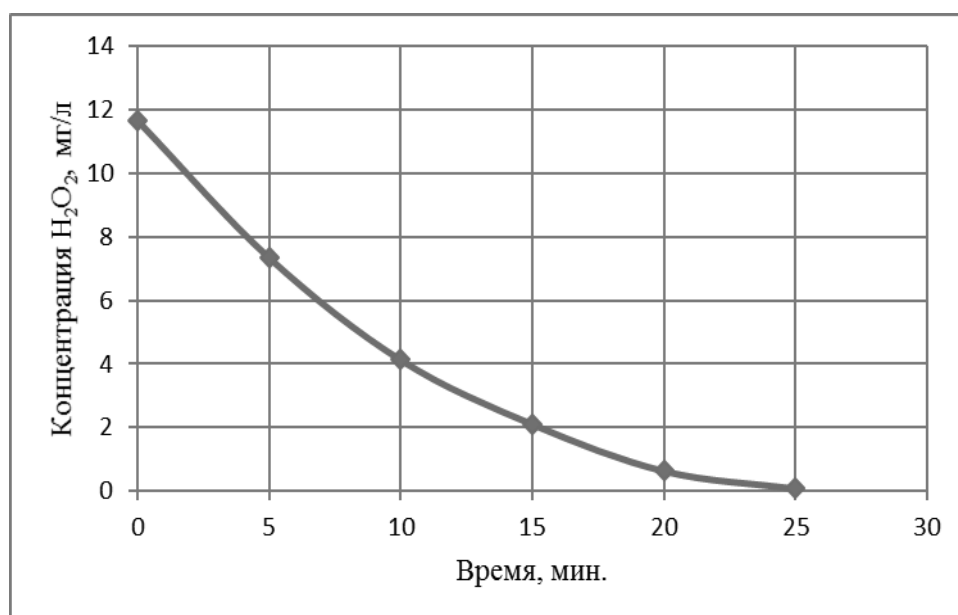


Рис. 10. Нейтрализация перекиси водорода в медовом сусле экстрактом ячменного солода

На рис. 6 изображено образование перекиси в растворе с момента растворения меда в воде.

По графику видно, что в момент растворения меда пероксида в растворе нет, что демонстрирует факт ее образования в результате ферментативной реакции окисления глюкозы. Данная реакция протекает с момента начала работы фермента, которая становится возможной в результате достаточного разбавления меда водой.

На рис. 7 показано направленное действие фермента каталазы на водный раствор перекиси водорода той концентрации, которая соответствует максимальной концентрации перекиси в исследуемом образце медового раствора (сусла).

В таблицу 1 внесены данные проведенных экспериментов по действию раствора каталазы, экстрактов макового, ячменного солодов, и солода тритикале на содержание перекиси в медовом сусле.

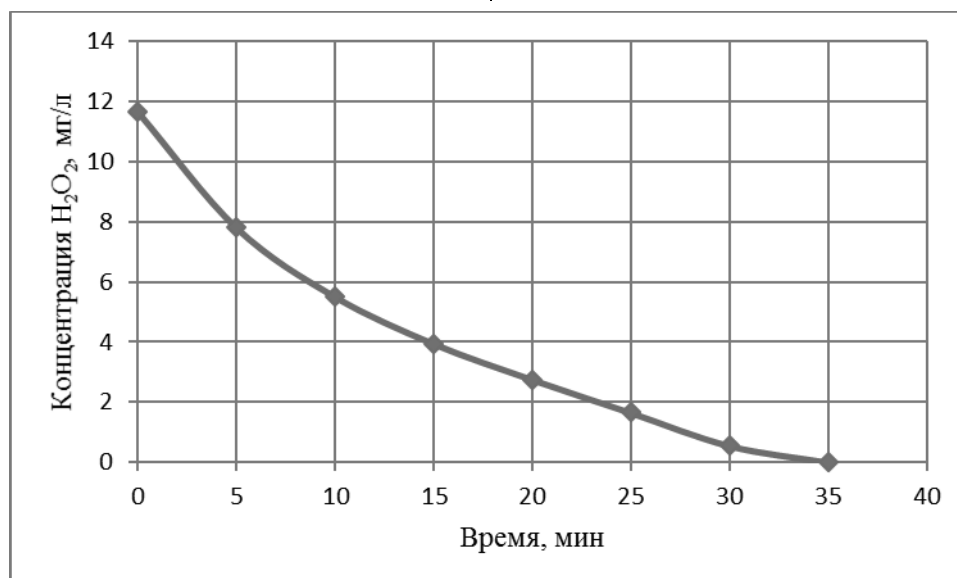


Рис. 11 Нейтрализация перекиси водорода в медовом сусле экстрактом солода тритикале

По данным таблицы видно, что экстракты солодов нейтрализуют перекись водорода в исследуемом сусле с концентрацией меда 25% в течение 25–30 мин. Данные таблицы представлены на рис. 8–11.

Выводы

Подтверждены антисептические свойства медового раствора, представлено образование пероксида водорода после растворения меда в воде. Данный факт позволяет выделить напитки на основе меда в особую категорию, для производства которой требуется меньшее применение вредных для человека консервирующих

веществ с целью очищения сусла от посторонней микрофлоры.

Данные эксперимента подтверждают возможность применения экстракта солода для нейтрализации перекиси в медовом растворе, что является положительным фактором для бродильной промышленности, использующей медовый раствор в качестве питательной среды для дрожжевых микроорганизмов.

Данное исследование способствует применению меда в пищевой промышленности, позволяет лучше понять его противомикробные свойства и является продолжением работ по изучению пчелиного меда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aggad H., Guemour D. Honey antibacterial activity // *Medicinal and aromatic plants*. 2014, vol. 3, p. 152–154.
2. Aurongzeb M., Azim M. K., Antimicrobial properties of natural honey: a review of literature // *Pakistan journal of biochemistry and molecular biology*. 2011, vol. 44, № 3, p. 118–124.
3. Bernatova S., Samek O., Pilat Z., Sery M., Jakl P. Following and mechanisms of bacteriostatic versus bactericidal action using roman spectroscopy // *Molecules*. 2013, vol. 18, p. 13189–13199.
4. Bobrowski K. Free radicals in chemistry, biology and medicine: contribution of radiation chemistry // *Nukleonika*, 2005, vol. 50, p. 67–76.
5. Brandi G., Salvaggio L., Cattabeni F., Cantoni O. Cytocidal and filamentous response of *Esherichia coli* cells exposed to low concentrations of hydrogen peroxide and hydroxyl radical scavengers // *Environmental and molecular mutagenesis*. 1991, p. 22–27.
6. Gaunt L.F., Beggs C. B., Georghiou G. E., Bactericidal action of the reactive species produced by gas-discharge nonthermal plasma at atmospheric pressure: a review // *Transactions on plasma science*. 2006, vol. 34, № 4, p. 1257–1269.
7. Hussain M. B. Role of honey in topical and systemic bacterial infections // *The journal of alternative and complementary medicine*. 2018, vol. 24, № 1, p. 15–24.
8. Iglesias A., Pascoal A., Choupina A. B., Carvalho C. A., Feas X., Estevinho L. M. Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production // *Molecules*. 2014, vol. 19, p. 12577–12590.
9. Kwakman P.H.S. Two major medicinal honeys have different mechanisms of bactericidal activity // *Plos one*. 2011, vol. 6, № 3, p. 1–7.
10. Li D., Wang M., Cheng N., Xue X., Wu L., Cao W. A modified FOX-1 method for micro-determination of hydrogen peroxide in honey samples. — *Food chemistry*. — 2017, № 3, p. 145–170.

11. MacLeod L. Malting // Reference module in food sciences. 2004, vol. 1, p. 68–76.
12. Mundo M.A., Padilla-Zakour O.I., Worobo R. W. Growth inhibition of foodborne pathogens and food spoilage organisms by select raw honeys // Food microbiology. 2004, vol. 97, p. 1–6.
13. Nakamura K., Kanna T., Mokudai T., Iwasawa A., Niwano Y., Kohno M. Microbial resistance in relation to catalase activity to oxidative stress induced by photolysis of hydrogen peroxide // Microbiology and immunology. 2012, vol. 56, p. 48–55.
14. Nakamura K., Sasaki K., Niwano Y. In vitro evaluation of the risk of inducing bacterial resistance to disinfection treatment with photolysis of hydrogen peroxide // Microbiology and immunology. 2013, vol. 8, p. 1–9.
15. Szweda P. Antimicrobial activity of honey // Honey analysis. 2017, p. 215–234.

© Леонтьев Дмитрий Архипович (leontiev.d@mail.ru),

Лауринавичюс Константин Сергеевич (laurinaoke@mail.ru), Панасюк Александр Львович (alpanasyuk@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МГУТУ им. К.Г. Разумовского

ЦИАНОПРОКАРИОТЫ И ВОДОРОСЛИ ПАРКА ЮГРА (ХМАО-ЮГРА, НИЖНЕВАРТОВСКИЙ РАЙОН)¹

CYANOPROCARIOTA AND ALGAE AT THE PARK "YUGRA" (KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS AREA-YUGRA, NIZHNEVARTOVSK REGION)

O. Skorobogatova
E. Yumagulova
A. Mingalimova
Z. Ashurova

Summary. Alga researches of riding swamps, lakes and the rivers of the Yugra Park are conducted by classical methods. It is revealed 201 specific and intraspecific taxons. The share of diatoms and green accounted for 75.1%. The greatest variety of seaweed is revealed in the river. Mass development was observed at types of *Tabellaria flocculosa*, *Mallomonas denticulate*, *Chlorolobionbraunii*, *Oocystis rhomboidea*.

Keywords: type, algae, swamp, lake, river, amount, plankton, periphyton.

Скоробогатова Ольга Николаевна

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

Юмагулова Эльвира Рамилевна

К.б.н., доцент, Нижневартровский государственный университет
elvirau2009@yandex.ru

Мингалимова Александра Игоревна

Н.с., Региональный историко-культурный и экологический центр, г. Мегион
ksanne-86@mail.ru

Ашурова Зухра Марибжановна

Нижневартровский государственный университет
zuhra00164@gmail.com

Аннотация. Альгологические исследования верховых болот, озера и реки парка «Югра» проведены классическими методами. Обнаружено 201 видовых и внутривидовых таксонов. На долю диатомовых и зеленых приходится 75,1%. Наибольшее разнообразие водорослей выявлено в реке. Массовое развитие наблюдалось у видов *Tabellaria flocculosa*, *Mallomonas denticulate*, *Chlorolobion braunii*, *Oocystis rhomboidea*.

Ключевые слова: вид, водоросли, болото, озеро, река, планктон, перифитон.

Литературные данные о разнообразии водорослей Музейно — этнографического и экологического парка «Югра» представлены несколькими работами (Скоробогатова, 2017; Скоробогатова, Гидора, 2017). Так как парк находится в лесотаежной зоне типичной для Среднего Приобья полученные результаты альгологических исследований можно экстраполировать на подобные экологические системы Западной Сибири. Учитывая значение исследований цианопрокариот и водорослей поверхностных вод в условиях высоких широт и активной антропогенной деятельности, с целью получения наиболее полных систематических и экологических сведений о предмете настоящего сообщения, выполняется данная работа.

Материалы и методы

Разнотипные водные объекты Музейно-этнографического и экологического парка «Югра» (сфагновые болота парка, озеро Посейн-Лор и река Ай-Кыртыпъях) относятся к бассейну р. Ватинский Еган (правый приток р. Обь), который находится в районе Среднего Приобья (Лезин, 1999). Климат континентальный. Общая площадь водосбора 3190 км². На границе парка расположены два крупных нефтяных месторождения: Южно-Аганское и Аганское.

Болота парка находятся в большинстве своем в согре, имеют характер умеренной бугристости, заросшие

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ХМАО-Югры в рамках научного проекта №18-44-860005 и плановой программы полевых исследований «Изучение пресноводных водорослей поверхностных водоемов Музейно этнографического и экологического парка «Югра».

Pinus sylvestris L., *P. sibirica* D.Tour, *Picea abies* (L.) H. Karst, *Abies sibirica* Ledev, *Betula pubescens* Ehrenb., *B. nana* L., *Ledum palustre* L., *Chamaedaphne caliculata* (L.) Moench, *Rubus chamaemorus* L., *Vaccinium* subgen L., *Oxycoccus* (Hill.), *Eriophorum* L., *Carex* L. и другими видами.

В северо-западной части находится лесное озеро Посен-Лор, площадью 0,05 км², глубиной — 2–5 м. Южный и северный берега озера окружены темнохвойным лесом. Западный берег пойменный, восточный от кромки озера переходит к болоту и согре.

Река Ай-Кыртыпях относится к малым рекам, протекает в залесенной зоне южной части парка, 61°20'28" с.ш. 76°05'50" в.д.; 61°20'28" с.ш. 76°05'50" в.д. Ее длина 16 км, ширина — 1,5–5,0 м, глубина — 0,3–0,8 м, русло извилистое. Высота над уровнем моря 106–50 м. Пойма реки шириной 50–200 м заболочена (Проект..., 2011).

Основным питанием водных объектов парка являются поверхностные осадки. Воды бассейна гидрокарбонатные, слабоминерализованные, минерализация в период открытой воды 12,6–87,7 мг/л (Алекин, 1953).

В каждом водном объекте пробы отбирали в период открытой воды (июнь — сентябрь) на протяжении 2015–2016 гг. Всего авторами было собрано и обработано 68 проб. Отбор проб, их подготовка и обработка материала проведены по общепринятым в альгологии для рек, озер и болот методикам (Водоросли, 1989; Садчиков, 2003). Озерный и речной фитопланктон отобран на глубине около 20 см, водоросли болот взяты из обрастаний, мочажин, донных отложений.

Температура воды и активность водородного показателя измерены с помощью pHscan WP2. Идентификация водорослей преимущественно проведена на фиксированном 4%-ным формалином материале. Определение диатомовых проводилось в постоянных препаратах, приготовленных путем заключения их створок в канадский бальзам. Освобождение панцирей диатомей от органических веществ осуществляли методом холодного сжигания (Водоросли, 1989). Исследование проводили с помощью световых микроскопов Nikon ECLIPSE E200 и Primo Star Zeiss при увеличении 600–1500 раз. Видовую принадлежность водорослей определяли по отечественным определителям с учетом номенклатурных изменений для цианобактерий (Komárek, Anagnostidis, 2005; Guiry, Guiry, 2017), золотистых (Волошко, 2008), диатомовых (Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Krammer, Lange-Bertalot, 1988; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Guiry, Guiry, 2017), эвгленовых, желтозеленых и зеленых (Guiry, Guiry, 2017). Экологические характеристики определены по определителям, монографии и статей

(Баринаова и др. 2006; Корнева, 2015; Скоробогатова, 2018).

Список выявленных цианопрокариот и водорослей составлен с учетом современных номенклатурных требований. Собранный и обработанный материал хранится в лаборатории экологии Нижневарттовского государственного университета.

Результаты и обсуждение

В период исследований температура воды варьировала в диапазоне плюс 2–22 °С, в том числе в болотных мочажинах 2–15 °С, озере 14–19 °С, реке плюс 11–22 °С. Прозрачность по диску Секки составляла 52–100 см. Диапазон активности водородного показателя в болотах колебался от 3.8 до 4.6, в озере 4.5–5.7, реке 5.3–5.7.

Всего выявлено 197 видов и внутривидовых таксонов, входящих в состав 86 родов, 49 семейств, 13 классов и 6 отделов. Ниже приводится сводный список таксонов (отдел, класс, семейство, род, вид), зарегистрированных в альгофлоре водных объектов парка Югра. Аннотации к видам содержат: синонимы, под которыми вид приводился ранее в литературе (вынесены в квадратные скобки); сведения по экологии, встречаемости и местообитанию. Видовые и внутривидовые таксоны в родах списка расположены по алфавиту. Оценка частоты встречаемости приведена по шкале Стармаха [4]: + — очень редко, 1–2 — единично, 3 — мало, 5 — порядочно, 7 — много, 9 — масса (табл).

В болотах парка найдено 74 вида и разновидностей (далее видов), 46 родов, 34 семейства, 10 классов из 6 отделов. В лесном озере Посен-Лор — 70 видов, 44 рода, 31 семейство, 11 классов, 6 отделов. В реке Ай-Кыртыпях — 121 вид, 50 родов, 35 семейств, 8 классов и 6 отделов.

В поверхностных водах парка к крупнейшей пятёрке классов относятся: *Bacillariophyceae*, *Conjugatophyceae* (*Zygnematophyceae*), *Chlorophyceae*, *Euglenophyceae* и *Cyanophyceae*, доля которых составляет 92,0% от общего числа видов. В составе крупнейших семейств *Eunotiaceae*, *Closteriaceae*, *Desmidiaceae*, *Pinnulariaceae*, *Phacaceae* и *Euglenaceae* — 44,7%. Доля видов в 5 родах: *Eunotia*, *Closterium*, *Pinnularia*, *Trachelomonas* и *Phacus* — 31,4%. Подробное таксономическое описание выявленных водорослей приводится в предыдущей публикации (Скоробогатова, 2017).

В семейственном спектре наблюдается 13 одновидовых семейств, в том числе семейство *Hydrodictyaceae*. Виды данного семейства широко распространены в реках и озерах ХМАО-Югры, некоторые из них входят в число летних доминантов (Скоробогатова, 2015). Следует от-

Видовой состав цианопрокариот и водорослей разнотипных водных объектов парка Югра

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
Суанопрокaryota									
Класс Суанопhyceae, семейство Microcystaceae									
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing = <i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing emend. Elenkin	-	-	+	+2	П	И	Ин	к	β
<i>M. pulverea</i> (Wood) Forti emend. Elenkin	+	+	-	1	П	И	Ин	к	о-β
Семейство Chroococcaceae									
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli [= <i>Gloeocapsa turgida</i> (Kützing) Hollerbach]	+	-	+	+	П	И	Ин	к	о
Семейство Nostocaceae									
<i>Anabaena contorta</i> Bachmann	-	+	-	+	П	И	?	к	?
<i>Nostoc paludosum</i> Kützing ex Bornet & Flahault	+	+	-	1	Б	И	?	к	?
<i>Cylindrospermum michailovskoense</i> Elenkin	-	-	+	+	?	?	?	?	?
Семейство Aphanizomenonaceae									
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault [= <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (Lemmermann) Ralfs]	+	+	-	1	П	Гл	Ин	к	β
<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek [= <i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet & Flahault]	-	-	+	1	П	И	Ин	к	β
<i>D. lemmermannii</i> (Richter) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek [= <i>Anabaena lemmermannii</i> P.G. Richter]	-	+	-	1	П	И	Ин	к	β
<i>D. sigmoideum</i> (Nygaard) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek [= <i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst ex Bornet & Flahault]	-	-	+	1	П	И	?	Б	?
Семейство Microcoleaceae									
<i>Johanseninema constrictum</i> (Szafer) Hasler, Dvorák & Poulícková [= <i>Anabaena constricta</i> (Szafer) Geitler]	-	+	+	+2	П	И	Ин	Б	р
Семейство Oscillatoriaceae									
<i>Oscillatoria annae</i> Goor	-	-	+	1	Л	?	?	?	?
<i>O. limosa</i> C. Agardh ex Gomont	-	-	+	1-3	П	Гл	Ал	к	β-α
Семейство Pseudanabaenaceae									
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek [= <i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann]	-	-	+	2-5	П	И	Ин	к	о-β
Chrysophyta									
Класс Chrysophyceae, семейство Dinobryaceae									
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs	-	-	+	+	П	Гб	Ац	к	о-β
<i>Kephyrion boreale</i> Skuja	-	+	-	+	П	И	?	б	о
Семейство Stylococcaceae									
<i>Lagynion sublobosum</i> Starmach	-	-	+	+	?	?	?	?	?
Класс Synurophyceae, семейство Mallomonadaceae									
<i>Mallomonas</i> sp. 1	+	-	-	+	П	И	Ац	к	о
<i>Mallomonas</i> sp. 2	+	+	+	+9	П	Гб	Ац	к	?
Vacillariophyta									
Класс Mediophyceae, семейство Stephanodiscaceae									
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	+	+	+	1-2	П	Гл	Ин	к	α-β
Класс Coscinodiscophyceae, семейство Aulacoseiraceae									
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen [= <i>Melosira distans</i> (Ehr.) Kützing]	-	-	+	+1	П	и	Ац	аа	х-о
<i>A. italica</i> (Ehrenberg) Simonsen [= <i>Melosira italica</i> (Ehrenberg) Kütz.]	-	+	+	1-5	П	И	Ин	к	о-β

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика					
					М	Г	А	Гео	С	
Семейство Melosiraceae										
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	-	-	+	+2	П	Гл	Ал	к	β	
<i>M. undulata</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	+	1-5	П	И	Ин	к	?	
Класс Bacillariophyceae, семейство Fragilariaceae										
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot [= <i>Synedra acus</i> Kützing var. <i>acus</i>]	-	-	+	1-3	П	И	Ал	к	β	
<i>F. amphicephaloides</i> Lange-Bertalot [= <i>Synedra amphicephala</i> Kützing]	-	-	+	1	П	И	Ал	к	о	
<i>F. brevistriata</i> Grunov	-	-	+	1	О	И	Ин	к	о	
Семейство Ulariaceae										
<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Compère & Bukhtiyarova [= <i>Synedra ulna</i> var. <i>amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Grunov]	+	+	-	1	О	И	Ал	к	β	
<i>U. oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal [= <i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) O'Meara]	+	-	+	1-2	О	И	Ал	к	β	
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère var. <i>ulna</i> [= <i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehrenberg]	-	+	+	1-2	О	И	Ал	к	β	
<i>U. ulna</i> var. <i>spathulifera</i> (Grunow) Aboal [= <i>Synedra ulna</i> var. <i>spathulifera</i> (Grunow) Grunow]	-	-	+	1	О	И	Ал	к	?	
Семейство Tabellariaceae										
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	-	+	+	+3	П	И	Ин	к	о-β	
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i> [= <i>D. vulgare</i> f. <i>producta</i> (Grunow) Kützing]	-	+	+	+1	П	И	Ал	к	β	
<i>D. vulgare</i> var. <i>producta</i> Grunow	-	-	+	+	П	И	Ин	к	о-β	
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	+	+	+	1	П	Гб	Ац	к	о-β	
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	+	+	+	1-9	О	Гб	Ац	аа	о-х	
Семейство Naviculaceae										
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski [= <i>Navicula hungarica</i> var. <i>capitata</i> Cleve]	-	+	+	3	Б	Гл	Ал	б	β	
<i>Kobayasiella subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot [= <i>Navicula subtilissima</i> Cleve]	-	-	+	+1	Б	Гб	Ац	к	о	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	-	-	+	1	Б	И	Ал	к	α	
<i>N. kefvingensis</i> (Ehrenberg) Kützing [= <i>N. peregrina</i> var. <i>kefvingensis</i> (Ehrenberg) Cleve]	-	-	+	1	Б	Мг	?	к	?	
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	+	1-7	Б	Мг	Ал	к	?	
<i>N. radiosa</i> Kützing	+	+	+	1-5	Б	И	Ин	к	о-β	
<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	+	-	+	1-3	Б	Гл	Ал	к	α	
Семейство Sellaphoraceae										
<i>Sellaphora rectangularis</i> (W. Gregory) Lange-Bertalot & Metzeltin [= <i>Navicula pupula</i> var. <i>rectangularis</i> (W. Gregory) Cleve & Grunow]	-	+	+	+1	Б	Гл	Ин	к	?	
Семейство Neidiaceae										
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve [= <i>N. iridis</i> var. <i>amphigomphus</i> (Ehrenberg) Tempère & Peragallo]	-	+	-	+1	Б	Гб	Ин	б	о-β	
Семейство Pinnulariaceae										
<i>Pinnularia abaujensis</i> (Pantocsek) R. Ross var. <i>subundulata</i> (Ant. Mayer) R. M. Patrick [= <i>P. gibba</i> var. <i>subundulata</i> (Ant. Mayer) Frenguelli]	-	+	+	1	Б	И	Ин	б	?	
<i>P. brevicostata</i> Cleve	-	-	+	1	Б	И	Ин	аа	?	
<i>P. divergens</i> W. Smith	+	-	+	3	Б	И	Ин	аа	о-β	

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	+	1-2	Б	И	Ин	к	о-β
<i>P. microstauron</i> var. <i>ambigua</i> F. Meister	-	-	+	1-2	?	?	?	?	?
<i>P. interrupta</i> W. Smith	+	+	+	1-9	Б	И	Ин	б	о-β
<i>P. rhombarea</i> var. <i>biundulata</i> (Otto Müller) Krammer [= <i>P. microstauron</i> f. <i>biundulata</i> O. Müller Hustedt]	+	-	-	1	Б	Ог	Ин	к	о
<i>Mallomonas</i> sp. 1									
<i>P. subcapitata</i> W. Gregory	+	-	+	+2	Б	Гл	Ац	к	х-о
Семейство Stauroneidaceae									
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	+	-	+	+	Б	И	Ин	к	β
<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	+	+	Б	И	Ин	б	β
Семейство Rhopalodiaceae									
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller [= <i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg]	+	+	+	+2	Б	И	Ин	б	х-о
Семейство Amphipleuraceae									
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W. Smith) Lange-Bertalot & Krammer [= <i>F. rhomboides</i> var. <i>undulata</i> Hustedt]	-	+	+	1	?	?	?	?	?
<i>F. rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni var. <i>rhomboides</i>	-	+	+	1-5	Б	Гл	Ац	аа	о-β
<i>F. saxonica</i> Rabenhorst [= <i>F. rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> (Rabenh.) D. T.]	-	+	+	1-3	Л	Гб	Ац	?	о
<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni-Unchecked	-	+	+	1-7	Б	Гб	Ин	б	о
Семейство Achnanthesiaceae									
<i>Planothidium capitatum</i> (Otto Müller) Van de Vijver, Kopalová, C. E. Wetzel & Ector [= <i>Achnanthes lanceolata</i> f. <i>capitata</i> O. Müller]	-	-	+	1	П	?	?	?	?
<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot [= <i>Achnanthes lanceolatum</i> (Brébisson)]	+	-	+	1	П	И	Ал	к	β-α
Семейство Eunotiaceae									
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	+	-	+	1-7	О	И	Ал	к	о-β
<i>E. diadema</i> Ehrenberg [= <i>E. robusta</i> var. <i>diadema</i> (Ehrenberg) Carruthers]	-	+	+	+2	О	И	Ац	б	о
<i>E. diodon</i> Ehrenberg	-	-	+	1	О	?	Ац	аа	?
<i>E. exigua</i> (Brebissonii) Rabenh	+	+	+	2-5	О	Гб	Ац	аа	β
<i>E. faba</i> Ehrenberg	+	-	-	1	О	Гб	Ац	к	о
<i>E. fallax</i> A. Cleve var. <i>fallax</i>	+	+	+	2-7	О	Гб	Ац	аа	о
<i>E. fallax</i> var. <i>gracillima</i> Krasske	+	-	-	1-2	О	Гб	Ин	к	о
<i>E. lunaris</i> (Ehrenberg.) Grunov var. <i>lunaris</i>	+	+	+	1-5	О	И	Ац	к	о
<i>E. lunaris</i> var. <i>capitata</i> Grunov	+	+	-	1-3	О	И	И	к	о
<i>E. microcephala</i> Krasske	+	-	-	3	Б	И	Ац	?	о
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow [= <i>E. pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Kützing) Rabenh]	+	+	+	1-2	О	Гб	Ин	к	о
<i>E. neocompacta</i> S. Mayama [= <i>E. exigua</i> var. <i>compacta</i> Hustedt]	+	-	+	3-7	Б	И	?	к	?
<i>E. parallela</i> Ehrenberg	+	-	-	1	О	Гб	Ац	аа	о
<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>pectinalis</i>	-	-	+	+1	О	И	Ин	к	о-β
<i>E. pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow [= <i>E. pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehrenberg) Hustedt]	-	-	+	+1	О	И	Ин	к	о
<i>E. robusta</i> Ralfs	-	+	+	1-5	О	Гб	Ац	аа	о
<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	-	-	+	+1	О	Гб	Ац	к	о

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
<i>E. inflata</i> (Grunow) Norpel-Schempp & Lange-Bertalot [= <i>E. praerupta</i> var. <i>inflata</i> Grunow]	+	-	+	1	О	Гб	Ац	аа	о
<i>E. tenella</i> (Grunow) Hustedt	-	-	+	+1	О	Гб	Ац	аа	о
<i>E. tetraodon</i> Ehrenberg [= <i>E. robusta</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehrenberg) Ralfs]	-	+	+	1	Б	?	Ац	?	β-α
<i>E. sudetica</i> Otto Müller	-	+	+	1	О	Ог	?	б	?
<i>E. veneris</i> (Kützing) De Toni	-	+	-	1	Б	И	?	аа	?
Семейство Cymbellaceae									
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer [= <i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald]	+	-	-	1	О	И	Ал	б	β
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt	+	-	-	1	О	И	Ин	аа	х
Семейство Catenulaceae									
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	+	-	-	1	Б	И	Ал	к	о-β
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	-	-	+	1-2	О	И	Ац	б	β
<i>G. coronatum</i> Ehrenberg [= <i>G. acuminatum</i> var. <i>coronatum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst]	-	-	+	+	О	И	Ин	б	β
<i>G. sphaerophorum</i> Ehrenberg	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow [= <i>Cymbella ventricosa</i> Kützing]	-	-	+	1	О	И	Ин	к	β
Семейство Bacillariaceae									
<i>Hantzschia amphioxys</i> var. <i>major</i> Grunow	-	-	+	1	Б	И	Ал	к	α
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	+	-	+	1-2	Б	И	Ин	б	β-о
<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	-	-	+	1	Б	И	Ин	б	α-β
<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith [= <i>Nitzschia angustata</i> (W. Smith) Grunow]	-	+	-	1	П	И	Ал	б	х-β
Семейство Surirellaceae									
<i>Surirella angustata</i> Kützing	-	-	+	1-2	Б	И	Ин	б	β
Euglenophyta									
Класс Euglenophyceae, семейство Euglenaceae									
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky [= <i>Phacus mirabilis</i> Pochmann]	-	-	+	1	П	?	Ин	?	?
<i>Euglena mutabilis</i> Schmitz	+	-	+	1-2	Б	И	Ин	к	β-о
<i>E. formisproxima</i> (Dangeard) M.S. Bennett & Triemer	+	-	-	1	П	?	?	?	β
<i>Trachelomonas lacustris</i> Drezepolski	-	-	+	+	П	Гб	Ин	к	о-β
<i>T. planctonica</i> Svirenko	-	-	+	+	П	И	Ал	к	β-о
<i>T. volvocina</i> Ehrenberg var. <i>volvocina</i>	-	+	+	1-3	П	Гл	Ин	к	β
<i>T. volvocina</i> var. <i>derephora</i> W. Conrad	-		+	1	Б	И	Ин	к	?
<i>T. volvocina</i> var. <i>subglobosa</i> Lemmermann	+	+	-	1	П	И	Ин	к	о-β
<i>T. volvocinopsis</i> Svirenko	+	+	-	1-2	П	И	Ин	к	β
Семейство Phacaceae									
<i>Phacus acuminatus</i> Stokes	-	-	+	+	?	И	Ин	к	β-α
<i>P. acuminatus</i> var. <i>acuticauda</i> (Y.V. Roll) Huber	-	-	+	+	?	И	?	к	?
<i>P. caudatus</i> Hübner	-	-	+	1	П	И	Ин	к	β
<i>P. curvicauda</i> Svirenko	-	-	+	1	П	И	Ин	к	β
<i>P. striatus</i> Francé	+	-	-	+	Л	И	Ин	к	β-α
<i>P. swirenkoi</i> Skvortzov	-	-	+	1	Л	И	Ин	?	о-β
<i>Lepocinclis acus</i> (O.F. Müller) B. Marin & Melkonian [= <i>Euglena acus</i> Ehrbergii]	+	+	-	+	П	И	Ин	к	β
<i>L. ovum</i> var. <i>dimidio-minor</i> (Deflandre) Conrad	-	-	+	1	Л	И	Ин	к	?

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
<i>L. oxyuris</i> (Schmarda) B. Marin & Melkonian [= <i>Euglena oxyuris</i> Schmarda]	-	-	+	+	П	Мг	Ин	к	β-α
<i>L. longistriata</i> var. <i>papilla</i> Chodat	+	-	-	+	П	?	?	?	?
Семейство Astasiaceae									
<i>Astasia curvata</i> (G. A. Klebs) G. A. Klebs	+	-	+	+	П	?	?	?	α-р
<i>A. skadowskii</i> Korsikov	+	-	-	1	П	?	?	?	?
Хантопыта									
Класс Xanthophyceae, семейство Tribonemataceae									
<i>Tribonema gayanum</i> Pascher	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>T. fonticola</i> Ettl	+	+	-	3	?	?	?	?	?
<i>T. pyranigerum</i> Pascher	+	-	-	2-3	?	?	?	?	?
<i>T. viride</i> Pascher	+	+	+	5-9	П	И	Ин	к	β-α
<i>T. vulgare</i> Pascher	+	-	-	1	П	И	?	к	о-β
Семейство Botrydiopsidaceae									
<i>Botrydiopsis eriensis</i> J.W. Snow	+	-	-	7	Б	?	?	к	?
Chlorophyta									
Класс Ulvophyceae, семейство Ulotrichaceae									
<i>Ulothrix tenerrima</i> (Kützinger) Kützinger = [<i>U. variabilis</i> Kützinger]	-	+	-	1	Б	И	?	к	?
<i>U. zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kützinger	+	-	-	3	О	И	Ин	б	о
Класс Chlorophyceae, семейство Volvocaceae									
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory	+	-	-	1	П	И	Ин	к	β
Семейство Sphaerocystidaceae									
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Borelly	+	-	-	1	П	И	?	к	?
<i>Dictyochlorella globosa</i> (Korshikov) P.C. Silva	-	+	-	1	?	?	?	?	?
Семейство Mychonastaceae									
<i>Mychonastes jurisii</i> (Hindak) Krienitz, C. Bock, Dadheech [= <i>Dactylosphaerium jurisii</i> Hindak]	+	-	-	+	П	Гб	Ац	к	?
Семейство Characiaceae									
<i>Ankyra ancora</i> (G.M. Smith) Fott	+	-	-	1	П	?	?	?	β
<i>Pseudocharacium acuminatum</i> Korshikov	+	-	-	1	П	?	?	?	β
<i>Pseudoschroederia robusta</i> (Korshikov) E. Hegewald & E. Schnepf [= <i>Schroederia robusta</i> Korshikov]	+	+	-	1	П	?	Ин	к	β-α
Семейство Chlorellaceae									
<i>Dictyosphaerium chlorelloides</i> (Nauman) Komárek	+	+	-	3	?	?	?	?	?
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C. Wood) C. Bock, Proschold & Krienitz [= <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C. Wood]	+	+	-	1-3	П	И	Ин	к	β-о
Семейство Radiococcaceae									
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korshikov	+	-	-	5	П	И	Ин	к	?
<i>Palmodictyon lobatum</i> Korshikov	+	-	+	1-3	О	?	?	?	о
<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) I. Kostikov, T. Darienko, A. Lukesová & L. Hoffmann [= <i>Coenococcus polycoccus</i> (Korshikov) Hindák]	+	-	-	5-7	П	?	?	к	?
Семейство Hydrodictyaceae									
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansgirg	+	-	-	1	П	И	?	к	?
Семейство Selenastraceae									
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	-	+	-	1-3	П	Гб	Ац	б	β-α
<i>Chlorolobion braunii</i> (Nägeli) Komárek	-	+	-	1-7	П	Ог	Ин	к	?

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komarkova-Legnerova	-	+	+	+	П	И	?	к	?
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	+	-	1	П	И	?	к	β
<i>M. komarkovae</i> Nygaard	-	+	+	1	П	И	Ин	к	?
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	-	-	+	+3	П	И	Ал	к	β-α
Семейство Sphaeropleaceae									
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	+	-	-	1	П	И	Ин	к	β
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	+	-	-	2	П	И	Ин	к	?
<i>Komarekia appendiculata</i> (Chodat) Fott	+	-	-	3	?	?	?	?	?
<i>Lagerheimia triangularis</i> (Chodat) Bock & Krienitz [= <i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek]	+	+	+	1-9	П	И	?	к	β
<i>Radiofilum flavescens</i> G.S. West	-	-	+	1	?	?	?	?	β-о
Класс Trebouxiophyceae, семейство Oocystaceae									
<i>Nephrochlamys rostrata</i> Nygaard, Komárek, J. Kristiansen & O.M. Skulberg [= <i>N. subsolitaria</i> (G.S. West) Korshikov]	-	+	-	1	П	?	?	?	
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	+	+	-	1-6	П	?	?	?	о
<i>O. rhomboidea</i> Fott	-	+	-	2-7	?	?	?	aa	?
<i>O. naegelii</i> A. Braun [= <i>O. borgei</i> J.W. Snow]	-	+	-	3-9	П	И	Ин	к	β-о
<i>N. willeana</i> (Printz) Korshikov	-	+	-	1	П	?	?	?	?
<i>Willea rectangularis</i> (A. Braun) D.M. John, M.J. Wynne & P.M. Tsarenko [= <i>Crucigenia rectangularis</i> (Nägeli) Gay]	+	-	-	1-5	П	И	?	к	?
Botryococcaceae									
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	-	+		1	?	?	?	к	х
Класс Chlorococcophyceae, семейство Chlorococcaceae									
<i>Pseudocharacium acuminatum</i> Korschikov	+	-		1	?	?	Ин	к	?
Conjugatophyceae (Zygnematophyceae), семейство Closteriaceae									
<i>Closterium acerosum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	+	3	Б	И	Ин	к	β
<i>C. baillyanum</i> (Brébisson ex Ralfs) Brébisson	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>C. calosporum</i> var. <i>brasiliense</i> Børgesen	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>C. closterioides</i> (Ralfs) A. Louis & Peeters [= <i>C. libellula</i> Focke ex Nordstedt]	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>C. closterioides</i> var. <i>intermedium</i> (J. Roy & Bisset) Ruzick [= <i>C. libellula</i> f. <i>intermedium</i> (Roy et Bisset) Kossinsk.]	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>C. cornu</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	+	+	?	?	Ац	?	?
<i>C. diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	+	1	П	И	Ин	к	о
<i>C. diana</i> var. <i>pseudodiana</i> (J. Roy) Willi Krieger [= <i>C. pseudodiana</i> J. Roy]	-	-	+	1	Б	?	Ин	к	?
<i>C. directum</i> W. Archer [= <i>C. ulna</i> Focke ex W.B. Turner]	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>C. elenkinii</i> Kossinskaja	-	-	+	+	Б	?	?	?	?
<i>C. jenneri</i> Ralfs	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>C. incurvum</i> Brébisson	-	-	+	2	?	?	?	?	?
<i>C. kuetzingii</i> Brébisson	-	-	+	3	П	И	?	к	о
<i>C. moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	+	+	Б	И	?	к	β
<i>C. navicula</i> (Brébisson) Lütkemüller	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>C. navicula</i> var. <i>crassum</i> (W. West & G.S. West) Grønblad [= <i>C. navicula</i> var. <i>inflatum</i> (W. West & G.S. West) Croasdale]	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>C. setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs	+	+	+	1-3	П	Гб	Ац	к	?

Таксон	1	2	3	Вс	Эколого-географическая характеристика				
					М	Г	А	Гео	С
Семейство Desmidiaceae									
<i>Actinotaenium borgeanum</i> (Skuja) Kouwets & Coesel [= <i>Penium borgeanum</i> Skuja]	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>A. spinospermum</i> (Joshua) Kouwets & Coesel [= <i>Penium spinospermum</i> Josh.]	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>Bambusina borreri</i> (Ralfs) Cleve [= <i>B. brebissonii</i> Kützing]	-	+	-	1	П	?	Ац	?	?
<i>Cosmarium pygmaeum</i> W. Arch	-	+	-	1	?	?	?	?	?
<i>Euastrum dissimile</i> (Nordstedt) Schmidle — Unchecked	+	-	-	1	Б	Гб	?	аа	?
<i>E. didelta</i> Ralfs	-	-	+	+	Б	Гб	?	аа	?
<i>Micrasterias papillifera</i> Brébisson ex Ralfs	-	-	+	1	?	?	?	?	?
<i>M. radiosa</i> Ralfs = [<i>M. sol</i> Ehrenberg ex Kützing]	-	-	+	1	П	Гб	Ин	к	о
<i>Pleurotaenium minutum</i> var. <i>latum</i> Kaiser	-	-	+	+	?	?	?	?	?
<i>P. trabecula</i> Nägeli	-	+	-	1	П	И	?	к	о
<i>Spondylosium lundellii</i> Borge	-	+	-	9	П	?	?	?	?
<i>Staurastrum Arachne</i> RalfsexRalfs	-	+	-	1–3	П	И	Ин	к	?
<i>S. johnsonii</i> West & G. S. West	+	+	+	3	П	?	?	?	?
<i>S. margaritaceum</i> (Ehr.) Meneghini	+	-	-	2	П	И	?	к	?
<i>S. paradoxum</i> Meyen ex Ralfs	-	+	-	2	П	И	Ин	к	?
<i>S. platycerum</i> var. <i>dentatum</i> (G. I. Playfair) Grönblad — Unchecked	-	+	-	2	П	?	?	?	?

Обозначения: Водные объекты: 1 — болота, 2 — озеро, 3 — река; «+» — вид найден, «-» вид не отмечен. Местообитание (М): П — планктонный, О — обрастатель, Б — бентосный, Л- литоральный. Распространение (Гео): к — космополит, аа — аркто-альпийский, б — бореальный. Галобность (Г): Мг — мезогалоб, Ог — олигогалоб, Гб — галофоб, И — индифферент, Гл — галлофил. Ацидофильность (А): Ин — индифферент, Ал — алкалофил, Ац — ацидофил. Вс — встречаемость. Сапробность (С): х — ксеносапроб, х-о — ксено-олигосапроб, о-х — олиго-ксеносапроб, х-β — ксено-бетамезосапроб, о — олигосапроб, о-β — олиго-бетамезосапроб, β-о — бета-мезо-олигосапроб, β — бетамезосапроб, β-α — бета-альфа-мезосапроб, о-α — олиго-альфа-мезосапроб, α — альфа-мезосапроб, α-β — альфа-бета-мезосапроб, α-р — альфа-мезо-полисапроб, р — полисапроб. «?» — в экологическом отношении приуроченность вида не ясная.

метить также, что в альгологических сообществах парка не наблюдали водорослей семейства *Scenedesmaceae*, основная часть которых относится к водорослям с широким диапазоном толерантности, т.е. практически убиквидам. Для рек ХМАО-Югры они являются типичными, развивающими высокую численность (Скоробогатова и др. 2015, Скоробогатова и др., 2016).

Повсеместное распространение в водных объектах парка Югра наблюдается у 13 видов. Наибольшая видовая специфичность наблюдается в реке — 62%, особенно выдающийся вклад вносят представители рода *Closterium* и семейства *Desmidiaceae*. В озере видовая специфичность составляет 32,9%. Самая низкая видовая специфичность отмечается в болотах парка, которая составляет 24,3%.

Наивысшую (массовую) встречаемость водорослей по шкале Starmach обнаружили 7 водорослей, в т.ч. золотистые водоросли (*Mallomonas* sp.), развивающиеся в озере, диатомовые: *Tabellaria flocculosa* и *Pinnularia interrupta*, желтозеленые — *Tribonema viride*. Среди зеленых водорослей масса клеток наблюдалась у 3-х видов: *Lagercheimia triangularis*, *Spondylosium lundellii* и *Oocystis naegelii*.

По степени приуроченности к местообитанию преобладают планктонные водоросли, по отношению к галобности и рН — индифференты. В географическом отношении водоросли парка относятся преимущественно к космополитам. По отношению к органическому загрязнению большинство водорослей — индикаторы β-мезосапробной зоны сапробности или переходных зон (олиго-β-мезосапробы, β-мезо-олигосапробы, β-α-ме-

зосапробы). По составу массовых видов и по их отношению к сапробности воды парка Югра соответствуют β-мезосапробной зоне загрязнения.

Заключение

По результатам исследований разнообразие и обилие водорослей в болотах парка и планктоне озера Посейн-Лор невысокие. Водоросли болот в основном представлены «образателями» мхов, состав и встречаемость, которых лимитируется низкими показателями температуры и pH воды.

Наивысшее разнообразие наблюдается в р. Ай-Кыртыпях, где водоросли преимущественно развиваются

при прогревании воды 11–22 °С и pH 5.3–5.7. В рассмотренных объектах по числу видов наблюдается лидирование диатомовых и зеленых водорослей.

Основу высокой видовой специфичности в реке (62%) формируют водоросли рода *Closterium* и семейства *Desmidiaceae*. В озере таковая составляет 32,9%, в болотах парка — 24,3%.

В результате анализа альгофлоры водных экосистем парка Югра установлено, что преобладают планктонные виды, индифферентные по отношению к солям и активности водородного показателя, космополитные, бета-мезосапробные по отношению к органическому загрязнению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О. А. 1953. Основы гидрохимии. Л.: Наука. 296 с.
2. Баранова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. 2006. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 498 с.
3. Волошко Л. Н. 2008. Современная система золотистых водорослей (*Chrysophyta*) // Бот. Журн. Т. 93. № 8. С. 1250–1264.
4. Водоросли: 1989. Справочник/под ред. С. П. Вассера. [и др.] Киев: Наук.Думка, 608 с.
5. Кузьмин Г. В. 1975. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, С. 73–87.
6. Корнева Л. Г. 2015. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Под.ред. А. Копылова. Кострома. Костромской печатный дом, 284 с.
7. Лезин В. А. 1999. Реки Ханты-Мансийского автономного округа: Справочное пособие / Тюмень: Вектор Бук, 156 с.
8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. 1981. Л.: Наука, 32 с.
9. Проект локального экологического мониторинга окружающей среды Аганского лицензионного участка, 2011 г. URL: <https://docviewer.yandex.ru/?uid=61175358&url=ya-> (дата обращения 07.03.2016).
10. Садчиков А. П. 2003. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Университет и школа, 157 с.
11. Скоробогатова О. Н. 2017. Таксономическая структура цианопрокариот и водорослей водных объектов парка «Югра» (Нижевартовский район, ХМАО-Югра) // Вестник Нижевартовского государственного университета. № 4. С. 8–16.
12. Скоробогатова О. Н., Гидора О. Ю. 2017. Структура водорослей верховых болот (Нижевартовский район, ХМАО-Югра) // Труды Института биологии внутренних вод РАН. № 79 (82). С. 207–212.
13. Guiry M. D. & Guiry G. M.. AlgaeBase. Cite this record as: Salvador Valenzuela Miranda in AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. 07 May 2017
14. Komárek J. Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag. 1998. 584 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd. 19/1).
15. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 2. Teil / 2nd Part: Oscillatoriales / Heidelberg. 2005. 759 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd 19/2).
16. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena: 1986. Bd. 2/1, 876 p.
17. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag, 1988. Bd. 2/2. 596 p.
18. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991, Bd. 2/3. 576 p.
19. Skorobogatova O. N. Taxonomic composition of phytoplankton in the Vakh River (Western Siberia) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 138(2018) 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/138/1/012017

© Скоробогатова Ольга Николаевна (olnics@yandex.ru), Юмагулова Эльвира Рамилевна (elvirau2009@yandex.ru), Мингалимова Александра Игоревна (ksanne-86@mail.ru), Ашурова Зухра Марибжановна (zuhra00164@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ С УЧАСТИЕМ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) НА ЮЖНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

CONIFEROUS COMMUNITIES WITH SIBERIAN FIRS (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) LONG-TERM DYNAMICS ON THE SOUTHERN EXTENSION LIMIT

**G. Shaykhutdinova
N. Shafigullina**

Summary. The work is devoted to the analysis of changes in the composition and structure of communities with the participation of Siberian Fir in the Borovetskaya Mast-Tree Grove of the National Park "Nizhnaya Kama" over the period from the 1930s to this day. Intensive forest exploitation was typical for the middle of the period under consideration. We studied the impact of it on the modern state of such communities. An assessment of the results of the establishment of a conservation regime was carried out. The stability of the "mother nucleus" of boreal succession systems functioning at the southern limit of distribution, its system-forming potential, was analyzed.

Keywords: forest dynamics, succession, succession system, nemoralization, forest exploitation, fir (*Abies sibirica*), bryoflora

Шайхутдинова Галия Адхатовна

К.б.н., доцент, Казанский (Приволжский)
федеральный университет; н.с., национальный парк
«Нижняя Кама» (г. Елабуга)
gshaykhu@gmail.com

Шафигуллина Надия Рустэмовна

К.б.н., ассистент, Казанский (Приволжский)
федеральный университет; н.с., национальный парк
«Нижняя Кама» (г. Елабуга)
nadiashafigullina@gmail.com

Аннотация. Работа посвящена анализу изменений в составе и структуре сообществ с участием пихты сибирской в массиве Боровецкого леса национального парка «Нижняя Кама» за период с 30-х гг. XX века по сегодняшний день. Выявляется вклад в современное состояние таких сообществ интенсивной лесозаготовки, характерной для середины рассматриваемого периода. Проводится оценка результатов установления заповедного режима. Анализируется устойчивость «материнского ядра» бореальных сукцессионных систем, функционирующих на южном пределе распространения, его системообразующий потенциал.

Ключевые слова: динамика лесной растительности, сукцессия, сукцессионная система, неморализация, лесозаготовка, пихта сибирская, бриофлора.

В настоящее время разнонаправленные климатогенные и антропогенные сукцессии ярче всего проявляются в полосе бореального экотона (Колымыц, 1998), где хозяйственное воздействие необратимо изменяет структуру теплового и водного балансов в сторону аридизации. Начиная с середины прошлого века, для всей полосы южной тайги в Восточной Европе отмечается процесс неморализации бореальных комплексов, а в зоне широколиственных лесов — ксерофитизации и антропогенного остепнения растительного покрова. Решающим фактором потенциальной неустойчивости хвойных и широколиственных лесов становится возрастающий к югу дефицит влаги, который усиливается интенсивным хозяйственным воздействием, оказываемым как на сам лес, так и на прилегающие обезлесенные территории.

В современных условиях лесной покров представляет собой сложную пространственную мозаику фитоценозов, которые находятся на разных стадиях сукцессионного процесса, образуя спектры сукцессионных рядов. Согласно представлениям о динамике растительного покрова (Разумовский, 1981), ни один

из рядов нельзя представить функционирующим самостоятельно, так как все они объединены в единую (для данной гомогенной территории) самоподдерживающуюся систему сообществ — сукцессионную систему. Центральным организатором (материнским ядром) сукцессионной системы выступает совокупность климаксов, а целостность определяется целостностью флоры и фауны.

Функционирование сукцессионных систем, ядром которых являются бореальные сообщества, в условиях климатогенной и антропогенной неморализации растительности на юге лесной зоны требует особого внимания. Достаточно ли установления заповедного режима для инициирования и поддержания демулационных процессов в системе? Насколько продолжительными могут быть эти процессы? Какова должна быть размерность ядра для выполнения системообразующей роли, обеспечения целостности? Эти и многие другие вопросы возникают перед исследователями и требуют безотлагательного решения для обеспечения охраны видового и экосистемного разнообразия как обязательного условия устойчивого развития регионов.

Национальный парк «Нижняя Кама» организован в 1991 году. Вместе с тем, участки заповедной зоны, выделенные на схеме функционального зонирования территории парка, получили охранный статус раньше: постановлением Совета Министров ТАССР от 19.05.1972 г. № 251 в Большом бору (ныне Елабужское лесничество) и Боровецком лесу (Челнинское лесничество) были организованы одни из первых в республике лесные памятники природы. Исключительная природная ценность ландшафтных комплексов Боровецкого леса определяется произрастанием темнохвойных и хвойно-широколиственных лесов в непосредственном контакте с лесостепью, на юго-восточном крае современного распространения ели и пихты. М. В. Марков, основываясь своих на исследованиях, проведенных в Боровецкой даче в 30-е годы XX века (Марков, 1939), отмечал, что: «... дача представляет значительный интерес для геоботаника, т.к. здесь мы имеем наиболее южные для Татарии местонахождения ценозов хвойного леса, в сложении которых ель и пихта принимают видное участие».

Боровецкий лесной массив, благодаря статусу Корабельной рощи, долгое время избегал интенсивной эксплуатации. Десятилетний план лесного хозяйства дачи, основанный на первых масштабных лесоустроительных работах, нацеленных на учет ее лесосырьевого потенциала, вышел в 1927 году (фонд Р2016, оп. 10, ед.хр. 17). В массиве стали вести лесозаготовки, но не столь интенсивно, как в других окрестных лесах. Но уже в конце 50-х гг. XX века Боровецкий лес подвергся опустошительным промышленным рубкам, которые привели к значительным потерям хвойных и хвойно-широколиственных насаждений и распространению на больших площадях культур сосны и вторичных монодоминантных березовых, осиновых и липовых древостоев. Рубки были прекращены только в 1972 году в связи с переводом всего лесного массива в категорию зеленой зоны г. Набережные Челны. Сегодня незначительные по площади фрагменты уцелевших насаждений с участием темнохвойных (ели и пихты) в верхних ярусах древостоя составляют ядро заповедной зоны Челнинского лесничества нацпарка, как наиболее старые по возрасту, разнообразные по составу и структуре сообщества.

По исследованиям М. В. Маркова (1939), пихта входила в состав двух основных типов сообществ лесной дачи. Повсеместно на песчаных почвах холмов верхней террасы Камы это были мшистые сосняки с елью и пихтой во втором ярусе. В северной части на супесчаных почвах, подстилаемых суглинками, на ровных склоновых поверхностях верхней и второй надпойменных террас — пихтово-елово-сосновые лещиновые леса, которые по логам переходили в почти чистые елово-пихтовые и пихтовые насаждения. По материалам лесоустройства 1927 года площадь сообществ первого типа

в пределах дачи составляла 2547,2 га, сообществ второго типа — 129,6 га.

Наилучшие условия произрастания для пихты представляли местообитания второго типа, в качестве их основного местонахождения М. В. Марков указывал квартал № 15 (по современной нумерации № 29) дачи. Здесь пихта формировала обильный второй ярус с участием до 60% и подлесок. Средний диаметр пихт — 18,5 см, максимальный — 40 см; их общее жизненное состояние оценивалось как «хорошее». Обращая внимание на условия произрастания насаждений и характер возобновления древесных видов, М. В. Марков не исключал возможности развития здесь в будущем еловых, пихтово-еловых и пихтовых лесов без участия сосны, но только при отсутствии пожаров и вырубок.

Детальным изучением растительности Боровецкого леса в конце 40-х — начале 70-х гг. занимался В. С. Порфирьев (Памятники..., 1977). Он дает подробное описание лесов с участием пихты Боровецкой дачи и подразделяет их на три группы: леса кустарниково-кислично-зеленомошные и сложные — липовые или лещиновые. Отмечается, что в лесах первой из этих групп пихта входит в состав сосняков как компонент их второго яруса, а в двух остальных является ведущей, формируя смешанные леса с разной степенью участия дуба, липы и осины.

Наиболее ценными участками сосняков с пихтой кустарниково-кислично-зеленомошных В. С. Порфирьев считал насаждения, произраставшие в центральной части дачи в границах современных кварталов № 97 и № 114 Челнинского лесничества парка. Опираясь на наблюдения 1956 года, он давал им следующую живописную характеристику: «...мощные колоннообразные стволы сосен высотой 30–32 м в возрасте 120 лет составляют сомкнутый ярус, на фоне которого выделяются темно-зеленые кроны пихты, групповые популяции которой образуют 2 ярус высотой 25–22 м... Подрост пихты вместе с липой, оформляет плотный полог и густой подлесок этого насаждения». Но, к сожалению, к моменту получения охранного статуса в 1972 г. это природное богатство было полностью потеряно в ходе сплошных рубок главного пользования. К началу 70-х годов 35% площади 11-ти ставших заповедными кварталов Боровецкого леса (1060 га) стали занимать монокультуры сосны 10–20-летнего возраста, посаженные на вырубках.

Сохранившиеся к моменту получения охранного статуса сложные леса с доминированием пихты, участием ели, липы и обилием лещины в пологе В. С. Порфирьев указывал для логов и межлоговых плато северных кварталов лесного массива, в местах проведения исследований М. В. Марковым. Сравнение с прежним составом растительности показывает, что в биотопах стало замет-

Таблица 1. Показатели видового разнообразия

Годы обследования		1927–1939	2018
Фитоценоз		сосняк с пихтой и елью костянично-мшистый	липняк с пихтой снытево-волосистоосоковый
Формула древостоя	1 ярус	10С	8Лп2П+ед.Д, Ос, С
	2 ярус	6ПЗЕ1Б	8Лп1Кл1П
Общее количество видов, шт		52	33
Доля аборигенных видов, %		100	100
Альфа-разнообразие		7.05	4.22
Выравненность		3.39	2.92
Индекс Шеннона		0.86	0.83
Индекс Симпсона		0.05	0.09
Индекс полидоминантности		20	11.11

но почти полное отсутствие сосны в древостое и проявилось исключительное господство неморальных видов в кустарниковом и травянистом ярусах. Видимо за почти 40 лет сосна либо была изъята при выборочных рубках, либо успела самостоятельно выпасть из древостоя, что подтверждает прогнозы М. В. Маркова.

В 2018 году, спустя почти 90 лет от первых геоботанических наблюдений в Боровецком лесу, были вновь начаты работы по выявлению современного состояния и распространения пихты сибирской на территории лесничеств национального парка «Нижняя Кама». Согласно данным лесоустройства 2017 г. (Таксационное описание..., 2017) в Боровецком лесу (Челнинское лесничество) пихта с участием, не превышающим 20%, входит в состав первого яруса древостоя липняков, дубрав, березняков и осинников в немногочисленных выделах трех северных кварталов (№ 14, 29, 30). Эти участки приблизительно совпадают с местами проведения исследований М. В. Марковым и В. С. Порфирьевым. Общая площадь выделов с участием пихты сегодня составляет 20 га, общий запас сырораствующей пихтовой древесины — 430 м³. В сравнении с данными учета 1927 года площадь насаждений сократилась в 6,5 раз.

Результаты сравнительного анализа данных геоботанических описаний, выполненных М. В. Марковым в 30-е гг. и нами в 2018 г. для сообществ бывшего квартала № 15 (по современной нумерации № 29) приводятся в таблицах 1 и 2.

За рассматриваемый период, сосна и ель практически полностью исчезли из состава древостоя (табл. 1). Учитывая наблюдения В. С. Порфирьева, основные потери сосны видимо произошли еще до 70-х годов прошлого века, а потеря ели и некоторой части пихтовых деревьев произошла позднее, на фоне усиления роли липы, господствующей в настоящее время во всех ярусах древостоя и в пологе. Пихта, в 30-е годы формиру-

вавшая обильный второй ярус и подрост насаждения, успешно поднялась в первый ярус, и часть деревьев сохранилась до настоящего времени. Дендрохронологии, построенные по отобраным с модельных деревьев древесно-кольцевым кернам, показали, что максимальный возраст пихт — 103 года, минимальный — 41 год (Гапулазянов, Тишин, 2018).

Расчеты показателей инвентаризационного разнообразия сообществ, выполненные по стандартным формулам (Мэгарран, 1992; Василевич, 2014) свидетельствуют, что в сравнении с данными прежних наблюдений, видовое богатство и равномерность распределения видов по обилию заметно снизились. Эти выводы подтверждаются также и расчетами показателей доминирования Шеннона и Симпсона, индекса полидоминантности, последний показывает снижение разнообразия почти вдвое. Рассчитанный для пары геоботанических описаний коэффициент сходства Жаккара показывает очень низкое значение — 0.11, что говорит о почти полной смене состава сообществ за прошедшие годы.

Направления смены флористического состава прослеживаются по изменению спектра эколого-ценотических групп растений (табл. 2). За годы до минимума снизилась доля бореальных и боровых видов, подавляющее большинство состава стали формировать представители неморальной флоры; исчезли обильные в прошлом виды открытых луговых и лугово-степных сообществ, обычные для светлых лесов, но не выдержавшие конкуренции с теневыми видами, усилившими здесь свои позиции.

Еще более наглядно тенденцию неморализации сообществ можно рассмотреть при наблюдении изменений в составе бриофлоры, одного из наиболее чувствительных компонентов фитоценоза. М. В. Марков отмечал участие в составе напочвенного мохового покрова трех основных видов: *Pleurozium schreberi*

Таблица 2. Спектры эколого-ценотических групп

Годы обследования	1927–1939		2018	
	Количество видов	Доля, %	Количество видов	Доля, %
Бореальная	9	16.4	1	2.1
Бореально-неморальная	5	9.1	6	12.8
Боровая	4	7.3	1	2.1
Неморальная	12	21.8	20	42.6
Лесо-луговая	6	10.9	4	8.5
Луговая и лугово-степная	15	27.2	0	0
Рудеральная	1	1.8	1	2.1
Мохообразные	3	5.5	14	29.8

Таблица 3. Современный состав бриофлоры (учет 2018 г.)

№	Виды мохообразных	в напочвенном покрове	на гниющей древесине	на комле пихты и сосны	на комле липы	на стволах живых лиственных деревьев	охраняемый статус
1	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp. in B.S.G.		*				
2	<i>Anomodon longifolius</i> (Brid.) Hartm.		*			*	КК
3	<i>Brachythecium salebrosum</i> (Web. et Mohr) Schimp. in B.S.G.		*				
4	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.		*				
5	<i>Lewinskya speciosa</i> (<i>Orthotrichum speciosum</i> Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet					*	
6	<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dumort.		*				
7	<i>Neckera pennata</i> Hedw.					*	КК
8	<i>Nyholmiella obtusifolia</i> (<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.) Holmen & E. Warncke					*	
9	<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. Kop.	*	*				
10	<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Schimp. in B.S.G.			*			
11	<i>Plagiothecium latebricola</i> Schimp. in B.S.G.		*				
12	<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyh.		*		*		
13	<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Schimp.		*			*	
14	<i>Radula complanata</i> (L.) Dum.		*			*	

Примечание: КК — вид включен в Красную книгу Республики Татарстан (2016)

(Brid.) Mitt., *Dicranum polysetum* Sw., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. При этом указывал, что моховой покров развит неравномерно, местами представлен очень слабо, а местами делается сплошным. Указанный состав мхов в условиях Республики Татарстан характерен для светлых хвойных и хвойно-широколиственных лесов с доминированием сосны и участием ели в древостое. Сплошное развитие мохового покрова в таких лесах обычно наблюдается в местах хорошего освещения, вдоль просек или в прогалинах древесного яруса. Это наряду с заметным участием в составе травостоя видов луговой и лугово-степной флоры сосудистых растений (табл. 2) свидетельствует о ведении экстенсивной хозяйственной деятельности

в лесу в первой половине XX века (выборочные рубки, расчистка сухостоя и т.п.).

В учеты 2018 г. вошло уже 14 видов мохообразных (табл. 3), причем состав и характер приуроченности видов к субстрату полностью изменился. В слабо развитом напочвенном покрове отмечен только один вид *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.; большинство видов развивается на гниющей древесине валежа, на основаниях и стволах деревьев, что является характерной чертой неморальной бриофлоры.

Развитый комплекс видов *Neckera pennata* — *Anomodon longifolius* — *Radula complanata* характерен

для старовозрастных широколиственных лесов с достаточным увлажнением воздуха. В ландшафтах нацпарка «Нижняя Кама» такой комплекс можно встретить вблизи водоемов на стволах липы, реже вяза. Здесь эти виды также приурочены к стволам липы.

Plagiothecium latebricola — единственный бореальный вид в списке, редкий для республики и одиночная находка для национального парка. Популяции данного вида, как правило, всегда очень малочисленны и приурочены к старовозрастным сырým тенистым лесам, где много валежника и сильно прогнившей древесины хвойных.

Leptodictyum riparium — вид, встречающийся в переувлажненных местообитаниях, часто даже на субстратах, погруженных в воду. В исследуемом сообществе найден на валежнике среди других мхов, что говорит о повышенной влажности местообитания и возможном застойном увлажнении. Появление данного вида может быть связано с изменением гидрологического режима территории, произошедшим при заполнении в 1978–1979 гг. Нижнекамского водохранилища на отрезке реки Кама, огибающем с севера и запада территорию Боровецкого леса. Бывшие участки поймы в северной части исследованного нами квартала № 29 были полностью затоплены, а при колебаниях уровня водохранилища вероятно происходит частичное подтопление низменных участков квартала.

Кардинальное изменение состава фитоценозов исследуемой территории в сторону неморализации обусловлено целым комплексом причин. В числе ведущих, нужно рассматривать интенсивные меры воздействия на лес. Массированная лесозаготовка и искусственное лесовосстановление, через выращивание монокультур сосны на больших площадях, привели к потере генофонда темнохвойных и изоляции немногочисленных стабильных популяций пихты и ели в ограниченных биотопах. Сукцессионные системы, сформировавшиеся на месте потерянных в ходе рубок сосняков с пихтой кустарниково-кислично-зеленомошных, были практически лишены материнского ядра, способного обеспечить проявление демулационных процессов.

Перевод насаждений из эксплуатационных в защитную категорию, а затем и заповедную, оказал, с одной стороны, положительный эффект, обеспечив ограничение интенсивного лесопользования. Но с другой стороны, ускорил процесс неморализации сообществ, наложив ограничения на проведение мероприятий по уходу и формированию древостоя в молодых культурах и содействию возобновлению леса. В 1972 году В.С. Порфирьев отмечал «отличное» вегетативное возобновление пихты под пологом сосновых культур и оптимистично прогнозировал возможность восстановления исходных биоценозов (Памятники..., 1977), но сегодня мы видим, что эти прогнозы не реализовались.

Исследования показали, что изолированные на небольших площадях уцелевшие фрагменты фитоценозов с участием пихты неспособны в настоящее время выполнять не только системообразующую функцию, но даже обеспечить собственное воспроизводство. Немаловажную роль в этом играет потеря напочвенного мохового покрова, который обычно, стабилизируя водный баланс в подстилке и в поверхностных слоях почвы, обеспечивает прорастание семян хвойных видов. Неморализация состава сообществ, ведущая к росту трофности субстрата и сильному затенению, создает неблагоприятные для развития напочвенных мхов условия и препятствует появлению надежного подроста пихты и ели.

Поставленная перед национальным парком задача сохранения бореальных комплексов, и в частности, насаждений с участием пихты сибирской, как одной из главных природных ценностей территории, не может быть решена без реализации активных мер по их поддержанию. Такие меры должны включать экстенсивное вмешательство в состав и функционирование сообществ, направленное на формирование окон возобновления и осветление участков, разреживание травостоя, реализацию мелиоративных и лесовосстановительных работ. Разработка плана мероприятий должна опираться на материалы комплексных исследований и учет локальных особенностей местообитаний и состояния участков леса, что вероятно потребует пересмотра схемы функционального зонирования территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василевич В. И. Видовое разнообразие остепненных лугов Европейской России // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук): Труды межд. науч. конф. / Отв. ред. Д. В. Гельман. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. — с. 44–49.
2. Гапулазянов А. И., Тишин Д. В. Дендроклиматические исследования пихты сибирской на южной границе лесной зоны / Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с межд. уч. Книга 2. — Киров: ВятГУ, 2018. — С. 94–96.
3. Коломыц Э. Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. — Пушино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. — С. 24–31, 47–58.
4. Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы. Издание 3-е. — Казань: Идель-пресс, 2016. — 759 с.

5. Марков М. В. Лес и степь в условиях Закамья. Ч. 2. Сосновые леса. Ученые записки Каз. гос. ун-та, т. 99, кн. 1, вып. 5. — Казань, 1939. — С. 67–131.
6. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. — М.: Мир, 1992. — 184 с.
7. Памятники природы Татарии. Под ред. проф. В. А. Попова. — Казань: Изд-во Казанского университета, 1977. — 144 с.
8. Разумовский С. М. Закономерности динамики биоценозов. — М., Наука, 1981. — С. 46–83, 104–145.
9. Таксационное описание Челнинского участкового лесничества Национального парка «Нижняя Кама» Республики Татарстан. ООО «Лесопроектное бюро». — Калуга, 2017. — 1331 с.
10. Фонд Р2016, оп. 10, ед.хр. 17 национального архива РТ. План лесного хозяйства Боровецкой и Гардалинской дач Кзыл-Таусского лесничества Набережно-Челнинского кантона на 1927–1938 годы.

© Шайхутдинова Галия Адхатовна (gshaykhu@gmail.com), Шафигуллина Надия Рустэмовна (nadiashafigullina@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский федеральный университет

ПОХОДЫ К ПОИСКУ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ

TRIPS TO THE SELECTION OF THE OPTIMAL TECHNICAL SOLUTION FOR THE SELECTION OF AIR CONDITIONING SYSTEMS OF OFFICE BUILDINGS

Alhatim Ali

Summary. the air conditioning System of office buildings is a technical solution that provides control of temperature, humidity, air movement, clean air necessary to achieve thermal comfort. However, for the successful operation of such a system in each particular office building, it is necessary to choose the appropriate technical solution, which is based on the definition of a number of parameters. The purpose of this article is to develop approaches to select the optimal technical solution for the air conditioning system of office buildings.

Keywords: air conditioning system, optimization criteria, technical solution, office building, control parameters.

Алхатем Али

*Аспирант, Российский университет дружбы народов,
г. Москва
alialhatem@mail.ru*

Аннотация. Система кондиционирования воздуха офисных зданий представляет собой техническое решение, обеспечивающее контроль температуры, влажности, движения воздуха, чистоту воздуха, необходимые для теплового комфорта человека. Однако для успешного функционирования такой системы в каждом конкретном офисном здании необходим выбор соответствующего технического решения, в основе которого будет лежать определение ряда параметров. Целью настоящей статьи является выработка подходов, позволяющих выбрать оптимальное техническое решение для системы кондиционирования офисных зданий.

Ключевые слова: система кондиционирования, критерии оптимизации, техническое решение, офисные здания, параметры контроля.

Технический анализ инженерных требований и необходимых условий обеспечения комфорта пользователей системы кондиционирования, а также энергетических и экологических потребностей позволил выявить отдельные параметры, оказывающие существенное влияние на выбор оптимального технического решения системы кондиционирования офисных зданий. Системы кондиционирования воздуха могут быть классифицированы в соответствии со средствами, посредством которых осуществляется управляемое охлаждение в кондиционированном пространстве. Кроме того, в основе выбора системы кондиционирования воздуха лежат особенности используемого в системе оборудования. При выборе подходящей системы кондиционирования воздуха для конкретного применения необходимо учитывать и системные ограничения: нагрузку на охлаждение, требования к зонированию, отопление и вентиляцию, а также архитектурные ограничения: размеры и внешний вид тепловых устройств, приемлемый уровень шума, пространство, доступное для размещения оборудования и его расположение относительно кондиционированного пространства, приемлемость компонентов, выходящих в кондиционированное пространство. Кроме того, имеют место и финансовые ограничения: капитальные затраты, эксплуатационные расходы и затраты на техническое обслуживание.

Одним из самых важных параметров при выборе соответствующей системы кондиционирования является расчет охлаждающей нагрузки. Расчеты охлаждающей нагрузки могут использоваться для достижения одной или нескольких из следующих целей:

- ◆ предоставление информации для выбора оборудования, размеров системы и дизайна системы кондиционирования;
- ◆ предоставление данных для оценки оптимальных возможностей снижения нагрузки;
- ◆ проведения анализа частичных нагрузок, необходимых для проектирования, эксплуатации и контроля системы.

Рассмотрим основные компоненты охлаждающей нагрузки.

Общая охлаждающая нагрузка здания состоит из тепла, передаваемого через оболочку здания (стены, крыша, пол, окна, двери и т.д.) и тепла, генерируемого лицами, находящимися в здании, оборудованием и освещением. Нагрузка из-за теплопередачи через оболочку называется внешней нагрузкой, тогда как все остальные нагрузки являются внутренними. Процент внешней и внутренней нагрузки варьируется в зависимости от типа здания, климата на месте и конструкции здания. Общая охлажда-

дающая нагрузка в любом здании состоит как из чувствительных, так и из скрытых компонентов нагрузки. Разумная нагрузка влияет на температуру сухой колбы, в то время как скрытая нагрузка влияет на содержание влаги в кондиционированном пространстве.

Офисные здания могут иметь как внешние, так и внутренние нагрузки. В зданиях с внешней нагрузкой охлаждающая нагрузка на здание в основном обусловлена теплопередачей между окружающей средой и внутренним кондиционированным пространством. Поскольку условия окружающей среды в различные дни сильно разнятся, нагрузка на охлаждение здания с внешней нагрузкой в связи с этим сильно варьируется. В зданиях с внутренней нагрузкой охлаждающая нагрузка в основном обусловлена внутренними источниками тепла, такими, как офисные работники, излучения света или тепловые излучения приборов и офисной техники. Если говорить в общем, то тепловыделение за счет внутренних источников тепла может оставаться довольно постоянным, поскольку теплообмен с переменным окружением намного меньше по сравнению с внутренним теплом. Очевидно, что с точки зрения энергоэффективности и экономичности стратегия проектирования системы для офисного здания с внешней нагрузкой должна отличаться от здания с внутренней нагрузкой. Следовательно, предварительные знания о нагрузке здания имеют принципиальное значение для эффективного проектирования системы.

Для расчета тепловой нагрузки здания необходимо определить сумму теплового потока по следующему выражению:

Сумма теплового потока ($Q_{обш}$) = $Q_i + Q_s + Q_c + Q_v + Q_m + Q_e$, где:

Q_i = Внутренний приток тепла от людей, электрического света, силового оборудования и приборов.

Q_s = Мгновенный приток солнечного излучения от стеклянных окон и стен вестибюля, дверей, потолка и пола.

Q_c = Потери тепла от теплопроводности или потери тепла через ограждающие элементы, вызванные разницей температуры между внешней и внутренней средой.

Q_v = Приток или потеря тепла вентиляции из-за естественной или механической вентиляции и инфильтрации.

Q_m = Механический нагрев или охлаждение, производимые установкой на базе оборудования для кондиционирования воздуха.

Q_e = Передача тепла с крыши, стены, окон.

Если $Q_{обш} = 0$, тепловой баланс существует. Если $Q_{обш} > 0$, температура в помещении увеличивается. Если $Q_{обш}$

< 0 , температура в помещении снижается. За исключением Q_m , который довольно мал, чистая стоимость всех величин теплового потока в уравнении по расчету суммы теплового потока $Q_{обш}$ определяет требования к отоплению и охлаждению помещений.

Для расчета нагрузки на охлаждение конкретного помещения требуется подробная информация о здании, местоположении, месте и погодных данных, а также внутренняя информация о конструкции и графики работы. Наружные расчетные условия и желаемые внутренние условия являются отправной точкой для расчета нагрузки на систему кондиционирования, поэтому ниже мы рассмотрим отдельные параметры таких условий.

Важным параметром внутренних и наружных условий является в первую очередь параметры давления. Требования к наружному воздуху иногда определяются потребностями в повышении давления в здании. Большинство систем кондиционирования воздуха предназначены для поддержания немного более высокого давления, чем окружающее, положительного давления для предотвращения или уменьшения проникновения и необработанного воздуха, поступающего непосредственно в пространство. Для лабораторий, комнат отдыха или мастерских, где образуются токсичные, опасные или нежелательные газы или загрязняющие вещества, следует поддерживать немного более низкое давление, чем окружающее, отрицательное давление, чтобы предотвратить или уменьшить диффузию этих загрязняющих веществ в окружающую среду.

Для комфортных систем кондиционирования воздуха рекомендуемый перепад давления между внутренним и наружным воздухом составляет от 0,02 до 0,05 дюйма (WG). WG показывает давление в нижней части открытого водяного столба определенной дюйма высоты ($WG = 0,03612$ фунтов на кв.м).

Теперь рассмотрим, какие характеристики здания влияют на выбор оптимального технического решения для системы кондиционирования воздуха.

Для расчета теплового притока в помещении необходима следующая информация об оболочке здания:

- ◆ архитектурные планы, разрезы и фасады — для оценки размеров / площади / объема здания;
- ◆ ориентация здания (сервер, юг, запад, восток, сервера-запад и пр.), местоположение и прочие данные;
- ◆ внешнее / внутреннее затенение, коэффициент отражения от земли и т.д.;
- ◆ материалы конструкции для наружных стен, крыш, окон, дверей, внутренних стен, перегородок, потолка, изоляционных материалов, цвета

наружных стен и кровли выбирают и / или вычисляют значения коэффициента теплопроводности для стен, крыши, окон, дверей, перегородок, и т.д., проверяется, изолирована ли конструкция и / или подвержена сильному ветру;

- ♦ количество стекла, тип и затенение на окнах.

В качестве основной внутренней информации, необходимой для выбора технического решения офисного здания, являются графики работы сотрудников офиса, в которых отражается информация о режиме рабочего времени, освещении, оборудовании, приборах и процессах, которые влияют на внутренние нагрузки. Кроме того, определяется, будет ли оборудование для кондиционирования работать непрерывно или с перерывами (например, отключение во время определенных периодов, ночное отключение и отключение в выходные дни). Кроме того, необходим сбор следующей информации:

- ♦ требования к приборам, таким, как компьютеры, принтеры, факсы, кулеры для воды, холодильники, микроволновые печи, различные электрические панели, кабели и т.д.;
- ♦ информация о тепле, выделяемом оборудованием системы кондиционирования и вентиляции;
- ♦ информация о количестве сотрудников офисного здания, время заполнения здания и тип заполнения здания.

При выборе технического решения для системы кондиционирования нельзя не учитывать требования к качеству воздуха внутри помещений и наружного воздуха. По данным многочисленных исследований причинами жалоб работников офисов на качество воздуха в помещениях в зданиях являются недостаточная вентиляция наружного воздуха. Существуют три основных способа улучшения качества воздуха в помещении: устранить или уменьшить источник загрязнения воздуха, повысить эффективность фильтрации воздуха и увеличить вентиляцию (наружного) воздухопотребления.

Требования по объему кислорода в воздухе основаны на анализе биологических стоков человека. Считается, что критерии комфорта в отношении человека, вероятно, будут удовлетворены, если концентрации углекислого газа в помещении остаются в пределах 700ppm выше концентрации углекислого газа в наружном воздухе.

В качестве внешних показателей, влияющих на систему кондиционирования, можно назвать условия наружного проектирования, а также погодные данные в различные периоды (возьмем для исследования г. Сочи). При определении таких условий на открытом воздухе нецелесообразно выбирать годовые максимальные или годовые минимальные значения данных о погоде на улице. Данные о наружном проектировании обычно

определяются в соответствии со статистическим анализом данных о погоде, поэтому от 1 до 5% от общего возможного рабочего времени равняются или превышают проектные значения для наружного здания.

Рассмотрим данные, необходимые для расчета режима работы системы кондиционирования в летний период: рекомендуемая летняя конструкция и совпадающая температура влажного термометра, выбранные равными или превышающими 2,5% от общего количества часов в мае, июне, июле, августе и сентябре (для г. Сочи) при расчетных условиях: заданной широте, конструктивных условия с внешней стороны здания (34 °C), температура сухой колбы и внутренние расчетные условия: температура влажной колбы 25 °C, относительная влажность 50% из таблицы психометрических показателей; дневной диапазон 11 °C, вентиляционный воздух = 9,4 л/с на человека (офисные помещения). Обычно максимальная температура в г. Сочи 34 °C наблюдается в 2 часа дня, а минимальная температура 28 °C непосредственно перед восходом солнца. Суточный диапазон температуры сухой колбы около 9–10 °C, а среднесуточная температура сухой колбы составляет 34 °C. Аналогичным образом осуществляется подход к анализу температуры в зимнее время.

Теперь обратим внимание на данные о потерях тепла из-за инфильтрации и контролируемой естественной вентиляции. Потери тепла могут быть ощутимыми и скрытыми.

Ощутимая потеря тепла, Q_{sb} — это энергия, связанная с необходимостью повышения температуры проникающего или вентиляционного воздуха до температуры воздуха в помещении. Такая потеря тепла рассчитывается следующим образом:

$$Q_{sb} = V_p \cdot C_{pa} \cdot (T_i - T_o),$$

где V_p — объемный расход воздуха;
 C_{pa} — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении;
 T_i — температура воздуха в помещении;
 T_o — температура наружного воздуха.

Скрытая потеря тепла, Q_{la} это количество энергии, связанное с чистой потерей влаги из пространства. Такая потеря тепла рассчитывается следующим образом:

$$Q_{la} = V_p \cdot (W_i - W_o) \cdot hfg, \text{ где}$$

V_p — объемный расход воздуха
 W_i — влажность воздуха в помещении
 W_o — коэффициент влажности наружного воздуха
 hfg — скрытая теплота испарения при температуре воздуха в помещении.

Подводя итог, отметим, что вышеприведенные показатели не являются исчерпывающими при выборе соответству-

ющего технического решения для системы кондиционирования воздуха офисных зданий, но являются основными. На основании указанных данных разрабатывается программное обеспечение для расчета общей холодильной

нагрузки на предполагаемую систему кондиционирования, что позволяет сделать ряд важных заключений относительно организации системы с учетом требований по минимизации установочных и эксплуатационных расходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В. Н., Новожилов В. И., Симаков Б. Д., Титов В. П. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция. Под ред. В. Н. Богословского. М.: Стройиздат, 1976.
2. Кувшинов Ю. Я. Расчет годовых расходов энергии системами вентиляции и кондиционирования воздуха // АВОК. 2006. № 7. С. 20–28.
3. Мальцер. А. Опыт проектирования и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха зданий учебных центров // АВОК. 2007. № 3. С. 22–36.
4. Faber & Kell's (2008) Heating and Air-Conditioning of Buildings, 10th edition.

© Алхатем Али (alialhatem@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЁТКОЙ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Ганин Павел Евгеньевич

Аспирант, «НИУ «МЭИ», Москва
ganinpe@gmail.com

APPLICATION OF FUZZY NEURAL NETWORK FOR SOLUTION OF KINEMATIC PROBLEMS OF MULTILINK MANIPULATORS IN REAL-TIME CONTROL SYSTEMS

P. Ganin

Summary. This paper examines the question of the application of fuzzy neural networks for solving inverse kinematics of multilink manipulators in real-time control systems. To ensure the required characteristics of the control system, a hybrid algorithm for finding solutions to kinematic problems has been developed. The developed algorithm for solving the inverse kinematics allows constructing the control system to work in real time with the control of the accuracy of calculations. The search for the solution of kinematic problems is based on the neural network approach in combination with numerical refinement algorithms. The paper presents the results of the study of the influence of neural network parameters on the quality of the solution in the developed search algorithm. The results of experimental studies shows the possibility of using the developed algorithm to find solutions to kinematic problems in real-time control systems.

Keywords: inverse kinematics, real-time control system, neural networks, iterative refinement.

Аннотация. В работе рассматривается вопрос о применении нечёткой нейронной сети для решения обратной задачи кинематики многозвенных манипуляторов в системах управления реальным временем. Для обеспечения требуемых характеристик работы системы управления разработан гибридный алгоритм поиска решения кинематических задач. Разработанный алгоритм решения инверсной кинематики позволяет выполнить построение системы управления для работы в режиме реального времени с контролем точности расчетов. Поиск решения кинематических задач основан на нейросетевом подходе в комбинации с численными алгоритмами уточнения. В работе представлены результаты исследования влияния параметров нейронной сети на качество получаемого решения в разработанном алгоритме поиска. Приводятся результаты экспериментальных исследований свидетельствующие о возможности применения разработанного алгоритма поиска решения кинематических задач в системах управления реальным временем.

Ключевые слова: инверсная кинематика, система управления реальным временем, нейронные сети, итерационное уточнение.

Введение

В данной статье рассматривается вопрос решения кинематических задач в системах управления избыточных манипуляторов. Специфика синтеза систем управления (СУ) манипуляторов заключается в необходимости обеспечивать нахождение решения прямой и обратной (инверсной) кинематических задач, и построении областей достижимости. Прямая задача кинематики заключается в определении пространственного положения и ориентации характерной точки (рабочего органа манипулятора) по известным значениям обобщенных координат. Решить эту задачу возможно различными способами, такими как: матрицы преобразований систем координат; установление системы геометрической зависимости координат.

Обратная задача заключается в определении обобщенных координат (переменных параметров) манипуля-

тора при заданном положении рабочего органа. Методы решения обратной задачи о положении манипулятора в общем виде делятся на точные и приближенные. При использовании точных методов искомые углы поворота удается получить в виде аналитической зависимости параметров кинематической схемы манипулятора. В этом случае процесс нахождения искомых углов сводится к вычислению значений заранее полученных аналитических зависимостей. К сожалению, точное решение удается получить не для каждой кинематической схемы манипулятора. Для решения этой проблемы применяют приближенные методы — методы численных решений уравнений связи. Они позволяют найти решения для любых кинематических схем, однако эти методы имеют ряд недостатков, обусловленных применением итерационного подхода к решению.

В связи с возрастающими требованиями к роботам-манипуляторам и расширению областей их приме-

нения, осуществляется поиск перспективных подходов к решению обратной задачи кинематики (ОЗК). Решение кинематических задач, как правило, сопряжено с разрешением сложных нелинейных систем уравнений что требует от СУ большого количества вычислительной мощности. В настоящее время в науке и технике присутствует тенденция к увеличению адаптивности и интеллектуальности алгоритмов, возможности самообучению системы управления. Наиболее перспективными направлениями синтеза СУ промышленными роботами стали те, что базируются на применении нейронных сетей (НС). Обученные нейронные сети позволяют в значительной мере упростить процесс нахождения решения ОЗК, а также НС обладают возможностью адаптации к решению типовых задач. Применение нейронных сетей для решения ОЗК, в отличие от аналитических подходов, где требуется указание строгих аналитических зависимостей, возможно для различных конструкций манипуляторов. Адаптивность и гибкость НС позволяют осуществлять построение унифицированных систем управления.

Применение нейронных сетей для задач аппроксимации и вычисления координат многократно рассматривалось различными учеными. Так для манипулятора с 6-ю степенями свободы было получено решение ОЗК с использованием различных структур и параметров многослойной сети прямого распространения [1]. Был рассмотрен метод основанный на многослойном перцептроне с применением справочных таблиц [2]. В случае усложнения механической структурной схемы, значительно усложняется построение как самой сети, так и обучающей выборки. В попытке устранить этот недостаток применяются НС, основанные на радиально-базисных функциях (РБФ), в работе [3] рассматривается влияние конфигурации РБФ-сети на производительность (скорость вычисления). Для решения ОЗК трехзвенного манипулятора в работе [4] разработана архитектура НС на базе РБФ с двумя скрытыми слоями. Для повышения производительности процесса обучения осуществляется применение параллельных расчетов, в работе [5] рассмотрено вычисление необходимой ориентации рабочего органа в пространстве с применением шести параллельных РБФ-сетей. Также в настоящее время все больше появляется различных гибридных методов, сочетающих в себе достоинства отдельных подходов. Так в работе [6] рассмотрен метод основанный на использовании НС совместно с экспертной корректирующей системой. Применение НС и генетических алгоритмов рассматривается в работе [7].

В результате совмещения достоинств аппарата нечетких множеств и НС появились искусственные нейро-нечёткие сети. Они с успехом применяются для решения задач, в которых исходные данные являются ненадежными и слабо формализованными.

С помощью формализованных средствами теории нечетких множеств естественно-языковых высказываний «если, то», можно отразить произвольную взаимосвязь «вход»-«выход» без использования сложного аппарата дифференциальных и интегральных исчислений. Таким образом данные сети обладают высокой универсальностью и могут применяться для решения различных задач. Теоретическое обоснование нейро-нечётких сетей представлено в работе Б. Коско [8]. Также доказана высокая эффективность (обусловлена универсальностью), поясняемая рядом теорем, аналогичных теоремам о полноте для искусственных НС. Так в работе [9] рассматривается применение СУ положением для механической модели ноги человека, которая базируется на адаптивной нейро-нечёткой системе вывода. В результате были успешно получены требуемые углы сочленений для заданного положения в плоской задаче. В работе [10] рассматриваются возможности нейро-нечёткой сети для решения ОЗК манипуляционных роботов с двумя, тремя и пятью степенями свободы, приводится сравнительный анализ зависимости точности расчета от полноты обучающей выборки. В работе [11] было применено компьютерное моделирование и рассмотрена возможность расчета движения трехзвенного робота в пространстве, дана оценка точности позиционирования с учетом выбранного алгоритма.

1. Конструкция манипулятора

В работе была выбрана структура манипулятора с последовательно соединенными звеньями, т.к. в настоящее время данный тип структуры получил самое широкое распространение в промышленности. Манипулятор состоит из нескольких звеньев, первое из которых соединено с опорной стойкой (основанием), а последнее снабжено рабочим органом (захватом). Каждое из звеньев имеет соединения не более чем с двумя другими так, чтобы не образовывалось замкнутых цепей. Соединение двух звеньев является сочленением (суставом), которое имеет только одну степень свободы (вращение). Звенья манипулятора участвуют в относительном движении, в результате которого достигается определенное положение и ориентация рабочего органа в пространстве. В зависимости от применения манипулятора и поставленных задач составляется схема механической структуры (рис. 1), определяющая параметры всех звеньев и сочленений.

Синтез СУ манипуляционными роботами включает в себя решения прямой и обратной (инверсной) задач, построения областей достижимости. Прямая задача кинематики заключается в определении пространственного положения и ориентации характерной точки (рабочего органа манипулятора) по известным значениям

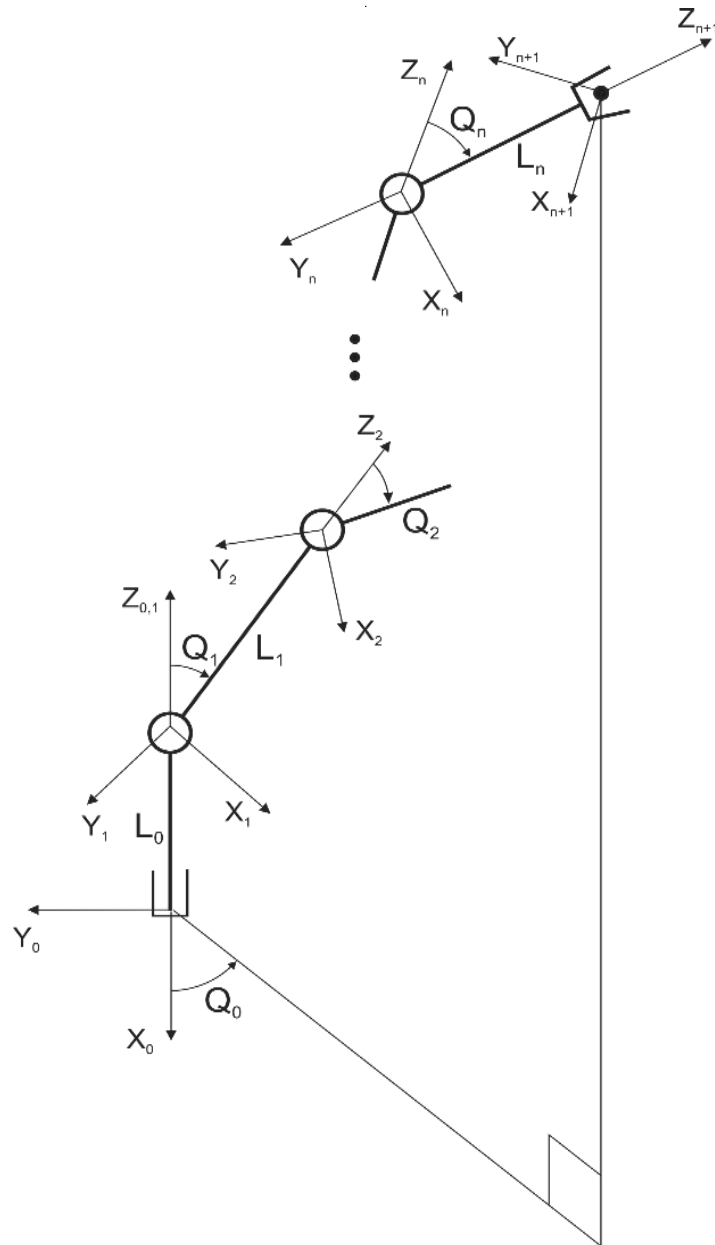


Рис. 1. Схема механической структуры манипуляционного робота

обобщенных координат. Решить эту задачу возможно различными способами, такими как: матрицы преобразований систем координат; установление системы геометрической зависимости координат.

В общем виде система уравнений описывающих кинематическую структуру манипуляционного робота, представленного на Рис. 1 имеет вид:

$$\begin{cases} x = [\sum_m(L_m \cdot \sin(\sum_p^m Q_p))] \cdot \cos Q_0, \\ y = [\sum_m(L_m \cdot \sin(\sum_p^m Q_p))] \cdot \sin Q_0, \\ z = L_0 + \sum_m(L_m \cdot \cos(\sum_p^m Q_p)), \end{cases} \quad (1)$$

где $m = 1..n, p = 1..m, L_n$ — длины звеньев (постоянные параметры);

L_0 — высота основания; Q_n — углы поворота звеньев; x, y, z — координаты рабочего органа.

2. Схема гибридного алгоритма расчета ОЗК

Алгоритм решения кинематических задач для выбранной группы манипуляторов, описываемых уравнениями (1) базируется на применении адаптивной НС нечеткого вывода. Принцип работы заключается в по-

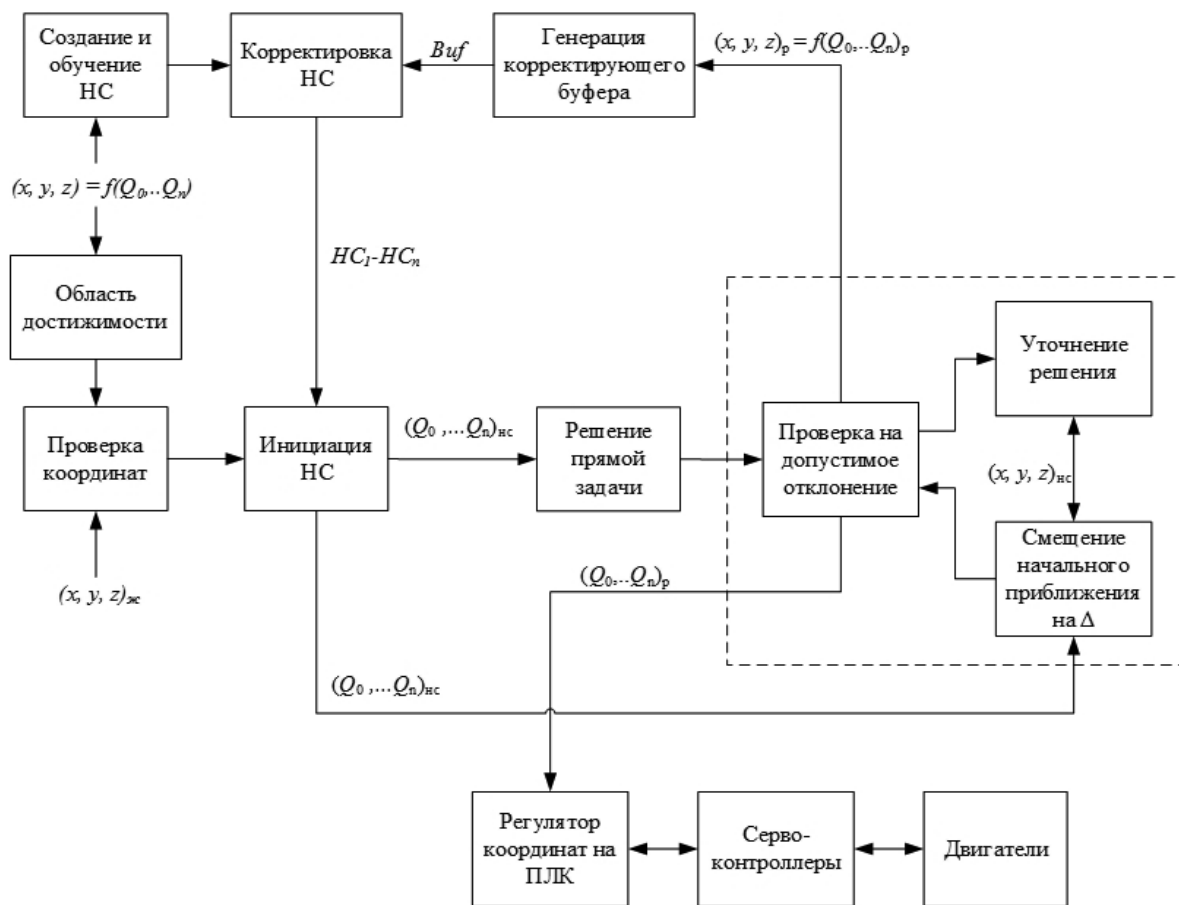


Рис. 2. Схема гибридного алгоритма расчета ОЗК

следовательном применении нейронной сети и численной реализации итерационного метода Ньютона-Рафсона для уточнения полученного значения.

На рис. 2 представлена схема разработанного алгоритма гибридного метода поиска решения. Для заданного желаемого положения рабочего органа манипулятора в пространстве $(x, y, z)_{ж}$ в первую очередь, выполняется проверка достижимости (вхождение в рабочую область). Далее требуемые координаты в пространстве поступают на обученные нейронные сети ($НС_1 - НС_k$ соответствующие количеству искомых углов), в результате инициализации работы сетей получаем углы поворота звеньев $(Q_0 - Q_k)_{нс}$. На прямой задаче система управления осуществляет проверку на точность, и в случае ее недостаточности, переходит к численным итерациям в окрестностях полученных координат (углов поворота звеньев). При достижении требуемой точности данные передаются на регулятор координат, который в свою очередь отслеживает исполнение перемещений. Далее управляющий сигнал поступает на электрические шаговые двигатели через сервоконтроллер. В процессе эксплуатации манипулятора выполняется генерация

корректирующего буфера (скорректированные данные из итерационного алгоритма уточнения) для НС и в дальнейшем он используется для корректировки обучающей выборки и дообучение нейронных сетей. Преимущества данного гибридного метода по сравнению с итерационным подходом заключаются в повышении скорости выполнения расчетов алгоритма при контролируемой точности. В сравнении с итерационными методами при использовании нейронных сетей для задач инверсной кинематики, поиск решения выполняется значительно быстрее и не зависит от сложности конструкции (систем уравнений, ее описывающих), однако его точность не очень высока.

3. Анализ влияния параметров нейронной сети на решение ОЗК

Достижение наилучших показателей работы алгоритма в большой степени зависит от качества полученного начального приближения. Для определения оптимальных параметров адаптивной нейро-нечеткой сети были проведены серии экспериментов.

Таблица 1. Оптимальные параметры НС.

Тип функции принадлежности:	обобщенная колоколообразная; гауссовская;
Количество функции принадлежности:	4;
Количество подходов при обучении сети:	15. 30;
Объем обучающей выборки, точек:	1500.. 3,0•10 ⁵ .

Таблица 2. Результаты экспериментов.

Параметры алгоритмов расчета				
Объем обучающей выборки НС, [точек]:	125000			
Максимальное количество шагов:	1000			
Количество точек в траектории:	4000			
Установленная точность расчетов:	0,01 [мм]			
Результаты экспериментов				
Траектория:	№ 1	№ 2	№ 3	
Время на создание, [мс]:	710,054	710,302	740,019	
Время на обучение, [с]:	1303,66	1306,674	1401,344	
Время на расчёт траектории, [мс]:	5052,436	5220,968	5340,031	
Время на расчёт одного значения, [мс]:	1,263	1,305	1,335	
Дистанция до цели после НС, [мм]	мин.:	5,069	4,995	8,621
	ср.:	25,182	22,148	12,566
	макс.:	32,88	38,17	14,891
Дистанция до цели после уточнения, [мм]	мин.:	0,008	0,009	0,009
	ср.:	0,01	0,01	0,01
	макс.:	0,012	0,014	0,011

В качестве критерия оптимальности была выбрана следующая оценка:

$$\min(t_{np} \cdot \Delta x), \quad (2)$$

где t_{np} — время поиска решения, при условии $t_{np} < t_{npmax}$, Δx — точность расчета, при $\Delta x < \Delta x_{max}$. Для заданной механической структуры, исходя из анализа литературы и проведенных экспериментов были приняты следующие ограничения:

$$t_{npmax} = 5[мс], \Delta x_{max} = 1[мм] \quad (3)$$

В качестве исследуемых параметров сети были выбраны следующие:

- ♦ Объем обучающей выборки. Качество обучения НС напрямую зависит от количества и качества примеров в обучающей выборке, а также от того, насколько полно эти примеры описывают данную предметную область. В качестве обучающей выборки используется набор данных, полученных из решения прямой задачи кинематики.
- ♦ Количество функций принадлежности. Для каждого входного узла нейронной сети определен

набор функций принадлежности. Их параметры определяются в процессе обучения сети.

- ♦ Тип функций принадлежности. В основе нейронов сети лежат определенные функции принадлежности, которым соответствуют кривые их описывающие. Рассматривается применение следующих функций принадлежности: обобщенная колоколообразная, гауссовская, двухсторонняя гауссовская, пи-подобная, трапецевидная, треугольная.
- ♦ Количество подходов при обучении. Процедура обучения адаптивной нейро-нечеткой сети включает в себя проход по всем узлам слоя в прямом направлении (от входа к выходу), после чего все узлы сети корректируются с использованием метода наименьших квадратов. После выполнения прямого прохождения выполняется обратный проход и коэффициент рассогласования (разница полученного решения и заданного значения) распространяется обратно через узлы НС и корректирует параметры функций принадлежности методом градиентного спуска. Таким образом комбинация прямого и обратного прохода называется подходом при обучении нейронной сети. Количество подходов определяется зада-

чей (данными обучающей выборки), на которую обучается НС, и подбирается экспериментально. Обучение сети может проходить как при фиксированном количестве подходов, так и при достижении минимально установленной ошибки.

Исходя из критерия оптимальности (2) и требований (3), и из анализа результатов проведенных экспериментов, были определены параметры нейро-нечёткой сети. Данные параметры являются оптимальными для работы в совокупности с итерационным уточнением в системах управления реального времени для манипуляторов с большим числом последовательно соединённых звеньев. Параметры нейронной сети представлены в таблице 1.

4. Результаты эксперимента

Для проведения более детального анализа работоспособности алгоритма поиска решения инверсной кинематики, были осуществлены серии экспериментов по поиску решения для заданной пространственной траектории. В качестве траекторий в пространстве были выбраны три сценария работы манипулятора:

- ◆ Прямоугольная траектория, описываемая рабочим органом манипулятора охватывающая одну полусферу рабочей области.
- ◆ Треугольная траектория, описываемая рабочим органом манипулятора охватывающая одну полусферу рабочей области.
- ◆ Траектория обеспечивающая описание рабочим органом манипулятора окружности на всей рабочей области.

Все траектории находятся строго внутри рабочей области манипулятора и исключают выход за ее границы. Подбор траекторий и их построение были выполнены с учетом охвата большей части рабочей области манипулятора и включающие его возможные сингулярные положения.

Анализируя данные экспериментальных исследований, можно сделать вывод что применение итерационного уточнения позволяет достичь требуемой точности вычислений при расчете координат с временными затратами, не превышающими 1,335[мс]. Время расчета координат не включает временные затраты на создание и обучение нейронных сетей.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют судить о возможности применения разработанных методов решения кинематических задач многозвенных избыточных манипуляторов на базе нейро-нечетких сетей в системах управления реального времени (продолжительность вычисления решения не превышает 5 [мс] для одной точки). Проведен анализ влияния параметров нейро-нечеткой сети на качество получаемого решения и в соответствии с выставленным критерием оптимальности определены параметры, при которых достигаются наилучшие показатели. Разработана и спроектирована унифицированная адаптивная децентрализованная иерархическая система управления промышленным манипулятором на базе шаговых приводов и программируемой логики, обладающая возможностями по масштабированию и параметризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Binggul Z., Ertunc H. M., Oysu C. Comparison of inverse kinematics solutions using neural network for 6R robot manipulator with offset, In Proceedings of the 2005 Congress on Computational Intelligence Method and Application, pp.1–5.
2. Morris AS., Mansor A. Finding the inverse kinematics of manipulator arm using artificial neural network with look-up table. *Robotica*, 15: 1997. pp. 617–625.
3. Driscoll J. A. Comparison of neural network architectures for the modeling of robot inverse kinematics, In Proceedings of the 2000 IEEE, 3: 2000, pp. 44–51.
4. Shital S., Chiddarwar N., Ramesh Babu. Comparison of RBF and MLP neural networks to solve inverse kinematic problem for 6R serial robot by a fusion approach, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23(7): 2010, pp. 1083–1092.
5. Zhang PY, Lu TS, Song LB. RBF networks-based inverse kinematics of 6R manipulator, *Int. Journal of advanced manufacturing technology*, 26: pp. 144–147, 2004.
6. Oyama Eimei, Agah Arvin, Karl F. A modular neural architecture for inverse kinematics model learning, *Neurocomputing*, 38(40): pp. 797–805, 2001.
7. Kosko B. Fuzzy Systems as Universal Approximators // *IEEE Trans. on Computers*. 1994. Vol. 43. № 11. pp. 1329–1333.
8. Ankarali Arif, Cilli Murat. ANFIS Inverse Kinematics and Hybrid Control of a Human Leg Gait Model, *APJES I–II* (2013), pp. 34–49.
9. Layatitdev Das, Jajneswar Nanda, S. S. Mahapatra, A Comparative Study of Prediction of Inverse Kinematics Solution of 2-DOF, 3-DOF and 5-DOF Redundant Manipulators by ANFIS, *International Journal of Computer Science and Network*, Volume 3, Issue 5, October 2014, pp. 304–308.
10. Braun Tracy, Ulrey, Renard & Maciejewski, Anthony & Jay Siegel, Howard. Parallel Approaches for Singular Value Decomposition as Applied to Robotic Manipulator Jacobians. *International Journal of Parallel Programming*. No. 30. pp. 1–35. 2002. DOI: 10.1023/A:1013270420397.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИИ РАССЕЯНИЯ ТОЧКИ РЕГИСТРИРУЮЩЕГО ПРИБОРА НА РЕЗУЛЬТАТЫ СКАНИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПЯТЕН В ЛУНКАХ МИКРОПЛАНШЕТА ПО ТЕХНОЛОГИИ ФОСФАН

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF POINT SPREAD FUNCTION OF THE RECORDING INSTRUMENT ON THE RESULTS OF ANALYTICAL SPOTS SCANNING IN THE MICROPLATE WELLS USING THE FOSPHAN TECHNOLOGY

*Y. Darashkevich
S. Asliyan
A. Sokolov*

Summary. A method is proposed for determining the distorting function (PSF) of a scanning device using the FOSPHAN technology. A quality criterion for modeling PSF is proposed. Studies have been conducted using a control sample with the aim of further adjusting the PSF based on the proposed criterion. The optimal values of the two-dimensional normal distribution, simulating a PSF, are determined. Conducted research on real samples to determine the effect of the PSF recording device on the scan results. The degree of distortion of the initial values for different levels of the intensity of the recorded signal is estimated. An improvement in the signal-to-noise ratio in the reconstructed image is shown.

Keywords: Time-resolved luminescence, multiplex analysis, digital image, deconvolution, signal-to-noise ratio.

Дарашкевич Ярослав Олегович

Аспирант, Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана

Аслиян Сергей Каренович

Аспирант, Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения, г. Москва

Соколов Александр Сергеевич

Начальник лаборатории, Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения, г. Москва
niibp16.3@gmail.com

Аннотация. Предложена методика для определения искажающей функции (ФРТ) сканирующего прибора по технологии ФОСФАН. Предложен критерий качества моделирования ФРТ. Проведены исследования с использованием контрольного образца с целью последующей корректировки ФРТ на основе предложенного критерия. Определены оптимальные значения двумерного нормального распределения, моделирующего ФРТ. Проведены исследования на реальных образцах с целью определения влияния ФРТ регистрирующего прибора на результаты сканирования. Оценена степень искажения исходных значений для различных уровней интенсивности регистрируемого сигнала. Показано улучшение соотношения сигнал/шум в восстановленном изображении.

Ключевые слова: Разрешенная во времени люминесценция, мультиплексный анализ, цифровое изображение, деконволюция, соотношение сигнал шум.

Введение

Технология ФОСФАН является универсальной технологической платформой для решения задач в области клинической лабораторной диагностики [1]. Основываясь на принципах временной и пространственной селекции сигнала, технология позволяет регистрировать низкие уровни люминесценции на поверхности лунок микропланшета с высокой плотностью расположения аналитических пятен. Критерием применимости аналитической системы в массовом скрининге является ее производительность или скорость сканирования (проб/час, тестов/день и т.д.). Увеличение скорости сканирования неизбежно приводит к пространственному искажению сигнала, ошибкам

пространственной селекции и дифференциации сигнала между близкорасположенными аналитическими пятнами, что требует внесения корректирующих изменений в результаты сканирования [2]. Существуют различные методы восстановления исходного сигнала [3]. Разработчики, в области конфокальной микроскопии, вносят корректирующие изменения в сигнал с помощью специальных алгоритмов деконволюции [4]. Подобный подход для восстановления сигнала так же применим для регистрирующих индикаторов, работающих по технологии ФОСФАН. Для этого нами была разработана методика определения и корректировки искажающей функции в сканирующем индикаторе ИФИ-05, а на экспериментальных моделях была опробована эффективность применяемого алгоритма восстановления.

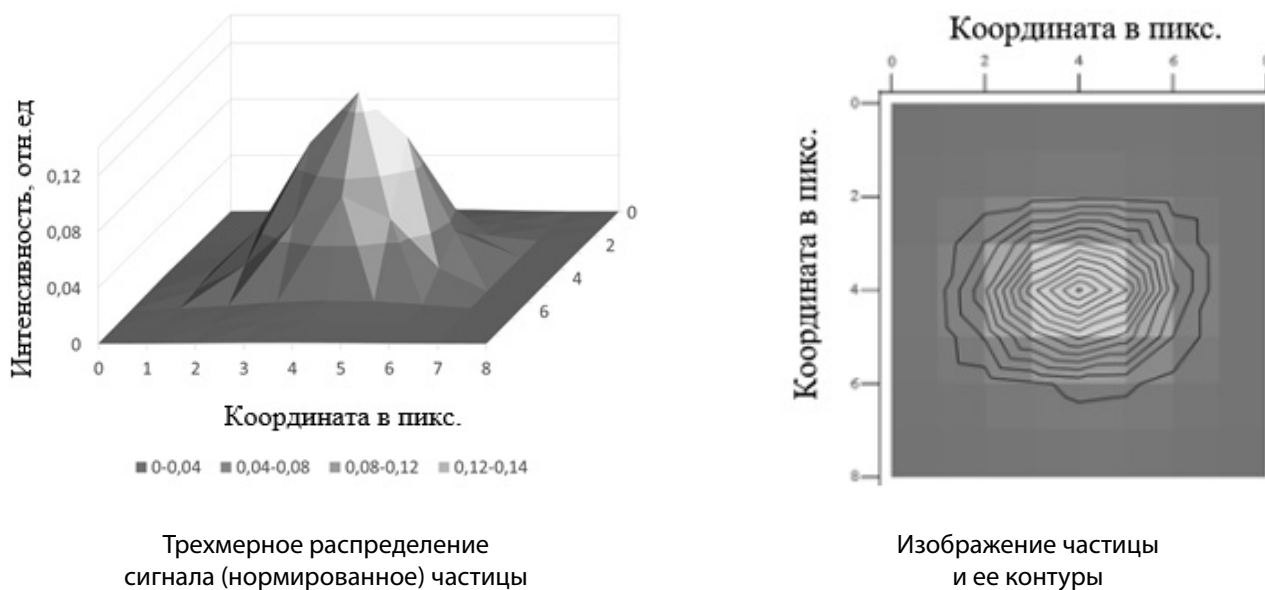


Рис. 1. Нормированное амплитудное распределение люминесцирующей частицы и ее контуры

Существующие решения

Задача восстановления сигнала сводится к поиску искажающей функции исследуемой системы или, применительно для оптических систем, функции рассеяния точки (ФРТ). Однако, единого способа получения модели и оценки ее сходства с реальной ФРТ не существует и требуется разработка под каждую конкретную систему. [5].

Индикатор ИФИ-05 регистрирует разрешенную во времени люминесценцию с высоким пространственным разрешением для подобных систем, что является его уникальной особенностью. Поэтому нам пришлось разрабатывать собственный подход к определению ФРТ этой системы.

Материалы и методы

Блок сканирования в индикаторе ИФИ-05 построен по конфокальной схеме. В качестве источника возбуждения используют лазерный диод с номинальной длиной волны 375 нм. Диаметр светового пятна возбуждающего излучения 140 мкм (по уровню $\approx 0,01$ от максимума) и 100 мкм (по уровню $\approx 0,5$ от максимума). Длина волны регистрации составляет 615 нм с полушириной спектра регистрации 25 нм. Приемник фосфоресцентного излучения: ФЭУ (R4632 Hamamatsu) в режиме счета фотонов с минимальным значением темного счета. Размер пикселя при сканировании: 50 мкм.

Определение ФРТ подразумевает получение отклика системы на точечный «светящийся» объект, размер ко-

торого соответствует пространственному разрешению системы, а уровень сигнала от частицы находится в диапазоне линейности приемника [6].

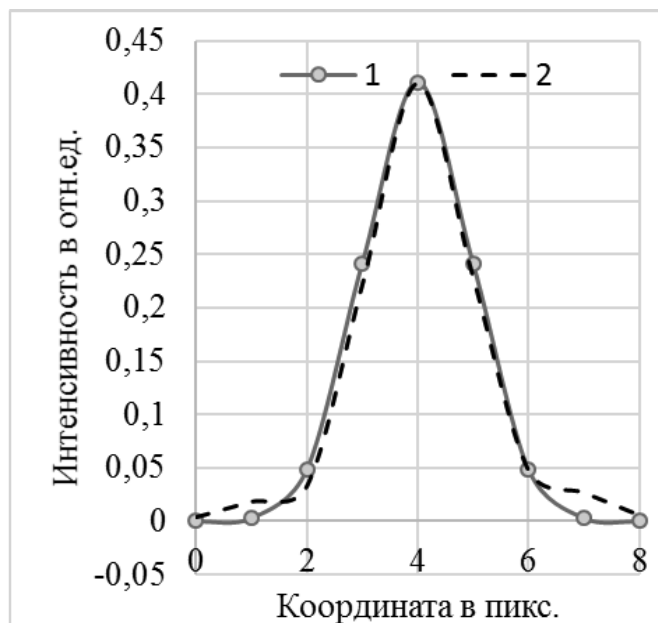
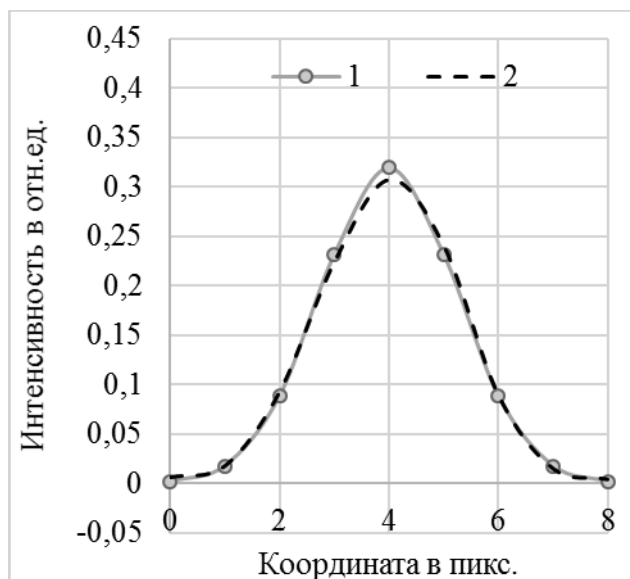
Определение ФРТ

В качестве точечного «светящегося» объекта использовали люминесцентные комплексы на основе Eu, сорбированные на микроразмерные сферические полимерные частицы [7]. Полимерная основа микрочастицы представляет собой слабо люминесцирующий полимер полистирол-дивинилбензол ($\approx 2\%$ ДВБ) (смола Меррифила). Диаметр частиц: 50 ± 10 мкм. Частицы наносили на поверхности лунок планшета для микротитрования. Разнесение частиц по поверхности проводили разведением дистиллированной водой маточной суспензии частиц. Из выборки для построения ФРТ исключали замеры образовавшихся конгломератов частиц, частиц с низким уровнем сигнала и частиц, центр которых на изображении располагался на границе между пикселями.

Результат сканирования частицы представлен на рисунке 1.

ФРТ моделировали с помощью трехмерной функции распределения Гаусса. Радиальным сечениям в горизонтальном и вертикальном направлениях частиц из выборки сопоставляли нормальные распределения с соответствующими стандартными отклонениями (рисунок 2).

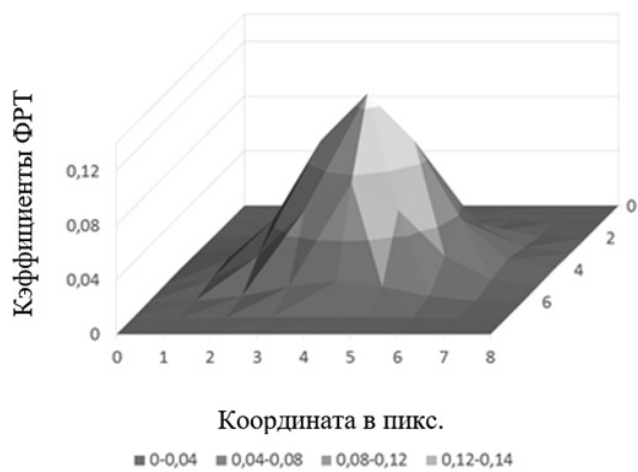
На основании полученных значений σ_1 и σ_2 рассчитывали двумерную функции распределения Гаусса, как матричное произведение функций распределения. Зна-



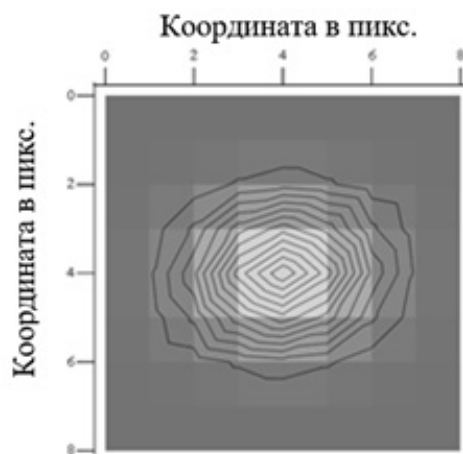
1 — горизонтальное сечение частицы;
2 — график нормального распределения,
стандартное отклонение $\sigma_1 = 1,25$

1 — вертикальное сечение частицы;
2 — график нормального распределения,
стандартное отклонение $\sigma_1 = 0,97$

Рис. 2. Сопоставление аксиального и радиального сечений нормированного сигнала частицы с кривыми нормального распределения



Трехмерное представление ФРТ
оптической системы индикатора ИФИ-05



Изображение ФРТ
и ее контуры

Рис. 3. Распределение коэффициентов ФРТ оптической системы индикатора



Исследуемая область имеет характерный диаметр пятен 0,25 мм, расстояние между пятнами $0,55 \pm 0,02$ мм; ожидаемое распределение сигнала пятна — конус с основанием в виде окружности диаметром 5 пикс.

Рис. 4. Контрольный образец



1 — сигнал до преобразования

2 — сигнал после преобразования



сечение в основании пиков



сечение в основании пиков

(продемонстрирован сигнал от 4-х пятен из 36)

Рис. 5. Результаты сканирования пятен контрольного образца

чения коэффициентов ФРТ, $f(x_1, x_2)$, соответствуют формуле (1), с максимумом в точке $(\mu_1; \mu_2)$.

$$f(x_1, x_2) = -\frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x_1 - \mu_1)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(x_2 - \mu_2)^2}{\sigma_2^2}\right]\right\} \quad (1)$$

Результат моделирования ФРТ представлен на рисунке 3.

Корректировка ФРТ

Для уточнения ФРТ исследовали характер распределения восстановленного сигнала от объекта с известными ожидаемыми параметрами.

В качестве объекта использовали контрольный образец, который входит в состав индикатора ИФИ-05 и имитирует планшет с пятнами для иммуноанализа. На рисунке 4 изображен контрольный образец, представляющий собой фосфоресцирующее стекло, над которым расположена стальная пластина с отверстиями различной формы. Для исследования использовали область контрольного образца, которая имитирует дно лунки с 36 пятнами.

Для преобразования сигнала использовался итерационный метод деконволюции Люси-Ричардсона (2) [3, стр. 337], который с помощью найденной ФРТ, $h(x, y)$, может восстановить значения сигнала $f_k(x, y)$ из полученного в индикаторе изображения $g(x, y)$. Число итераций,

k, выбирали так, чтобы суммарный сигнал в исходном и преобразованном изображениях практически не отличался, k = 3.

$$f_{k+1}(x, y) = f_k(x, y) \left[h(-x, -y) ** \frac{g(x, y)}{h(x, y) ** f_k(x, y)} \right] \quad (2)$$

Результаты сканирования контрольного образца до и после преобразования представлены на рисунке 5.

Исходя из того, что ожидаемой формой сигнала пятна в контрольном образце должен быть конус с окружностью в основании, вычисляли корреляцию между средними значениями пятен для каждого ряда в горизонтальном и вертикальном направлениях. Дополнительно вычисляли значение взвешенного среднего квадратического отклонения, $\sigma_{вз.откл.}$

Такая схема позволяет учитывать характер сигнала пятна по всему ее объему, а не только по центральным сечениям. Новую ФРТ подбирали в окрестности $\sigma_1 \pm 10\%$ и $\sigma_2 \pm 10\%$ исходной ФРТ. Наилучшие значения корреляции и отклонения $\sigma_{вз.кр.кв.}$ достигали при $\sigma_1 = 1,32$ и $\sigma_2 = 0,83$. Результаты вычисления:

- ◆ исходные значения корреляции и взвешенного среднего квадратического отклонения: $corr = 0,998$, $\sigma_{вз.кр.кв.} = 5,617$;
- ◆ значения после коррекции: $corr = 0,999$, $\sigma_{вз.кр.кв.} = 2,822$.

Скорректированную для новых значений σ_1 и σ_2 ФРТ использовали в апробации алгоритма восстановления сигнала на экспериментальных образцах.

Результаты

Для исследования были проведены измерения контрольного положительного образца «Бутолокс А» (препарат очищенного ботулинического анатоксина типа А), входящего в набор реагентов для мультиплексного выявления токсинов «Токсиплекс-ФОСФАН» [8]. К содержимому флакона с лиофильно высушенным препаратом контрольного образца добавляли 0,5 мл дистиллированной воды.

Оценку приборного влияния на результаты регистрации проводили для 10-кратного и 20-кратного разбавления исходного раствора контрольного образца. Сравнивали изменения соотношения сигнал/шум, SNR, в сигнале до преобразования и после. SNR вычисляли по формуле (3) [9], где $\mu_{сигнал}$ — среднее значение полезного сигнала, $\sigma_{фон}$ — стандартное отклонение фона.

$$SNR = \frac{\mu_{сигнал}}{\sigma_{фон}} \quad (3)$$

Полезный сигнал, $\mu_{сигнал}$ определяли как превышение среднего значения суммарного сигнала над средним значением фонового сигнала.

В результате исследования на реальных образцах получили следующие значения соотношения сигнал/шум: для 10-кратного разведения до преобразования — $SNR_{10} = 5,417$; после — $SNR_{10} = 5,557$; для 20-кратного разведения до преобразования — $SNR_{20} = 3,001$; после — $SNR_{20} = 3,332$.

Обсуждение

После преобразования сигнала наблюдали улучшение значения SNR_{10} на $\approx 2,5\%$ и значений SNR_{20} на $\approx 10\%$. В случае 10-кратного разведения согласно критерию Роуза мы практически со 100% достоверностью выделяем полезный сигнал [9]. Улучшение значений SNR_{10} практически никак не влияет на получаемые результаты, поэтому восстановление сигнала, для которого $SNR \geq 5$, в случае хорошо разделяемых пятен не имеет существенного значения. В случае 20-кратного разведения, где значение SNR около 3, восстановление сигнала уменьшает появление ложных результатов $\approx 3,3$ раза, с 27 случаев до 8 случаев на 10000 измерений.

На полученных изображениях контрольного образца (рисунок 5) видно, что происходит эффективное разделение сигнала между соседними пиками. Подобный эффект используется при разделении пиков в хроматографии [10]. Восстановление сигнала может быть полезно в случае наложения сигнала соседних пиков, особенно если они представляют сигнал различных аналитов.

Заключение

Таким образом нами была проведена оценка влияния ФРТ индикатора ИФИ-05 на результаты сканирования аналитических пятен в лунках микропланшета. Показано что искажающее влияние приборной функции увеличивается при уменьшении регистрируемых уровней полезного сигнала: 2,5% для уровней $SNR \approx 5$ и 10% для уровней $SNR \approx 3$. Восстановление сигнала с помощью алгоритмов деконволюции при сканировании в индикаторе ИФИ-05 имеет практической значение.

Благодарности

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам отдела биологического микроанализа ФГУП «ГосНИИБП» Парамонову Д. В. и Пугачёву Д. Е. за помощь в проведении данного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фосфоресцентный микроанализ как новая технологическая платформа для молекулярной диагностики / Н. С. Осин [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. — 2007. — № 12. — С. 3–10
2. The Basic Principle of Airyscanning [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://p.widencdn.net/pynlro>. — Дата доступа: 14.06.2019.
3. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс. — Москва: Техносфера, 2012. — 1104 с. The Basic Principle of Airyscanning 2014
4. Биоспецифичные наночастицы для мультиплексного фосфоресцентного анализа (ФОСФАН) / Д. В. Пармонов [и др.] // Биоорганическая химия. — 2016. — Т. 42, № 6. — С. 722–731
5. Kontoyannis N.S., Lanni F. Measured and computed point spread functions for an indirect water immersion objective used in three-dimensional fluorescence microscopy // Three-Dimensional Microscopy: Image Acquisition and Process III. Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, San Jose, California, — 1996, — V.2655, — P. 34–42.
6. Stallinga S., Accuracy of the Gaussian Point Spread Function model in 2D localization microscopy / Stallinga S., Rieger B. // Optic Express. — 2010. — V. 18, № 24. — P. 24461–24476
7. High precision wavefront control in point spread function engineering for single emitter localization / Siemons M. [et al] // Optic Express. — 2018. — V. 26, № 7. — P. 8397–8416
8. Иммуночипы для одновременного обнаружения пяти ботулотоксинов методом фосфоресцентного анализа (ФОСФАН) / Никитина А. В. [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. — 2016. — № 4. — С. 64–68
9. The Essential Physics of Medical Imaging / J. T. Bushberg [et al.]. — Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. — 280 p.
10. Манойлов, В. В. Возможности алгоритма свертки с производными для оценки параметров масс-спектров, содержащих наложившиеся пики / В. В. Манойлов, И. В. Заруцкий // Обработка и анализ сигналов. — 2009. — Т. 19, № 4. — С. 103–108

© Дарашкевич Ярослав Олегович, Аслиян Сергей Каренович, Соколов Александр Сергеевич (niibp16.3@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ДОРОЖНУЮ КОНСТРУКЦИЮ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECT OF TRUCKS ON THE ROAD DESIGN IN REAL CONDITIONS

I. Isaev

Summary. the results of experimental studies of the impact of heavy road transport on the road structure in real conditions are presented. Developed and tested test method using a specially designed mobile system for registration and analysis of dynamic processes.

The obtained experimental data were used to compare the results of simulation and full-scale experiment.

Keywords: heavy road transport, road construction, dynamic process, digital signal processing, analog — to — digital converter.

Исаев Иван Александрович

Аспирант, Тюменский индустриальный
университет
NaviVeasi@gmail.com

Аннотация. приведены результаты экспериментальных исследований воздействия большегрузного автомобильного транспорта на дорожную конструкцию в реальных условиях. Разработана и апробирована методика испытаний с использованием специально созданной мобильной системы регистрации и анализа динамических процессов.

Полученные экспериментальные данные использовались для сопоставления результатов имитационного моделирования и натурного эксперимента.

Ключевые слова: большегрузный автомобильный транспорт, дорожная конструкция, динамический процесс, цифровая обработка сигналов, аналого-цифровой преобразователь.

Целью экспериментальных исследований воздействия большегрузного автомобильного транспорта на дорожное покрытие в реальных условиях эксплуатации является:

- ◆ измерение осевых нагрузок транспортных средств (ТС) в движении на дорожное покрытие автомобильных дорог общего пользования;
- ◆ оценка динамического воздействия ТС на дорожную конструкцию;
- ◆ сопоставление результатов натурного эксперимента с результатами имитационного моделирования.

Экспериментальные исследования воздействия большегрузного автомобильного транспорта на дорожную конструкцию базируются на разработанной методике и программе испытаний с использованием специально созданной мобильной системы регистрации и анализа динамических процессов.

Методика

проведения экспериментальных исследований

В рамках настоящей работы для осуществления экспериментальных проездов ТС были выбраны:

- ◆ трехосный грузовой автомобиль КАМАЗ — 53215;
- ◆ двухосный седельный тягач КАМАЗ — 5460-73 с трехосным полуприцепом.

Длина участков наблюдения принималась равной 450 м. Микропрофиль участков предварительно оцифровывался методом пошагового нивелирования с периодом измерения высот (ординат) через 0,1 м.

Скорость ТС являлась постоянной. Проезды ТС осуществлялись на скорости: 20, 40, 60, 80, и 100 км/ч.

Загрузка ТС осуществлялась по трем вариантам:

- ◆ снаряженная масса без груза;
- ◆ снаряженная масса с максимально допустимым грузом;
- ◆ снаряженная масса с перегрузом 10% и 30%.

Для измерения и регистрации динамического воздействия грузового ТС на дорожное покрытие на вторую ось ТС были установлены магниторезистивные датчики перемещения DP — 01 (GNOM DP) [9].

Датчик перемещения предназначен для определения нагрузки на ось и массы груза на автомашинах с рессорной подвеской.

Таблица 1. Технические характеристики датчика перемещения GNOM DP — 01

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Диапазон изменения напряжения выходного сигнала	В	1,54...3,46
Относительная погрешность выходного сигнала	%	± 2,5
Диапазон измерения угла поворота рычага	град	- 40...+40
Диапазон напряжения питания	В	8-32
Степень защиты корпуса		IP55
Температурный диапазон	°С	- 40 ... +80

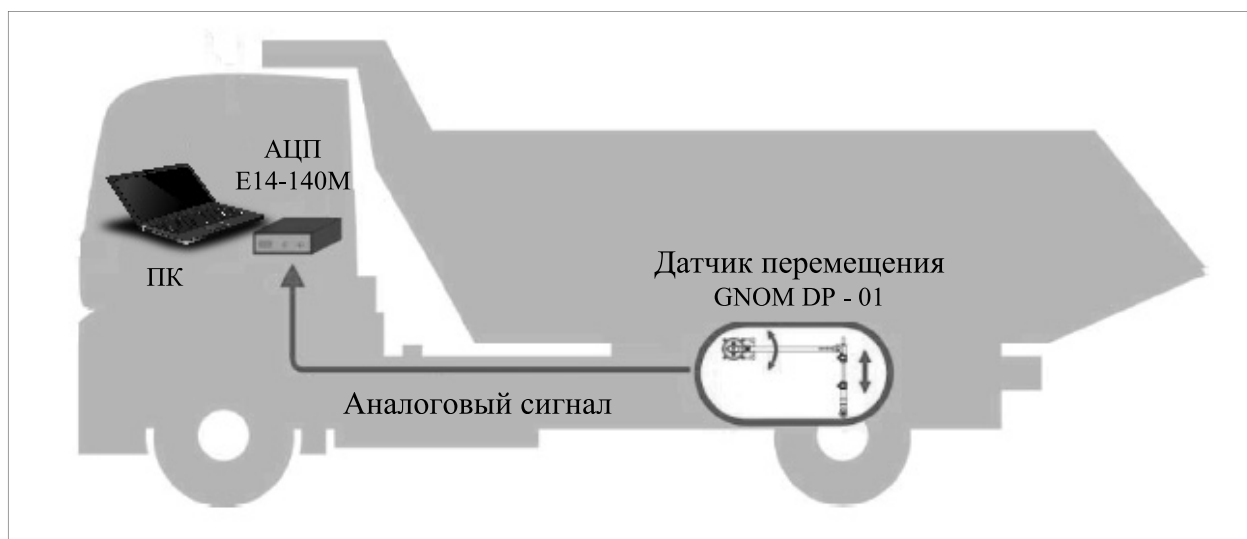


Рис. 1. Схема мобильной системы сбора и регистрации динамических осевых нагрузок ТС

Датчик устанавливается на раму ТС и с помощью системы рычагов соединяется с подрессоренной осью. Датчик измеряет меняющееся во время движения расстояние от рамы до оси и формирует выходной сигнал аналогового напряжения для передачи в мобильную систему сбора и регистрации динамических процессов.

К достоинствам датчика относятся:

- ◆ магниторезистивный принцип действия;
- ◆ высокая степень защиты датчика от внешних воздействий;
- ◆ соответствие европейским и российским автомобильным стандартам по электромагнитной совместимости и устойчивости;

- ◆ встроенный стабилизатор питания — выходной сигнал не зависит от напряжения бортовой сети; защита от короткого замыкания;
- ◆ высокая износостойкость за счет отсутствия трущихся элементов.

Технические характеристики датчика приведены в таблице 1.

Для установления соответствия напряжения выходного сигнала датчика нагрузке на ось ТС проводилась процедура тарировки. Тарировка осуществлялась с использованием сертифицированных стационарных автомобильных весов и мерных грузов.

Таблица 2. Технические характеристики модуля E14–140M (L–\$5ARD)

Наименование показателя	Значение
Количество каналов	16 дифференциальных 32 с «общей землей»
Разрядность АЦП	14 бит
Пределы допускаемой погрешности измерений напряжения постоянного тока	±0,05%
Коэффициент подавления синфазных помех	Не менее 70 дБ
Максимальная частота преобразования	200 кГц
Пределы допускаемой погрешности частоты преобразований АЦП	±0,005%
Микроконтроллер	AT91SAM7S256
Тактовая частота	48 МГц
Внутреннее ОЗУ данных	64 Кбайт
Количество выходов	16 параллельных, асинхронных
Диапазон напряжений на цифровых выходах	0...+0,4 В («логический ноль») Не менее 2,4 В («логическая единица»)
Потребляемый ток	До 240 мА
Габариты и масса	140 x 96 x 30 мм; 0,2 кг

Рабочие точки для составления тарифовочной зависимости выбирались в диапазоне от минимальной нагрузки на ось (отсутствие груза) до максимально допустимой производителем (максимально допустимая масса груза) и до перегруза в 30%. Полученная зависимость носит нелинейный характер.

Во время движения ТС с установленными датчиками осуществляется непрерывное измерение осевых нагрузок, которые в виде аналогового сигнала передаются в мобильную систему сбора и регистрации динамических процессов. Данная система преобразует аналоговые сигналы в цифровую форму и записывает их в виде файлов данных на носитель персонального компьютера (ПК) (см. рисунок 1).

В итоге, результатами измерений являются осевые динамические нагрузки колес ТС на дорожное покрытие в виде дискретных временных рядов.

Таким образом, методика проведения экспериментальных исследований включает следующие этапы:

- ◆ организационное планирование эксперимента;
- ◆ определение основных параметров эксперимента: загруженность ТС, скорость проезда, неровность микропрофиля дороги;
- ◆ выбор исследуемого участка автомобильной дороги. Оцифровка микропрофиля участка методом пошагового нивелирования;
- ◆ оценка технического состояния ТС (состояние элементов рессорной подвески, давление шин, напряжение бортовой сети, качество «массы» электропитания);
- ◆ измерение полной массы ТС и статических осевых нагрузок; тарировка датчиков;

- ◆ проверка мобильной системы с подключенными датчиками;
- ◆ установка по каналам параметров измерения и регистрации сигналов;
- ◆ проезд ТС по заданному участку и регистрация процессов;
- ◆ документирование параметров, данных и служебной информации натурального эксперимента;
- ◆ обработка и анализ результатов эксперимента.

В соответствии с данной методикой были разработаны программы натуральных испытаний для выбранных ТС. Общий объем натуральных испытаний для двух типов ТС составил 40 проездов по автомобильному участку с ровным асфальтовым покрытием протяженностью 450 м. Въезд до участка измерения и регистрации динамических процессов для необходимого набора и стабилизации скорости составлял от 200 м до 1500 м.

Мобильная система регистрации и анализа динамических процессов

Многоканальная мобильная система регистрации и анализа динамических процессов включает в себя:

- ◆ магниторезистивные датчики перемещения DP — 01 (GNOM DP) [9];
- ◆ блок коммутации;
- ◆ фильтр низких частот (ФНЧ);
- ◆ внешний модуль АЦП E14–140M [8];
- ◆ кабель — фильтр LTR — CMF1A [8];
- ◆ энергонезависимый персональный компьютер типа «ноутбук» (ПК);
- ◆ системное программное обеспечение;

- ◆ специализированное прикладное программное обеспечение;
- ◆ периферийные устройства ввода/вывода информации.

Для построения относительно недорогой многоканальной мобильной системы сбора и регистрации динамических процессов использовался персональный компьютер типа «ноутбук» (с аккумуляторной батареей повышенной емкости) и внешний модуль АЦП E14–140M (L–\$5ARD) [8].

E14–140 — M является малогабаритным многофункциональным модулем, подключаемым к компьютеру через USB — интерфейс. Используемый интерфейс USB2.0/3.0 не требует дополнительного источника питания. Программно осуществляется выбор диапазонов измерения, частоты дискретизации и конфигурация входов АЦП. Синхронизация АЦП возможна по внешнему синхросигналу или по уровню входного сигнала.

Установленный на модуле 32 — разрядный ARM процессор, работающий на тактовой частоте 48 МГц, доступен для программирования. Технические характеристики модуля E14–140M (L–\$5ARD) представлены в таблице 2.

Данный модуль внесен в Госреестр средств измерений РФ.

Сигнальные провода датчиков измерения осевых нагрузок ТС подключаются к входному разъему аналоговых сигналов данного модуля при помощи кабеля — фильтра LTR — CMF1A и платы клеммников.

Фильтр LTR — CMF1A применяется для подавления синфазных импульсных помех и повышения помехозащищенности и электросовместимости используемых устройств.

В комплект входит программа PowerGraph [8], предназначенная для:

- ◆ сбора данных с различных измерительных устройств и приборов;
- ◆ регистрации, визуализации и обработки сигналов в режиме реального времени;
- ◆ редактирования, математической обработки и анализа данных;
- ◆ хранения, импорта и экспорта данных различного формата.

В рамках данной работы была разработана динамически подключаемая библиотека (DLL) в виде внешних плагинов для цифрового анализа сигналов во временной и частотной областях, в которую входят подпрограммы:

- ◆ калибровки датчиков в полевых условиях;
- ◆ цифровой фильтрации (полосовой фильтр, ФНЧ);
- ◆ амплитудно–статистического анализа;
- ◆ весового (оконного) взвешивания;
- ◆ спектрального анализа (с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ));
- ◆ идентификации источников колебаний и собственных частот.

Результаты экспериментальных исследований

В соответствии с программой натурных испытаний для трехосного автомобиля КАМАЗ — 53215 были получены новые экспериментальные данные в виде дискретных временных рядов полных вертикальных нагрузок на вторую ось ТС. Также по отдельным каналам регистрировалась скорость движения автомобиля и отметка времени. Частота дискретизации задавалась $F_0 = 500$ Гц.

Дискретные временные ряды анализировались во временной и частотной областях, а результаты анализа использовались для оценки точности разработанной математической модели взаимодействия грузового ТС или седельного тягача с полуприцепом с дорожным полотном.

На рисунке 2 показана зависимость максимальной относительной осевой нагрузки $N_{ki}^{\delta \max}$ второй оси автомобиля КАМАЗ — 53215 от скорости движения по результатам имитационного моделирования и натурных испытаний при различной полной массе ТС.

$$N_{ki}^{\delta \max} = \frac{N_{ki}^{\max}}{G_{ki}}, \quad (1)$$

где i — номер оси грузового автомобиля;
 G_{ki} — статическая колесная нагрузка i -ой оси на дорогу;
 $N_{ki}^{\delta \max}$ — максимальная колесная нагрузка i -ой оси на дорогу.

Для анализа вертикальной нагрузки используется ее отношение к статической нагрузке. Относительный динамический показатель показывает во сколько раз динамическая нагрузка от движущегося ТС больше или меньше статической нагрузки от неподвижного ТС.

Точность расчета максимальной относительной осевой нагрузки при имитационном моделировании по сравнению с полученными экспериментальными данными составляет:

$$\delta(N_{k2}^{\delta \max}) = \delta\left(\frac{N_{k2}^{\max}}{G_{k2}}\right) \leq 5,0\%,$$

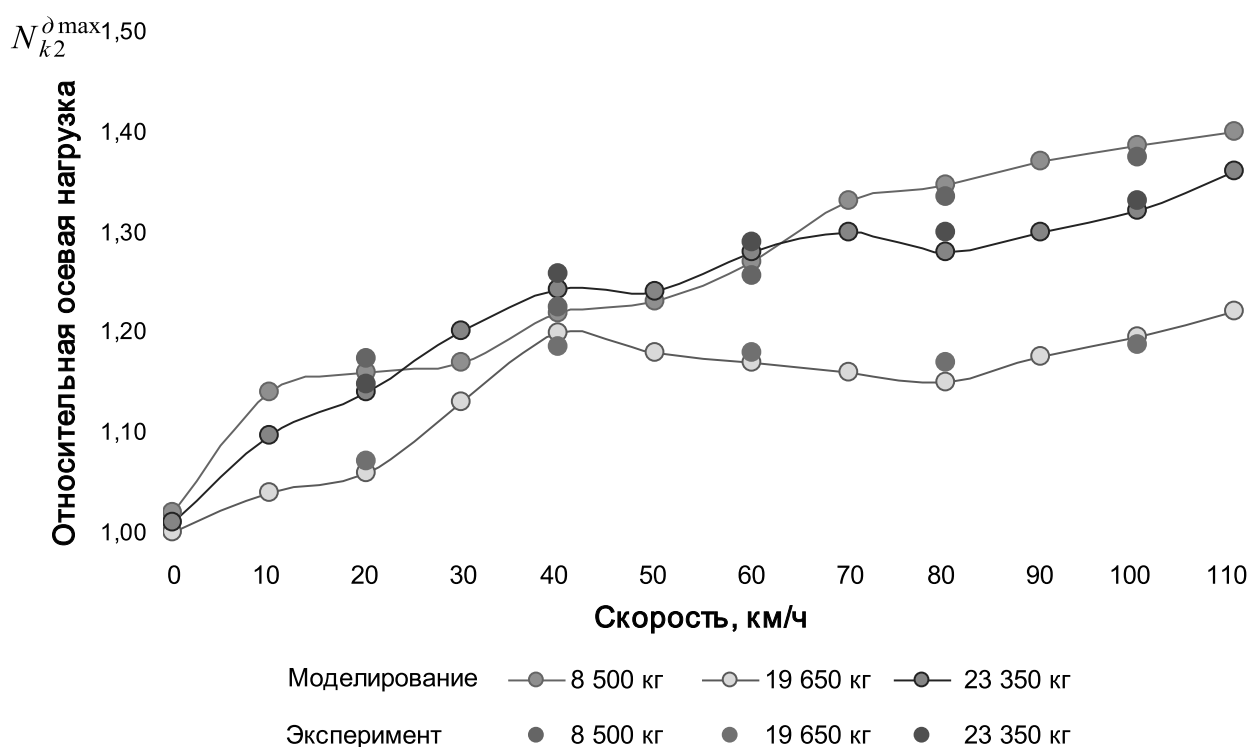


Рис. 2. Зависимость максимальной относительной осевой нагрузки второй оси автомобиля КАМАЗ — 53215 от скорости движения

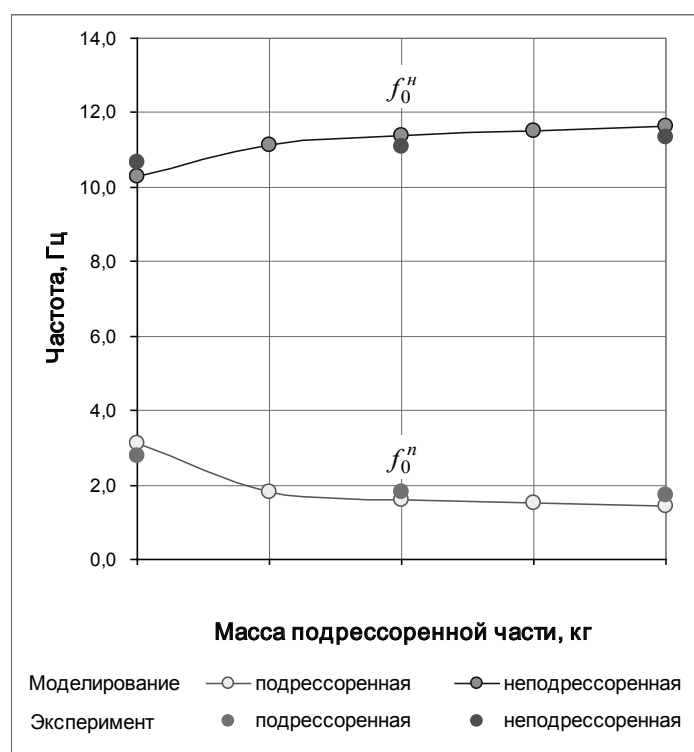


Рис. 3. Влияние массы поддресоренной части на собственные частоты колебаний поддресоренной и недресоренной масс

что свидетельствует о возможности использования для анализа динамического воздействия грузовых ТС на дорожное покрытие как разработанной расчетной и математической модели, так и методики экспериментальных исследований.

Для установившихся колебаний на ровной дороге с асфальтовым покрытием исследовалось влияние загрузки ТС на собственные частоты поддрессоренной и неподдрессоренных масс. При различной степени загрузки автомобиля масса поддрессоренных частей, в частности, приходящаяся на наиболее нагруженную вторую ось, может изменяться в широких пределах.

Для автомобиля КАМАЗ — 53215 проводилась обработка экспериментальных данных в частотной области в диапазоне полной массы m_n : 8500 кг (без груза) — 19650 кг (с допустимым грузом 11150 кг).

На рисунке 3 представлены зависимости влияния массы поддрессоренной части (или статической нагрузки на ось G_{k2}) на собственные частоты колебаний поддрессоренной и неподдрессоренной масс.

В отличие от поддрессоренной, собственная частота неподдрессоренной массы f_0^H при увеличении величины поддрессоренной массы возрастает.

Точность расчета составляет:

$$\delta(f_0^n) \leq 6,5\%; \delta(f_0^H) \leq 5,0\%$$

Полученные результаты подтвердили приведенные выше выводы по адекватности разработанной модели.

Заключение

Проведенный комплекс работ по экспериментальным исследованиям динамического воздействия грузо-

вых ТС на дорожное покрытие позволяет сделать следующие выводы:

1. Разработана и апробирована методика экспериментальных исследований на эксплуатируемых автомобильных дорогах по оценке динамического воздействия ТС на дорожную конструкцию;
2. В отличие от большинства исследований динамического воздействия грузового ТС на дорожное покрытие по среднеквадратичным отклонениям вертикальных виброускорений с использованием виброакселерометров для измерений использовались магниторезистивные датчики перемещений, позволяющие непосредственно регистрировать осевые нагрузки.
3. Разработана схема, подобрано оборудование и собрана мобильная система регистрации и анализа динамических процессов;
4. Разработано прикладное программное обеспечение — динамически подключаемая библиотека для цифрового анализа сигналов во временной и частотной областях;
5. Выполнен большой объем натурных испытаний и получены новые экспериментальные данные о динамических осевых нагрузках грузовых ТС на дорожное покрытие автомобильных дорог общего пользования. Выполнен подробный анализ во временной и частотной областях результатов эксперимента.
6. Полученные экспериментальные данные использовались для сопоставления результатов имитационного моделирования и натурального эксперимента.
7. Использование современной цифровой системы регистрации и анализа динамических процессов позволяет повысить точность измерений и расширяет функциональные возможности обработки исследуемых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. — 992 с.
2. Бендат, Д. Изменение и анализ случайных процессов / Д. Бендат, А. Пирсол. — М.: Мир, 1974. — 464 с.
3. Гельман, М. М. Аналого — цифровые преобразователи для информационно — измерительных систем / М. М. Гельман. — М.: Издательство стандартов, 2009. — 317с.
4. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. — М.: ООО «Бином — Пресс», 2015. — 656 с.
5. Марпл — мл., С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл — мл.; Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.
6. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер; Пер. с англ. С. А. Кулешов; Пер. с англ. С. Ф. Боев. — М.: Техносфера, 2012. — 1048 с.
7. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. СПб.: БХВ — Петербург, 2001. 464 с.
8. Внешние модули АЦП / ЦАП — E14: [Электронный ресурс] // L — CARD. М., 2018. URL: <http://www.lcard.ru/node/121/>. (Дата обращения 02.02.2019).
9. Датчик нагрузки на оси GNOM DP: [Электронный ресурс] // СП Технотон. Минск, 2018. URL: <https://www.jv — technoton.com/ru/produkty/gnom — dp/>. (Дата обращения 02.02.2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕССЕНДЖЕРА WHATSAPP

A STUDY OF MOBILE APPLICATION USER DATA SECURITY ON THE EXAMPLE OF WHATSAPP MESSENGER

**A. Karondeev
D. Kluev**

Summary. The paper discusses information security of mobile applications user data. The proposed method for conducting security audit of mobile applications. The method is focused on identifying ways to access user data. The results of the audit of WhatsApp messenger are given in order to demonstrate the capabilities of this method.

Keywords: security audit, mobile applications, static analysis, dynamic analysis, Android, iOS, reverse engineering.

Карондеев Андрей Михайлович

Аспирант, Московский Государственный Технический
Университет им. Н. Э. Баумана; Специалист отдела
исследований, ООО «Оксиджен Софтвер» (Москва)
karondeev@oxygensoftware.com

Клюев Даниэль Витальевич

Специалист по исследованию облачных сервисов,
ООО «Оксиджен Софтвер» (Москва); Морской
Государственный Университет им. адмирала
Г. И. Невельского
kluev@oxygensoftware.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы информационной безопасности пользовательских данных мобильных приложений. Предложена методика проведения аудита безопасности мобильных приложений. Методика ориентирована на выявление способов получения доступа к пользовательским данным. Для демонстрации возможностей методики приведены результаты аудита мессенджера WhatsApp.

Ключевые слова: аудит безопасности, мобильные приложения, статический анализ, динамический анализ, Android, iOS, обратная разработка.

Введение

Мобильные телефоны уже давно стали нечто большим, чем простое средство для связи. Они плотно интегрированы в нашу жизнь и содержат просто колоссальное количество информации о пользователе начиная от списка контактов и истории общения, до сведений о передвижении и платежных данных. И вся эта информация содержится в данных мобильных приложений. Многие пользователи даже не задумываются о реальной защищенности своих данных и слепо верят в порой необоснованные заявления разработчиков. Тем не менее, когда дело касается приложений для мобильного банкинга или мессенджеров, используемых в корпоративной среде, ситуация принимает совершенно другой характер и для оценки защищенности часто привлекаются специалисты по аудиту безопасности мобильных приложений.

Мобильные технологии интенсивно развиваются, постоянно появляются новые методы обработки, хранения и передачи информации. В связи с этим возникает необходимость разработки новых методик проведения аудита безопасности мобильных приложений, учитывающих современные тенденции, например интеграцию в мобильные устройства облачных технологий. Стоит отме-

тить, что данные, полученные из мобильных устройств, часто используются как доказательства при проведении расследований в корпоративной, гражданской или общеуголовной сферах. Расследование практически каждого уголовного дела в настоящее время включает в себя поиск, изъятие и исследование электронных следов, причем наиболее информативными являются сведения, извлекаемые из мобильных телефонов и смартфонах, принадлежащих потерпевшему и преступнику [1]. Для извлечения данных из мобильных устройств используются специализированные комплексы такие как UFED, Мобильный Криминалист, XRY [2]. При разработке таких решений возникает необходимость в проведении аудита безопасности мобильных приложений, ориентированного на выявление способов получения доступа к пользовательским данным и предполагающего наличие у потенциального нарушителя доступа к устройству. Все это говорит о том, что разработка такой методики является актуальной задачей.

Многие описанные ранее методики, например, используемые в работах [3][4], ориентированы для исследования программ на предмет соответствия требованиям информационной безопасности. Подобные методики предназначены для выявления типовых уязвимостей, таких как [5], [6]. Предложенная в данной статье методика

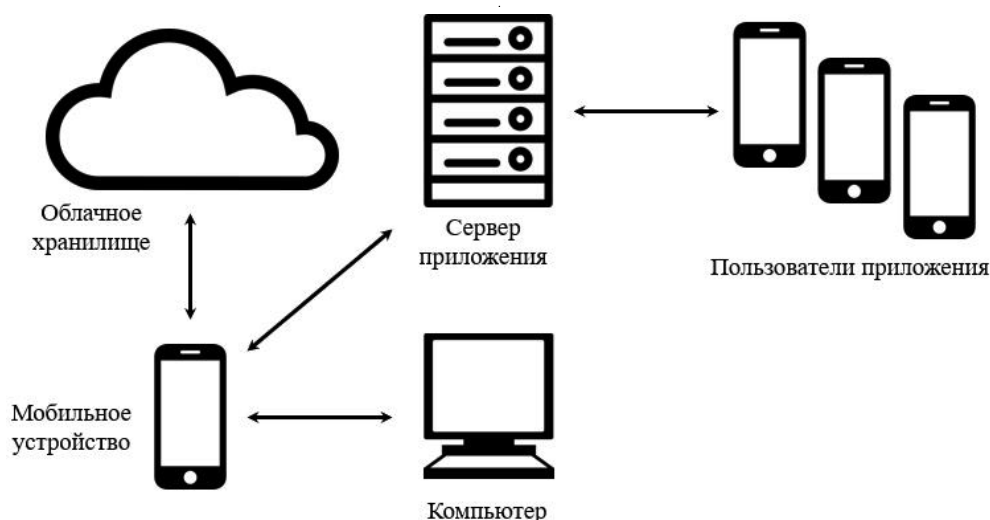


Рис. 1. Общая схема внешнего окружения мобильного приложения

в свою очередь является более узкоспециализированной и предназначена для выявления способов получения доступа к пользовательским данным.

Статья организована следующим образом. В разделе 1 приведена разработанная авторами методика проведения аудита безопасности мобильных приложений, а также описаны особенности её использования для Android и iOS, занимающих доминирующее положение на рынке мобильных операционных систем (ОС)¹. В разделе 2 с целью продемонстрировать возможности методики приведены результаты аудита мессенджера WhatsApp, как одного из наиболее популярных в России и мире.

1. Методика проведения аудита безопасности мобильных приложений

Методика

предполагает отсутствие исходных кодов анализируемого приложения и рассчитана на использование специалистом, владеющим навыками обратной разработки мобильных приложений и соответствующим опытом использования инструментов статического и динамического анализа. Предлагаемая методика проведения аудита безопасности мобильного приложения состоит из следующих этапов:

1. Настройка среды для анализа
2. Изучение внутреннего окружения приложения
3. Изучение внешнего окружения приложения

¹ Согласно данным компании Gartner, начиная с 2017 года суммарная доля рынка ОС Android и iOS превышает 99,9% <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-02-22-gartner-says-worldwide-sales-of-smartphones-recorded-first-ever-decline-during-the-fourth-quarter-of-2017>

4. Анализ данных приложения
5. Анализ механизмов доступа приложения к пользовательским данным
6. Составление матрицы доступа к пользовательским данным

Первый этап состоит из подготовки тестовых устройств, установки на них изучаемого приложения и генерации тестовых данных, а также настройки инструментов статического и динамического анализа. Если в приложении реализована возможность взаимодействия между пользователями, то необходимо подготовить не менее двух тестовых устройств и не менее трех для приложений с возможностью группового взаимодействия. На тестовых устройствах необходимо обеспечить возможность полного доступа к памяти, а также интерфейс для взаимодействия со средствами динамического анализа. На Android/iOS устройствах для этого необходимо получить привилегии суперпользователя (root). На Android устройствах для этого можно разблокировать загрузчик и записать в устройство модифицированную операционную систему. На iOS устройствах для получения root привилегий необходимо пройти процедуру jailbreak.

В качестве инструмента для статического анализа Android/iOS приложений рекомендуется использовать IDA Pro или Ghidra. Оба инструмента позволяют производить дизассемблирование/декомпиляцию Android/iOS приложений, однако второй относится к свободному программному обеспечению². В качестве средства для динамического анализа Android/iOS приложений рекомендуется использовать фреймворк

² <https://github.com/NationalSecurityAgency/ghidra>

Frida¹. Данный фреймворк является кроссплатформенным инструментом для динамической бинарной инструментации (dynamic binary instrumentation — DBI).

В Android и iOS для приложений реализована так называемая концепция песочницы. Для каждого приложения ОС выделяет специальную изолированную среду для выполнения и хранения данных. На втором этапе изучается структура данной песочницы и составляется перечень хранимых в ней файлов.

На третьем этапе составляется схема внешнего окружения приложения. Общая схема внешнего окружения приложения изображена на рис. 1.

Схема, составленная в ходе исследования конкретного приложения, может отличаться от общей. В частности, могут отсутствовать некоторые из участников взаимодействия. Далее каждый узел схемы анализируется с целью выявления возможности хранения на нем пользовательских данных. Рассмотрим узлы общей схемы с точки зрения возможности хранения пользовательских данных. Помимо песочницы мобильные приложения могут хранить пользовательские данные в общей памяти устройства или на внешней SD-карте. Во многих мобильных приложениях реализован механизм резервного копирования/восстановления. В частности, для сохранения пользовательских данных на компьютер в ОС Android/iOS реализованы механизмы создания ADB/iTunes бэкапов соответственно. Также в ОС Android/iOS реализованы механизмы хранения/синхронизации данных с облачными хранилищами Google Drive/iCloud соответственно. Приложение может обмениваться данными с сервером, исходя из этого у сервера есть возможность сохранять эти данные. Если же в приложении реализована возможность взаимодействовать с другими пользователями, то передаваемые данные могут храниться на сервере, или локально на устройствах каждого из участников взаимодействия. Далее для каждого узла схемы, к которым есть непосредственный доступ, составляется перечень переданных ему приложением файлов.

На четвертом этапе производится непосредственный анализ структуры файлов из перечней, составленных на втором и третьем этапах. Если у анализируемого файла есть признаки того, что он не содержит пользовательские данные, то он исключается из перечня для рассмотрения. Для хранения данных мобильные приложения Android/iOS наиболее часто используют форматы SQLite, XML, JSON, PLIST, а также различные фото/аудио/медиа форматы. По ходу анализа составляется перечень

файлов, которые имеют неизвестный формат или хранят данные в зашифрованном виде. Файлы содержащие пользовательские данные заносятся в специальную таблицу, в которой указываются место хранения и краткое описание того какие именно пользовательские данные там храниться.

На пятом этапе посредством обратной разработки для файлов из перечня, составленного на четвертом этапе, производится восстановление формата или алгоритма шифрования. Для зашифрованных данных исследуется возможность их расшифровывания. Далее также посредством обратной разработки производится восстановление протоколов взаимодействия с узлами, к которым нет прямого доступа, но у которых есть возможность хранить пользовательские данные. Выявленные места хранения пользовательских данных заносятся в таблицу. Для пользовательских данных хранящихся в зашифрованном виде в специальное поле таблицы заносится описание способа расшифровывания. Для пользовательских данных хранящихся на внешних узлах в специальное поле таблицы заносится описание способа получения к ним доступа выявленного при восстановлении протокола взаимодействия.

На шестом этапе для каждого источника пользовательских данных составляется перечень возможностей, которыми должен обладать потенциальный нарушитель для получения доступа к ним. На основе данных перечней возможностей составляется общий список возможностей, которыми должен обладать нарушитель для доступа ко всем выявленным в ходе анализа источникам пользовательских данных. Далее формируется матрица доступа к пользовательским данным, столбцы которой соответствуют тем или иным возможностям потенциального нарушителя, а строки источникам пользовательских данных. На пересечении строк и столбцов указывается необходимость соответствующей столбцу возможности для получения доступа к соответствующему строке источнику пользовательских данных. Для источников данных расположенных на внешних узлах в матрицу помещается ссылка на способ получения к ним доступа выявленный на пятом шаге. Для источников, хранящих пользовательские данные в зашифрованном виде, в матрицу помещается ссылка на способ расшифровывания или специальная пометка о том, что расшифровывание вычислительно невозможно.

При проведении аудита безопасности рассматривается конечное число моделей потенциального нарушителя, для каждой из которых задан определенный набор возможностей. Возможности каждой модели сопоставляются с матрицей доступа. Далее на основе результатов сопоставления для каждой модели потенциального нарушителя формируется перечень пользовательских

¹ <https://github.com/frida/frida>



Рис. 2. Схема работы механизма WhatsApp QR

данных, к которым он может получить доступ. Для пользовательских данных хранящихся на внешних узлах указывается ссылка на способ получения к ним доступа. Для пользовательских данных хранящихся непосредственно в мобильном устройстве составляется типовой набор способов, который впоследствии используется и для других приложений.

7. Результаты аудита безопасности мессенджера WhatsApp

Для демонстрации возможностей предложенной методики рассмотрим выявленные с её помощью способы доступа к пользовательским данным мессенджера WhatsApp. Схема внешнего окружения приложения WhatsApp аналогична изображенной на рис. 1. В ходе проведения аудита были выявлены следующие источники пользовательских данных:

1. Песочница приложения WhatsApp
2. Общая память устройства
3. Компьютер
4. Облачное хранилище
5. Сервер WhatsApp

В песочнице WhatsApp как Android, так и iOS устройства хранят базу данных (БД) с историей общения. Данная БД имеет формат SQLite и храниться в незашифрованном виде. На Android устройствах в общую память, доступной по протоколу MTP, сохраняются файлы, которыми между собой обмениваются пользователи в ходе общения — фото, видео, аудио, текстовые документы и т.д. Также в общую память уже в зашифрованном виде сохраняются резервные копии БД с историей общения. Данные БД зашифрованы алгоритмом AES с использованием ключа, который храниться в песочнице WhatsApp

в бинарном key файле. Локальная резервная копия автоматически создается раз в сутки и на устройстве хранятся последние 7 резервных копий.

Резервная копия iTunes снятая с iOS устройства содержит копию БД с историей общения в незашифрованном виде, а также все файлы, которыми обменивались пользователи. На Android устройствах в данный момент WhatsApp использует довольно жесткую политику и в резервную копию ADB не попадают пользовательские данные. Тем не менее на старых версиях WhatsApp использовалась более гибкая политика и в резервную копию ADB попадал key файл. Через протокол ADB можно, не изменяя данных из песочницы, временно понизить версию WhatsApp, затем снять резервную копию ADB в которую попадет key файл, а затем также через протокол ADB вернуть свежую версию. Данный способ позволяет, используя штатные механизмы ОС, извлечь из песочницы key файл и с его помощью расшифровать последние семь локальных резервные копии.

При наличии доступа в интернет приложение WhatsApp автоматически производит резервное копирование БД с историей общения в облачное хранилище. На Android устройствах БД шифруется AES с использованием ключа из key файла и сохраняется в Google Drive. На iOS устройствах БД шифруется AES с использованием ключа из keychain и сохраняется в iCloud. В облачном хранилище содержится только последняя резервная копия. Для доступа к облачному хранилищу нужен специальный токен доступа от Google Drive или iCloud. Для случая, когда нет возможности извлечь токен от облачного хранилища из устройства, разработан способ, позволяющий на основе пары логин/пароль от учетной

записи Google или iCloud сгенерировать новый токен к соответствующему сервису.

Если нет возможности достать ключ от БД, то можно запросить его у сервера WhatsApp, однако для этого нужен токен от учетной записи WhatsApp. Еще на сервере WhatsApp хранятся пока не полученные пользователем сообщения, для доступа к ним также нужен WhatsApp токен. Если же возможности достать WhatsApp токен нет, то можно сгенерировать новый. Для генерации нового WhatsApp токена достаточно иметь возможность перехватить код из SMS или принять звонок. WhatsApp предоставляет пользователям возможность использовать двухфакторную аутентификацию. Если она включена, то для генерации нового WhatsApp токена помимо возможности перехватить код из SMS необходимо знать заданный пользователем PIN код. В ходе исследования для такой ситуации был разработан способ, позволяющий выключить двухфакторную аутентификацию, однако способ сработает только если устройство более 7 дней не выходило в сеть.

При исследовании механизма WhatsApp QR был выявлен еще один способ получения доступа к пользовательским данным. WhatsApp QR — механизм, позволяющий получить доступ к данным мессенджера, хранящимся на телефоне, через сервер WhatsApp. Обычно механизм WhatsApp QR применяется пользователями для того, чтобы открыть свою учетную запись на другом устройстве или компьютере. На рис. 2 изображена схема работы механизма WhatsApp QR, восстановленная посредством обратной разработки.

WhatsApp QR клиент подключается к серверу WhatsApp и авторизуется с помощью специального QR токена. Затем сервер WhatsApp отправляет специальное сообщение на мобильное устройство и между WhatsApp QR клиентом и мобильным устройством происходит обмен ключами шифрования. Далее с использованием этих ключей устанавливается защищенное соединение. Данное соединение проходит через сервер WhatsApp, но при этом сервер WhatsApp не имеет копий ключей

и соответственно не может расшифровать проходящие через него данные. Через данный зашифрованный туннель WhatsApp QR клиент выкачивает с устройства БД с историей общения. Медиа-файлы хранятся на сервере WhatsApp в зашифрованном виде, ключи для их расшифровки WhatsApp QR клиент получает от устройства через туннель.

В ходе исследования был восстановлен протокол WhatsApp QR и разработан способ, позволяющий сгенерировать специальный QR-код. Если данный QR-код будет просканирован устройством, то токен соответствующий QR-коду будет зарегистрирован на сервере WhatsApp. После этого становится возможным установление туннеля с устройством и выкачивание через него БД с историей общения. Соответственно, также реализован способ выкачивания БД из устройства с использованием WhatsApp QR токена извлеченного с компьютера.

Заключение

В работе предложена методика проведения аудита безопасности мобильных приложений, ориентированная на выявление способов получения доступа к пользовательским данным. Специализированные комплексы для проведения автоматизированной компьютерно-технической экспертизы (КТЭ) мобильных устройств для получения доступа к пользовательским данным активно используют уязвимости в мобильных ОС. Таким образом способы, которые применяет эксперт при использовании специализированного комплекса, аналогичны возможностям потенциального нарушителя из предложенной методики. Исходя из этого описанная в работе методика может быть использована при разработке комплексов для проведения КТЭ экспертизы мобильных устройств. Результаты аудита безопасности приложения WhatsApp, проведенного по данной методике, позволили выявить ряд весьма нетривиальных способов получения доступа к пользовательским данным, большинство из которых могут быть эффективно использованы при проведении КТЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов А.А. О некоторых возможностях современной криминалистики в работе с электронными следами // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2019. № 3 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-vozmozhnostyah-sovremennoy-kriminalistiki-v-rabote-s-elektronnyimi-sledami> (дата обращения: 10.06.2019).
2. Ярмак К. В. Инновационные направления развития криминалистических средств и методов // Вестник экономической безопасности. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-napravleniya-razvitiya-kriminalisticheskikh-sredstv-i-metodov> (дата обращения: 10.06.2019).
3. Александров Я.А., Сафин Л. К., Трошина К. Н., Чернов А. В. Статический бинарный анализ мобильных приложений для платформы Android по требованиям информационной безопасности // Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика. 2016. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/staticheskij-binarnyy-analiz-mobilnyh-prilozheniy-dlya-platforny-android-po-trebovaniyam-informatsionnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 10.06.2019).

4. Сафин Л.К., Чернов А. В., Александров Я. А., Трошина К. Н. Исследование информационной защищенности мобильных приложений // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 4 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-informatsionnoy-zaschischnosti-mobilnyh-prilozheniy> (дата обращения: 10.06.2019).
5. OWASP Mobile Security Project — OWASP [Электронный ресурс] URL: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Mobile_Security_Project (дата обращения: 10.06.2019).
6. The Web Application Security Consortium / Threat Classification [Электронный ресурс] URL: <http://projects.webappsec.org/w/page/13246978/Threat%20Classification> (дата обращения: 10.06.2019).

© Карондеев Андрей Михайлович (karondeev@oxygensoftware.com), Ключев Даниэль Витальевич (kluev@oxygensoftware.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСКАЖЕННЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СООБЩЕНИЙ

ALGORITHM OF RESTORATION OF THE DEFORMED MULTIMEDIA MESSAGES

S. Kovalsky
V. Bezruchko

Summary. In article, based on the decision of the generated equations of a filtration the algorithm of restoration of the compressed messages is developed for system of uneven coding. Also, the equations of a condition and system supervision by transfer of uneven codes by a communication channel are defined. It allows to make effective coding with sufficient redundancy which can be used for restoration of the deformed multimedia messages.

Keywords: effective coding, uneven code, residual redundancy, a code tree, the filtration equations.

Ковальский Сергей Петрович

К.т.н., доцент, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации
metal_forever@inbox.ru

Безручко Валерий Владимирович

К.т.н., доцент, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации
vlvd@mail.ru

Аннотация. В статье разработан алгоритм восстановления сжатых сообщений, основанный на решении полученных уравнений фильтрации для системы неравномерного кодирования. Также определены уравнения состояния и наблюдения системы при передаче неравномерных кодов по каналу связи. Это позволяет произвести эффективное кодирование с достаточной избыточностью, которая может быть использована для восстановления искаженных мультимедийных сообщений.

Ключевые слова: эффективное кодирование, неравномерный код, остаточная избыточность, кодовое дерево, уравнения фильтрации.

Для сжатия мультимедийных сообщений в настоящее время широко используется неравномерное кодирование. Анализ помехоустойчивости таких кодов показывает, что при наличии ошибок в канале связи возникает потеря синхронизации кодовых комбинаций [1, 2, 3]. Это приводит к эффекту размножения ошибок, в результате которого происходит частичная или полная потеря сообщений.

В случае реальных ограничений: конечное время задержки и дискретность алгоритма кодирования; не полностью устраняется избыточность источника сообщений [4, 5, 6]. Эту остаточную избыточность предлагается использовать для восстановления искаженных мультимедийных сообщений.

Пусть задана динамическая стохастическая система с состояниями $z(k)_i = 1; i = \overline{1, N}$ и $z(k)_j = 0$ при $j \neq i; i, j = \overline{1, N}$ если система находится в i -ом состоянии, где k — номер шага дискретизации времени и N — количество вершин дерева кодирования. В модели источника выходом является многопозиционная марковская последовательность с основанием кода, равным числу вершин дерева кодирования, а порождающий процесс задается последовательностью независимых отсчетов входного дискретного сигнала, который характеризуется значениями:

$$x(k)_j = 0 \text{ или } 1, j = 1, 2, \dots, L; \sum_{j=1}^L x(k)_j = 1, \forall k,$$

где L — число состояний порождающего шума с заданными вероятностями $p(x(k)_j = 1)$.

Исходя из этого получено уравнение состояния системы:

$$\bar{z}(k) = x_j \cdot [\pi]_j \cdot \bar{z}(k-1), j = \overline{1, L}.$$

где $[\pi]_i$ — множество матриц детерминированных переходов, $i = \overline{1, L}$.

Источник сообщений рассматривается на уровне N -ичного канала связи [7]. С этой целью в уравнения наблюдения $\bar{m}(k)$ включается детерминированное уравнение перехода от N -ичного в двоичный канал и обратно, а также шум наблюдения в виде ошибок в двоичном симметричном канале.

Для разработки алгоритма восстановления получены уравнения фильтрации для прямого описания динамических систем:

$$a = \arg \max_l [c \cdot \bar{z}(k) \otimes \bar{m}(k)];$$

$$\hat{z}_a(k) = 1, \hat{z}_b(k) = 0, b \neq a; a, b, l = \overline{1, N}; (1)$$

где \otimes — прямое произведение векторов; c — нормировочный оператор.

$$\tilde{z}_i(k) = \sum_{j=1}^N [\pi]_{ji} \cdot (c \cdot \tilde{z}_i(k-1) \otimes m_i(k)); i = \overline{1, N}. \quad (2)$$

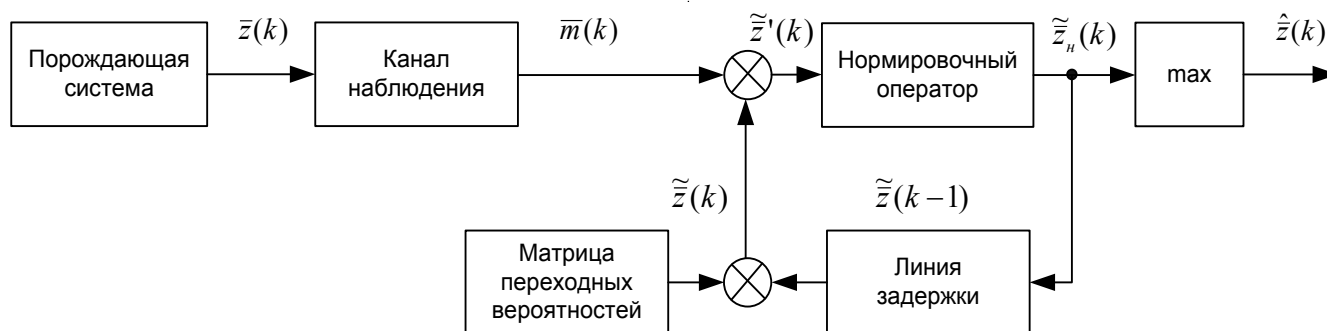


Рис. 1. Схема фильтра неравномерного кода

С целью решения уравнений (1) и (2) разработана схема фильтрации неравномерных кодов, показанная на рис. 1.

Она отражает рекурсивный метод решения уравнений фильтрации (1), (2) и принятие решения на каждом шаге по максимуму апостериорной вероятности.

На основе уравнений (1), (2) и схемы фильтрации разработан алгоритм восстановления искаженных сжатых сообщений, блок-схема которого изображена на рис. 2.

1. Исходные данные:

- ◆ k — номер шага;
- ◆ N — число вершин дерева кодирования;
- ◆ A — множество вершин дерева кодирования;
- ◆ $A1$ — множество конечных вершин дерева кодирования, $A1 \subset A$;
- ◆ π — матрица переходных вероятностей дерева кодирования;
- ◆ c — нормировочный оператор;
- ◆ H — длина входной последовательности N -ичного кода.

2. Выходные данные:

- ◆ восстановленное сжатое сообщение.

3. Алгоритм:

п. 1. Инициализация исходных данных:

- ◆ π — матрица переходных вероятностей;
- ◆ $\tilde{z}(0)$ — вектор начального состояния;
- ◆ p_{ou} — вероятность ошибки в ДСК;

п. 2. $k=1, c=1$;

п. 3. Формирование входного вектора $\bar{m}(k, p_{ou})$;

п. 4. Формирование вектора в линии задержки $\tilde{z}(k-1)$;

п. 5. Формирование вектора предсказания

$$\tilde{z}_i(k) = \sum_{j=1}^N [\pi]_{ji} \cdot \tilde{z}_j(k-1);$$

п. 6. Формирование обновленного вектора

$$\tilde{z}'(k) = \tilde{z}(k) \otimes \bar{m}(k, p_{ou});$$

п. 7. $c = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \tilde{z}'_j(k)}$;

п. 8. Формирование вектора принятия решения $\tilde{z}_i(k) = \tilde{n} \cdot \tilde{z}'(k)$;

п. 9. Определение выходной вершины дерева кодирования $a(k) = \arg \max[\tilde{z}_i(k)]$;

п. 10. Идентификация конечной вершины $a(k) \subset A1, A1 \subset A$

п. 11. $k=k+1$ до тех пор, пока $k \leq H$;

п. 12. Если $k = H$ алгоритм заканчивает работу.

Применение разработанного алгоритма для неравномерных кодов позволит уменьшить трек ошибки, возникающий в цифровом канале связи, и восстановить искаженные сжатые сообщения без применения дополнительных помехоустойчивых процедур.

Алгоритм имеет настраиваемые параметры:

- вектор начального состояния;
- матрица переходных вероятностей;
- вероятность ошибки в канале.

С их помощью он может быть использован как часть алгоритма адаптации системы фильтрации к изменяющимся статистикам источника сообщений и канала связи.

Оценка качества разработанного алгоритма восстановления сжатых сообщений проводилась по вероятности синхронизации кодовых комбинаций с помощью имитационной модели с использованием интервальных оценок.

Для оценки точности имитационной модели определяется количество необходимых испытаний [8].

Пусть производится независимые испытания с известной вероятностью p появления ошибки в N -ичной последовательности длины n . Требуется оценить неизвестную вероятность p по относительной частоте, т.е. найти ее точечную и интервальную оценки.

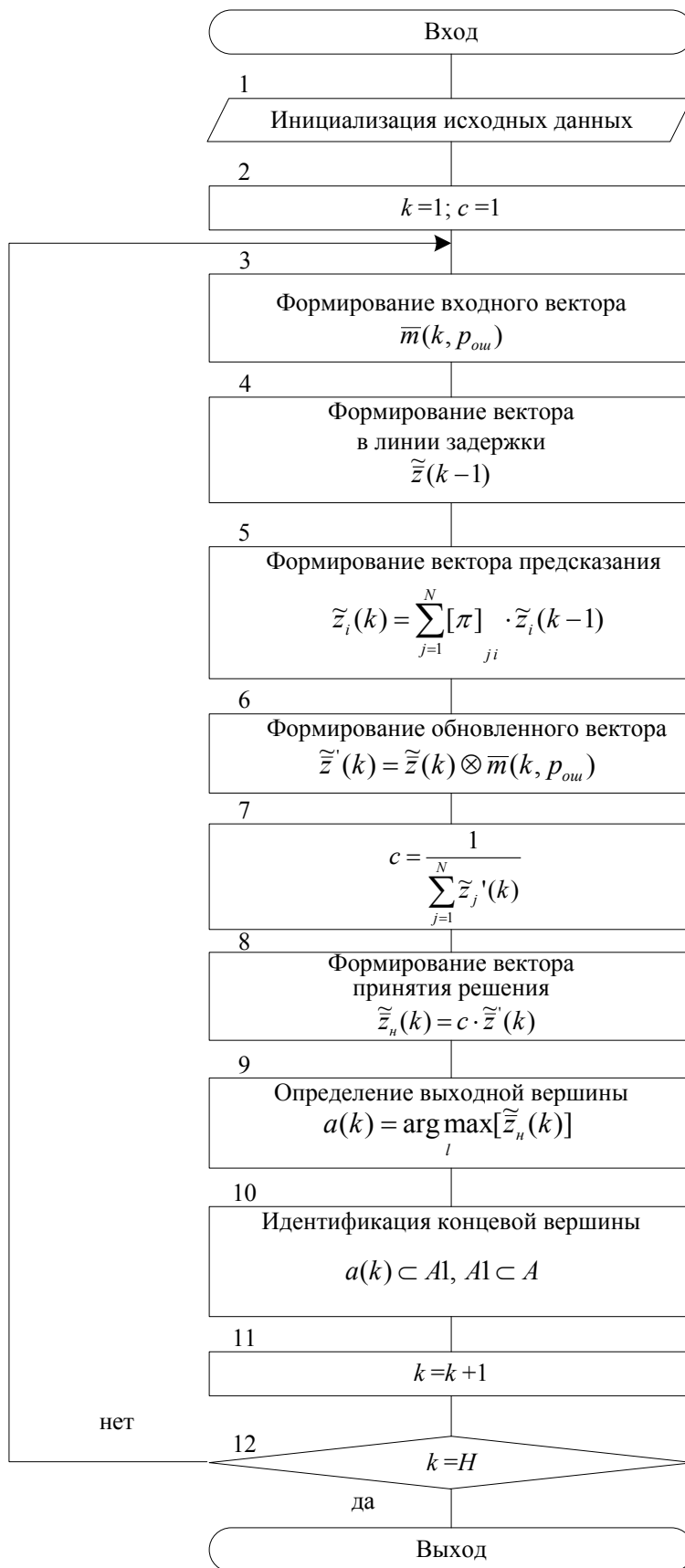


Рис. 2. Блок-схема алгоритма восстановления сжатых сообщений

Таблица 1. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,95$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	$1,383 \times 10^4$	$1,522 \times 10^5$	$1,537 \times 10^6$	$1,537 \times 10^7$	$1,678 \times 10^8$	$1,342 \times 10^9$
P_1	0,094	$9,44 \times 10^{-3}$	$9,44 \times 10^{-4}$	$9,44 \times 10^{-5}$	$9,47 \times 10^{-6}$	$9,4 \times 10^{-7}$
P_2	0,1058	0,01	$1,058 \times 10^{-3}$	$1,058 \times 10^{-4}$	$1,056 \times 10^{-5}$	$1,063 \times 10^{-6}$

Таблица 2. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,97$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	$1,807 \times 10^4$	$1,98 \times 10^5$	$2,007 \times 10^6$	$2,008 \times 10^7$	$1,678 \times 10^8$	$1,342 \times 10^9$
P_1	0,095	$9,51 \times 10^{-3}$	$9,51 \times 10^{-4}$	$9,51 \times 10^{-5}$	$9,46 \times 10^{-6}$	$9,4 \times 10^{-7}$
P_2	0,105	0,01	$1,05 \times 10^{-3}$	$1,051 \times 10^{-4}$	$1,056 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-6}$

Таблица 3. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,9$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	9803	$1,079 \times 10^5$	$1,089 \times 10^6$	$1,09 \times 10^7$	$1,09 \times 10^8$	$1,34 \times 10^9$
P_1	0,094	$9,42 \times 10^{-3}$	$9,43 \times 10^{-4}$	$9,43 \times 10^{-5}$	$9,43 \times 10^{-6}$	$9,48 \times 10^{-7}$
P_2	0,106	0,01	$1,06 \times 10^{-3}$	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-6}$

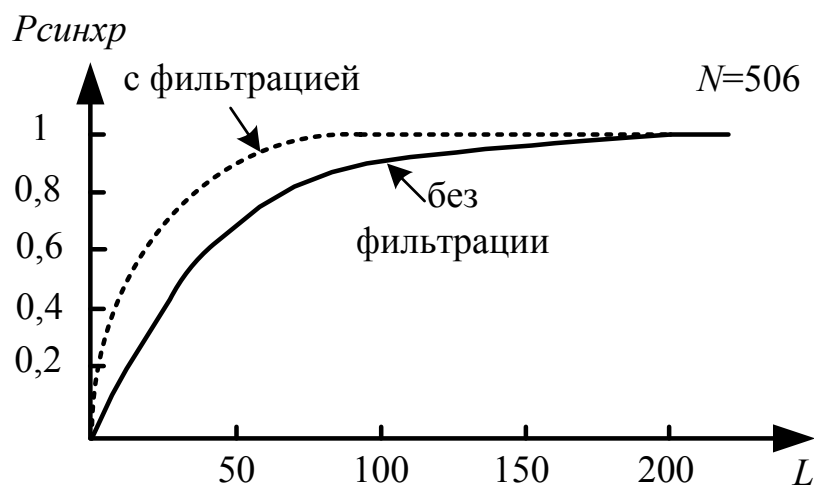


Рис. 3. Зависимость вероятности вхождения в синхронизацию $P_{синхр}$ от длины N -ичной последовательности L

В качестве точечной оценки неизвестной вероятности p принимается коэффициент ошибок:

$$K_{Ош} = \frac{m}{n},$$

где m — число ошибок в N -ичной последовательности;

n — число испытаний.

Доверительный интервал для оценки вероятности по относительной частоте определяется для доверительной вероятности, которая вычисляется по формуле:

$$P_D = 2\Phi(t),$$

где t — определяется по таблице функции Лапласа

$$\Phi(t) = \frac{P_D}{2} \quad [9].$$

Нижняя граница доверительного интервала находится с помощью выражения:

$$t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} - t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} \quad (3)$$

Верхняя граница:

$$p_2 = \frac{n}{t^2 + n} \cdot \left[K_{ош} + \frac{t^2}{2 \cdot n} \right] + t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} \quad (4)$$

Верхняя и нижняя границы доверительного интервала, определенные соотношениями (3) и (4), для

$$p_2 - p_1 = \frac{K_{ош}}{10}$$

и заданных доверительных вероятностей P_d представлены в таблицах 1, 2 и 3.

Результаты имитационного моделирования для вероятности синхронизации кодовых комбинаций для 506 вершин дерева кодирования показаны на рис. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что при применении разработанного алгоритма восстановления сжатых сообщений уменьшается время вхождения в синхронизацию.

Таким образом, применение разработанного алгоритма для неравномерных кодов позволит уменьшить трек ошибки, возникающий в цифровом канале связи, и восстановить искаженные мультимедийные сообщения без применения дополнительных помехоустойчивых процедур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. Учебное пособие. Сергеев В. С., Барин В. В. — М.: РадиоСофт, 2009. — 360 с.
2. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука: Учеб. пособие для вузов. — М.: Техносфера, 2004. — 368 с.
3. Сухман С. М., Бернов А. В., Шевкопляс Б. В. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. — М.: Эко-Трендз, 2003. — 272 с.
4. Кудряшов Б. Д. Теория информации: Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2009. — 320 с.: ил.
5. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. Пер. с англ. под ред. М. С. Пинскера и Б. С. Цыбакова. М., Советское радио, 1974. — 720 с.
6. Стиффлер Д. Д. Теория синхронной связи. — М.: Связь. 1975. — 488 с.
7. Ковальский С. П. Определение параметров системы неравномерного кодирования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», -2018, -№ 6, -с. 69–72.
8. Таха Х., Введение в исследование операций. 6-е издание.: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 912 с.: ил.
9. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров: определения, теоремы, формулы. пер. с англ. 5-е изд. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 832 с.

© Ковальский Сергей Петрович (metal_forever@inbox.ru), Безручко Валерий Владимирович (vlvd@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF MATHEMATICAL MODELS FOR DECISION-MAKING WITH THE TECHNICAL SERVICE OF THE AIRCRAFT

A. Koptev
D. Nabiev
I. Matveychuk
M. Vysotskaya
H. Nadjari

Summary. The mathematical model of the problem of resource allocation is considered in the article, allowing solving a class of resource allocation problems in planning, managing and designing the learning process. The laws of distribution, namely the normal law of distribution and the fundamental provisions of the probability theory, as well as the basic provisions of the use of the probability theory for making optimal decisions in the maintenance of the aircraft (aircraft), are also considered to solve the tasks.

Keywords: Mathematical model; aircraft; normal law of distribution; probability theory; Maintenance;.

Коптев Анатолий Никитович

*Д.т.н., профессор, Самарский национальный
исследовательский университет им. С. П. Королёва
eat@ssau.ru*

Набиев Даврон Турахонович

*Аспирант, Самарский национальный
исследовательский
Университет имени академика С. П. Королёва
asteroy9191@gmail.com*

Матвейчук Ирина Алексеевна

*Аспирант, Самарский национальный
исследовательский
Университет имени академика С. П. Королёва
irina.vasileva.14@mail.ru*

Высоцкая Мария Владимировна

*Аспирант, Самарский национальный
исследовательский
Университет имени академика С. П. Королёва
malya_93@mail.ru*

Наджари Хоссейн

*Аспирант, Самарский национальный
исследовательский
Университет имени академика С. П. Королёва
hoseinnadjari@gmail.com*

Аннотация. В статье рассматривается математическая модель задачи распределения ресурсов, позволяющие решать класс задач распределения ресурсов в планировании, управлении и проектировании процесса обучения. Так же для решения поставленных задач рассматривается закон распределения, а именно нормальный закон распределения и фундаментальные положения теории вероятностей, а также основные положения использования теории вероятности для принятия оптимальных решений при техническом обслуживании воздушного судна (ВС).

Ключевые слова: Математическая модель; воздушное судно; нормальный закон распределения; теория вероятностей; техническое обслуживание.

Введение

Задачи поддержания летной годности, касающиеся процедур оценки, методологии и диагностирования технического состояния воздушного судна, нуждаются в формальных методах принятия решений.

Значительная часть управленческих решений сводится по существу к задачам составления стратегических планов, а по содержанию их можно рассматривать как решение задач распределения ресурсов при техническом обслуживании, математической моделью которых служит задача линейного программирования:

$$\left\{ \begin{array}{l} W = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max(\min) \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где c_j — коэффициент в целевой функции (общее число известных работ по плану на определенный период); a_{ij} — норма расхода i -го ресурса (числа инженеров или техников) для реализации одного j -го заказа (работы по техническому обслуживанию воздушных судов); b_i — располагаемый ресурс (располагаемое общее количество инженеров условной службы по оперативному техническому обслуживанию); d_j и D_j — минимальное и максимальное допустимые значения x_j (неопределённое число работ).

Как видно по формуле, если брать службу оперативного технического обслуживания любого аэродрома или авиакомпании, то получится, что основной задачей принятия управленческих решений является правильное распределение количества техников и инженеров, с учетом их опыта, навыков и особенностей на определенное количество работ по плану на смену, а также внеплановых работ, которые выявляются в ходе технического обслуживания. От правильного распределения ресурсов и времени зависит качество и количество выполненных работ.

В техническом обслуживании ВС, вышеуказанная система (1) является математической моделью методов распределения ресурсов. Все зависимости в данной модели являются линейными, иными словами, все переменные входящие в эту модель являются входят в переменные первой степени. В следствие этого построенную модель называют задачей линейного программирования [1]. С помощью таких задач возможно решать большой класс задач распределения ресурсов как в проектировании процессов обучения, так и в планировании и управлении при техническом обслуживании, что в дальнейшем мы и будем делать. При сравнении системы (1) с общей постановкой задачи оптимизации можно убедиться, что задача линейного программирования (1) является частным случаем задачи оптимизации в общем виде (2).

$$\begin{array}{l} W = f(x_j) \rightarrow \max(\min) \text{ — целевая функция;} \\ g_i(x_j) = 0 \text{ — ограничения;} \\ a_j \leq x_j \leq b_j \text{ — граничные условия;} \\ i = 1 \dots m; j = 1 \dots n; \end{array} \quad (2)$$

Постановка задачи

В зависимости от того, как определены величины a_{ij} , b_i , c_j (выделение i -количества инженеров или техников для выполнения j -количества технических работ, общее располагаемое количество инженеров в аэродроме или авиакомпании по оперативному техническому обслуживанию), выделяется два вида моделей — детерминированные и стохастические [2, 4].

В первом случае всегда будем считать, что в модели величины a_{ij} , b_i , c_j , являются строго определёнными, или детерминированными, и их точные значения известны. К сожалению, в реальных случаях не всегда наблюдается такая четкая определенность.

В качестве примера будем считать, что величина b_i обозначает имеющийся в наличии i — ресурс. Не вызывает сомнения, что достаточно часто мы не можем точно сказать, сколько будет поставлено ресурса в течение планируемого периода, так как эта величина, в свою очередь, зависит от выделенных фондов, соответствия качества ресурса предъявляемым требованиям, своевременности поставки и так далее. Следовательно, величина b_i зависит от множества различных факторов, которые заранее определить физически невозможно. При этом, чем больше период планирования, тем больше неопределенность в оценке возможного значения b_i . То же самое в полной мере относится к нормам расхода a_{ij} и коэффициентов целевой функции c_j .

Следовательно, есть все причины говорить, что в действительно работающих на данный момент задачах распределения ресурсов, величины a_{ij} , b_i , c_j , входящие в модели, имеющие зависимость от ряда случайных факторов, являются случайными величинами и не могут быть определены достоверно точно. В таком случае, объективно существует неопределенность и это невозможно отрицать. При этом, чем больше период нашего планирования, тем больше значение этой неопределённости.

Эту задачу можно выполнить если применить фундаментальное положение теории вероятностей: зависимость правильности или другими словами, достоверности результатов от числа попыток и с так называемым нормальным законом распределения, который в данном случае играет особенно решающую роль в представлении случайных явлений.

Рассмотрим основные моменты применения теории вероятности для принятия решений при техническом обслуживании воздушного судна.

Основные понятия
и определения измерения случая

Введем некоторые понятия для удобного применения некоторых отдельно взятых определений теории вероятностей: 1. Всякий факт, который в результате опыта может произойти или не произойти назовём событием. Ответом на вопрос «произошло ли событие?» может быть либо «да», либо «нет», среднего не дано. Для нашего случая примером события будем считать своевременное, полное проведение технического обслуживания, т.е. событием будем считать либо проведение полноценного технического обслуживания на определенном самолете, либо его отсутствие.

Будем иметь в виду, что будет три варианта события: 1. Достоверные, 2. Невозможные и 3. Возможные. Достоверным называют такое событие, которое обязательно, несмотря ни на что должно произойти. Достоверными событиями являются, например, выпадение всякого номера, выпадающего на верхней стороне грани игральной кости, при этом абсолютно не имеет никакого значения какой номер из шести возможных выпадет. Достаточно самого факта появления числа. Иной пример – расход определенных ресурсов и сил при выпуске продукции.

Невозможным считают такое событие, которое не может произойти. В качестве примера невозможного события можно провести проведение технического обслуживания без использования самолета. Логично, что если не будет самого самолета, то и не может быть никакой работы на нем.

Возможное событие — это такое событие, которое произойдет точно. Примером возможного события является выполнение плана работ на техническое обслуживание на 100% [3].

Для выражения возможности события используют численную меру. Такую численную меру возможности события называют вероятностью. Вероятность события A , т.е. $P(A)$, можно вычислить по формуле ниже, где m — число случаев, когда событие A может произойти; n — общее число случаев.

$$P(A) = m / n$$

Очевидно, что вероятность невозможного события равна нулю, достоверного – единице, возможного — от нуля до единицы. Вероятность характеризует возможность событий в будущем. Для оценки того, как часто события уже происходили, используют понятие частоты. Частота события A обозначается $P^*(A)$, где m^* показывает, сколько раз событие произошло, n — общее число произведенных испытаний.

$$P^*(A) = m^* / n,$$

Вдобавок к выше перечисленным введем ещё одно понятие. События, которые исключают друг друга, т.е. факт происхождения одного события автоматически исключает другое событие назовём несовместными. Очевидно, что сумма вероятностей всех несовместных событий равна единице.

Случайные события будем охарактеризовать числами, что применяется довольно часто. Такие числа называют случайными величинами. Случайной величиной может оказаться любая допустимая величина в том или ином случае. К примеру, в игральной кости есть 6 граней т.е. может быть 6 вариантов значений, следовательно, эта случайная величина может оказаться как 1 так и 6. Заранее случайная величина всегда неизвестна. Из примера по техническому обслуживанию, случайной величиной является количество технических работ, которые успешно были выполнены из общего количества работ. Конкретное измеренное значение случайной величины называют ее реализацией. Различные реализации случайной величины относят к несовместным событиям.

Случайная величина одним конкретным числом описана быть не может. Ее можно описать либо количественными характеристиками, либо законом распределения. Наиболее распространенными характеристиками случайной величины являются: математическое ожидание; дисперсия; среднее квадратическое отклонение; коэффициент вариальности [5].

Математическое ожидание характеризует среднее значение случайной величины, обозначается M_x , $M[x]$ или \bar{x} и определяется по зависимости, где n — число реализации; x — значение случайной величины в i -той реализации.

$$M_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

Дисперсия D_x характеризует разброс значений случайной величины:

$$D_x = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

Так как размерность дисперсии равна квадрату размерности самой случайной величины, использовать дисперсию для относительной оценки разброса значений случайной величины не представляется возможным. В связи с этим разброс оценивают средним квадратическим отклонением σ_x . Между дисперсией и средним квадратическим отклонением существует зависимость

$$\sigma^2 = D_x \text{ или } \sigma_x = \sqrt{D_x}, \text{ следовательно,}$$

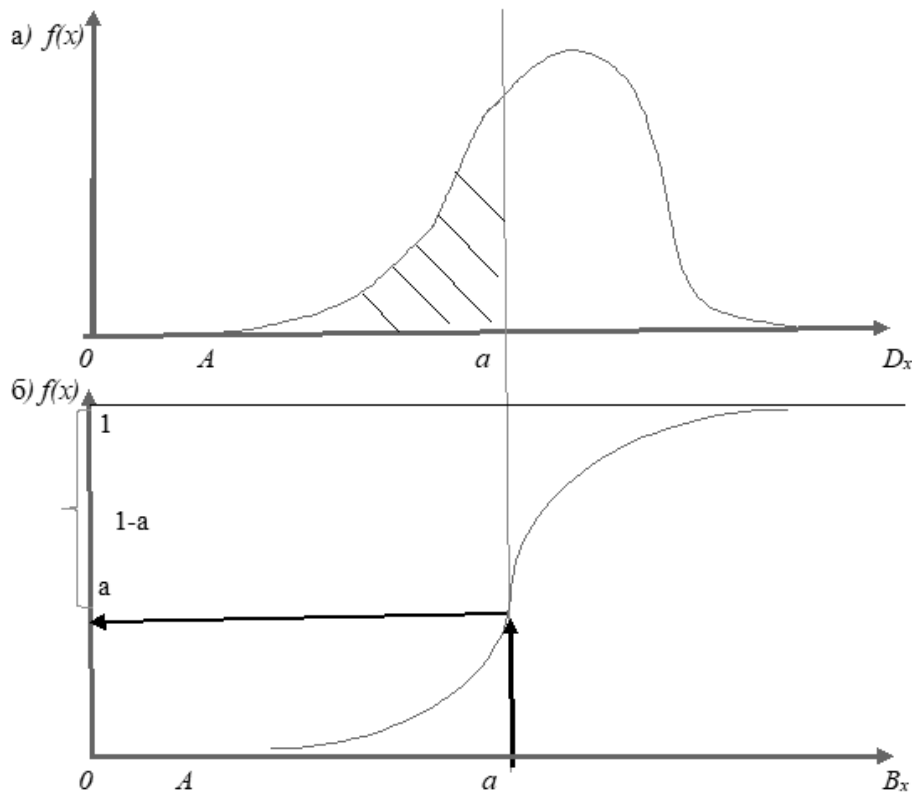


Рис. 1 График плотности распределения случайной величины x в интервале $A \leq x \leq B$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Удобной характеристикой случайной величины, которая показывает относительное значение разброса случайной величины, является коэффициент вариации.

$$\mu_x = \sigma_x / \bar{X}$$

Закон распределения даёт нам возможность и показывает, какова вероятность появления каждого возможного значения случайной величины или почему суммарная вероятность появления случайной величины, равная единице, распределена между их возможными значениями. В общем, рассматриваемый нами закон распределения устанавливает чёткие связи между возможными значениями случайной величины и вероятностями их появления. В настоящее время существует очень много вариантов законов распределения. Наибольшее применение на практике получил нормальный закон распределения. С помощью нормального закона распределения решают очень большое число самых различных задач, в том числе задачи принятия оптимальных решений в условиях неопределённости [6].

Нормальный закон распределения имеет две формы представления: 1. Плотность распределения и 2. Функцию распределения. График плотности распределения случайной величины x в интервале $A \leq x \leq B$, показан на рисунке (1). С помощью этого графика можно решать различные задачи. Например, можно определить: чему равна вероятность того, что случайная величина x будет не больше величины a , т.е. $P(x \leq a)$. Оказывается, эта вероятность равна заштрихованной площади. Зная $P(x \leq a)$, нетрудно установить вероятность того, что случайная величина x будет не меньше величины a , т.е. Очевидно, что $P(x \leq a) + P(x \geq a) = 1$. Следовательно, что соответствует не заштрихованной площади на рис. 1, а.

Площадь криволинейной фигуры с помощью нормального закона распределения вычисляют достаточно сложно. В связи с этим, для решения практических задач широко применяют другую форму закона распределения — функцию распределения $f(x)$, график которой приведен на рис. 1, б. Вероятность $P(x \leq a)$, определяемая на рисунке 1, а как площадь криволинейной фигуры, на рисунке 1, б равна ординате кривой $f(x)$. Следовательно, $P(x \leq a) = f(a)$ откуда $P(x \geq a) = 1 - f(a)$.

Для облегчения расчётов при работе с нормальным законом распределения от нормальной случайной ве-

личины x переходят к центрированной нормированной случайной величине $t = (x - \bar{x}) / \sigma_x$

При этом, $P(x \leq a) = F(t)$

Для определения $F(t)$ имеются специальные таблицы.

По значениям $F(t)$ для некоторых t строится график, по которому легко определить интересующие нас величины.

Используя функцию распределения $F(t)$ мы можем также решать и обратную задачу, которая формулируется так: при каком значении t_a вероятность появления случайной величины удовлетворяла бы условию:

$P(t \leq t_a) = a$, где a — заданный уровень вероятности.

Следовательно, возникающие на практике задачи принятия решений достаточно часто представляет собой задачи стохастического программирования (СТП). Мы уже знаем, что случайные величины могут определяться как реализациями, так и их количественными характеристиками, и законом распределения. Используем характеристики случайных величин и законы их распределения при решении задач распределения ресурсов с учётом неопределённости при техническом обслуживании ВС.

Разработка математической модели задачи распределения ресурсов

Создание математической модели распределения ресурсов Условной базы технического обслуживания «А», так как какие-то работы в рамках данного исследования были проведены на базе по техническому обслуживанию, начнём с рассмотрения целевой функции.

Если величины c_j , которые входят в целевую функцию, являются случайными, то мы можем написать задачу стохастического программирования в двух вариантах представления M — и P — представлении. При M — варианте целевая функция записывается так:

$$W = M \left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \right] \rightarrow \max(\min),$$

что означает максимизацию (минимизацию) математического ожидания целевой функции. От математического ожидания целевой функции можно переходить к математическим ожиданиям случайных величин c_j , которые будем обозначать \bar{c}_j . Тогда запишем:

$$M \left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \right] = \left[\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \right].$$

$$\text{Итоговый вид, } W = \left[\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \right] \rightarrow \max(\min)$$

В таком случае, при M — варианте задачи СТП для ее решения требуется найти такие значения искомого переменных x_j , при которых математическое ожидание целевой функции будет иметь оптимальное т.е. максимальное (или минимальное) значение [7].

При P — варианте задача формулируется иначе. Для начала должно быть задано максимально возможное наихудшее значение целевой функции. В случае максимизации задается минимально допустимое значение W_{\min} и требуется чтобы условие было принято следующим образом $W \geq W_{\min}$. При минимизации будет задано максимально возможное значение W_{\max} и требуется соблюдать условие $W \leq W_{\max}$.

Смысл P - варианта в том, чтобы максимизировать вероятность целевой функции быть не хуже предельно возможного значения в случае нахождения нужных значений x_j ,

Целевая функция в P — варианте будет иметь вид:

$$\text{при максимизации: } W = \left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq W_{\min} \right] \rightarrow \max,$$

$$\text{при минимизации: } W = \left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq W_{\max} \right] \rightarrow \max$$

В случае, если целевая функция минимизируется, то необходимо стремиться к минимуму. Как в одном случае с минимизацией, так и в другом случае с максимизацией, надо стремиться к максимизации вероятности. В случае с максимизацией целевой функции наименьшее возможное значение заедается как W_{\min} , а в другом случае с минимизацией целевой функции как W_{\max} . И в связи с этим, для увеличения значение целевой функции в максимизации, надо увеличивать значение целевой функции W_{\min} . И также для другого случая надо уменьшать значение W_{\max} в минимизации. Из приведённого видно, что M - и P - варианты имеют принципиальные отличия.

Рассмотрим теперь, как учитывается фактор неопределённости при записи ограничений. В ограничении:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \leq b_i,$$

входят величины a_{ij} и b_i . Учитывать, что данные величины являются случайными будем так же, как и для целевой функции, в двух вариантах. В первом варианте случайные величины определяются их математическими ожиданиями и ограничения записываются в виде:

$$\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \leq \bar{b}_i,$$

где a_{ij} и b_i — математические ожидания случайных величин a_{ij} и b_i . В этом случае, стохастический характер задачи, не будет учитываться. Во втором варианте каждое i — ограничение должно записаться:

$$P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i\right] \geq a_i \text{ т.е. } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i \quad (3)$$

Это означает, что вероятность выполнения каждого ограничения должна быть не менее назначенной величины a_i . Задачу, включающую условие (19), называют задачей с вероятностными ограничениями. Объединив целевую функцию и ограничения, можем записать задачу СТП в двух вариантах, M - и P -. При M — варианте задачи СТП имеет вид

$$\begin{cases} W = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \rightarrow \max(\min) \\ P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i\right] \geq a_i \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (4)$$

При P — варианте задачи СТП максимизация и минимизация будут различаться. При максимизации (слева) и минимизации (справа) с учётом целевой функции P — вариант будет иметь вид:

$$\begin{cases} W = P\left[\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \geq W_{\min}\right] \rightarrow \max \\ P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i\right] \geq a_i \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} W = P\left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq W_{\max}\right] \rightarrow \min \\ P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i\right] \geq a_i \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (6)$$

Задачи (4) — (6), как в M -, так и в P - варианте непосредственно решены быть не могут. Возможным методом решения этих задач является переход к их детерминированным эквивалентам. В основе этого перехода лежит использование закона распределения случайных величин.

В дальнейшем принимаем, что случайные величины a_j , b_j , c_j подчиняются нормальному закону распределения. В этом случае детерминированный эквивалент целевой функции в P — варианте можно записать следующим образом: при максимизации (слева) и минимизации (справа) целевой функции, где c_j , σ_j — математическое ожидание и дисперсия случайной величины c_j .

$$W = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j - W_{\min}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$W = \frac{W_{\max} - \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}} \rightarrow \max \quad (8)$$

Приведённые зависимости достаточно сложны для вычислений, широкого распространения на практике не имеют, поэтому в дальнейшем P - вариант задачи СТП мы рассматривать не будем. Что же касается детерминированного эквивалента для M - постановки задачи СТП он будет иметь вид:

$$\begin{cases} W = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \rightarrow \max(\min); \\ \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \leq \bar{b}_i - t_{ai} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_j^2 + \theta_i^2}; \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \end{cases} \quad (9)$$

где c_j — математическое ожидание случайной величины c_j ; a_{ij} , σ_{ij}^2 — соответственно математические ожидания и дисперсии случайных величин a_{ij} и b_i ; t_{ai} — значение t в нормальном законе распределения, соответствующее заданному уровню вероятности соблюдения ограничений a_i , θ_i^2 — дисперсия ресурса b_i . В модель переменные x_j входят во второй степени, а из их суммы извлекается квадратный корень. Значит, ограничения этой модели являются нелинейными.

Для решения нелинейной задачи наиболее приемлемым является метод кусочно-линейной аппроксимации. При решении задачи этим методом они сводятся к задачам линейного программирования большей размерности. А задачи линейного программирования на ЭВМ решаются уже известным нам симплекс-методом с помощью надёжных программных средств.

Перейдем к анализу модели. Для удобства введем обозначение:

$$\xi_i = t_{ai} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_j^2 + \theta_i^2}, \quad (10)$$

Тогда детерминированный эквивалент задачи СТП можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} W = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \rightarrow \max(\min) \\ \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i - \xi_i \\ d_j \leq x_j \leq D_j; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (11)$$

Результаты

Из сравнения этой системы с задачей линейного программирования для детерминированных величин видно, что детерминированный эквивалент задачи СТП отличается от задачи линейного программирования следующим: во-первых, выполнен переход от значений детерминированных величин a_{ij} , b_i , c_i к математическим ожиданиям случайных величин a_{ij} , b_i , c_i ; во-вторых, во всех ограничениях располагаемый ресурс уменьшился на величину ξ_i . Значит, и это очень важно, чует того, что величины a_{ij} и b_i являются случайными, приводит фактически к уменьшению располагаемого ресурса. За принятие решений в условиях неопределённости приходится платить. И такой платой оказывается необходимость в дополнительном ресурсе ξ_i . Правда, этот дополнительный ресурс может остаться неиспользованным, но для гарантированного выполнения плана иметь его необходимо. В этом и проявляется неопределённость.

Заключение

Задачи, возникающие на практике при принятии решений достаточно, часто представляет собой задачи стохастического программирования (СТП). Мы уже знаем, что случайные величины могут определяться как реализациями, так и их количественными характеристиками, и законом распределения. Примерно представляя количество случайных величин для непрерывной работы предприятия при техническом обслуживании для гарантированного выполнения всех работ без изменения ее объёма и качества, располагаемый ресурс нужно увеличить на коэффициент ξ_i . Хотя этот выделенный ресурс может быть не использован, но лучше будет если предприятие понесут маленькие затраты на оплату труда, чем большие потери. Плата за принятие решений довольно велика и при каждом планировании работы нужно учитывать факторы, которые могут неопределёнными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1989. — 176 с.
2. Мохрачева Л. П. Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи: учебное пособие / - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 144 с.
3. Глухов В. В. Менеджмент: Учебник для ВУЗов. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2008. — 608 с.
4. Карманов В. Г. Математическое программирование: Учебное пособие, 5-е издание, -М.: Физматлит, 2004. — 264с.
5. Месарович М., Токара Я. Общая теория систем: математические основы. М., 1978.
6. Соколов Е. Н. Психофизиология принятия решений / Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. Ред. Б. Ф. Ломов и др. М.: Наука, 1981. С. 75–83.
7. Агальцов В.П., Валдайская И. В. Математические методы в программировании: Учеб.: — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2006. — 224с.
8. Киндинова В. В. Модель анализа проблем объекта складской логистики в авиации // Труды МАИ. 2017. № 94. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=81157>

© Коптев Анатолий Никитович (eat@ssau.ru), Набиев Даврон Турахонович (asteroy9191@gmail.com),
Матвейчук Ирина Алексеевна (irina.vasileva.14@mail.ru), Высоцкая Мария Владимировна (manya_93@mail.ru),
Наджари Хоссейн (hoseinnadjari@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ И ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

DEEP LEARNING AND GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS

V. Magomadov

Summary. this article explores the field of artificial intelligence known as generative-adversarial networks, which is one of the models of machine learning. This area, like machine learning in General, is a very active research topic that has the potential to make a major breakthrough in the field of artificial intelligence. This article explains what generative-adversarial networks are made of and what their purpose is.

Keywords: generative-adversarial networks, artificial intelligence, machine learning, deep learning, neural networks, discriminative models, adversarial networks, algorithms, generator, discriminator.

Магоматов Висхан Салманович

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО Чеченский
Государственный университет, г. Грозный, Россия
vmagomadov@gmail.com

Аннотация. в этой статье исследуется область искусственного интеллекта, известная как генеративно-состязательные сети, являющихся одной из моделей машинного обучения. Эта область, как и машинное обучение в целом, является очень активной темой исследований, которая имеет потенциал сделать серьезный прорыв в сфере искусственного интеллекта. Данная статья объясняет, из чего состоят генеративно-состязательные сети, и каково их предназначение.

Ключевые слова: генеративно-состязательные сети, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети, дискриминативные модели, состязательные сети, алгоритмы, генератор, дискриминатор.

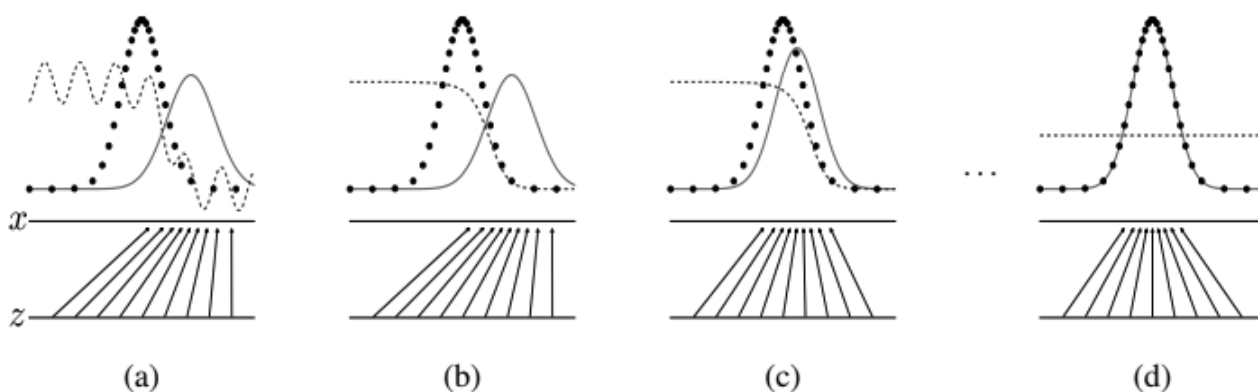
Перспектива глубокого обучения заключается в открытии богатых, иерархических моделей [1], представляющих вероятностные распределения по видам данных, встречающихся в приложениях искусственного интеллекта, таких как естественные изображения, звуковые волны, содержащие речь, и символы в корпусах естественного языка. До сих пор самые поразительные достижения в глубоком обучении были связаны с дискриминативными моделями, обычно с теми, которые наносят высокоразмерный, богатый сенсорный ввод на метку класса [2]. Эти достижения в первую очередь были основаны на алгоритмах обратного распространения и отсева, используя кусочно-линейные единицы [3], имеющие исключительно хороший градиент. Глубокие генеративные модели оказали меньшее влияние из-за сложности аппроксимации многих трудно-разрешимых вероятностных вычислений, возникающих при оценке максимального правдоподобия и связанных стратегий, а также из-за сложности использования преимуществ кусочно-линейных единиц в генеративном контексте. В этой статье, предлагается новая процедура оценки генеративной модели, позволяющей обойти эти трудности.

В системе состязательных сетей генеративная модель противостоит дискриминативной модели, которая учится определять, является ли образец из распределения модели или распределения данных. Генеративную модель можно рассматривать как нечто схожее с командой фальшивомонетчиков, пытающихся производить фальшивую валюту и использовать ее без обнаружения, в то время как дискриминативная модель аналогична полиции, пытающейся обнаружить фальшивую валюту.

Конкуренция в этой игре заставляет обе команды совершенствовать свои методы, пока подделки будут неотличимы от подлинных предметов.

Эта система может дать конкретные алгоритмы обучения для многих видов моделей и алгоритмов оптимизации. В этой статье исследуется особенный случай, когда генеративная модель генерирует образцы, передавая случайный шум через многослойный перцептрон. Этот особый случай называется состязательными сетями. В этом случае мы можем обучить обе модели, используя только очень успешные алгоритмы обратного захвата и отсева [4] и образцы из генеративной модели, используя только прямое распространение. Нет необходимости в приближительном выводе и цепях Маркова.

До недавнего времени большинство трудов по глубоким генеративным моделям были сосредоточены на моделях, обеспечивающих параметрическую спецификацию функции распределения вероятностей. Затем модель может быть обучена путем максимизации логарифмического правдоподобия. В этом семействе моделей, пожалуй, наиболее успешной является глубокая машина Больцмана [5]. Такие модели обычно имеют трудно-разрешимые функции правдоподобия и поэтому требуют многочисленных аппроксимаций к градиенту правдоподобия. Эти трудности стали причиной разработки «генеративных машин» — модели, которые явно не представляют вероятность, но способны генерировать образцы из желаемого распределения. Генеративные стохастические сети [6] являются примером генеративной машины, которая может быть обучена с точным обратным распространением, а не многочисленными



аппроксимациями, необходимыми для машин Больцмана. Эта работа расширяет идею генеративной машины, устраняя цепи Маркова, используемые в генеративных стохастических сетях.

Генеративно-состязательные сети — это мощный класс нейронных сетей, используемых для неконтролируемого обучения. Они были разработаны и представлены Йоном Дж. Гудфеллоу в 2014 году. Генеративно-состязательные сети состоят из системы двух нейросетевых моделей, конкурирующих друг с другом и способны анализировать, фиксировать и копировать вариации в наборе данных [7].

Было замечено, что большинство мейнстримных нейронных сетей можно легко обмануть неправильной классификацией вещей, добавив только небольшой объем шума в исходные данные. Удивительно то, что модель, после добавления шума, имеет больше уверенности в неправильном предсказании, чем, когда она предсказывала правильно. Причиной такого противника заключается в том, что большинство моделей машинного обучения учатся на ограниченном количестве данных, что является огромным недостатком, поскольку оно склонно к переоснащению. Кроме того, отображение между вводом и выводом является почти линейным. Может показаться, что границы разделения между различными классами являются линейными, но на самом деле, они состоят из линейностей и даже небольшое изменение точки в пространстве признаков может привести к неправильной классификации данных [8].

Состязательные сети

Структура состязательного моделирования наиболее проста в применении, когда модели являются многослойными перцептронами. Чтобы узнать распределения генератора p_g по данным x , определяются переменные входного шума $p_z(z)$, затем представляется отображение на пространство данных как $G(z; \theta_g)$, где G — дифференцируемая функция, представленная

многослойным перцептроном с параметрами θ_g . Также определяется второй многослойный перцептрон $D(x; \theta_d)$, который выводит один скаляр. $D(x)$ представляет вероятность того, что x пришел из данных, а не p_g . D обучается максимизировать вероятность присвоения правильной метки как учебным примерам, так и образцам из G . Мы одновременно обучаем G минимизировать $\log(1 - D(G(z)))$.

В следующем разделе, мы представляем теоретический анализ состязательных сетей, по существу, показывая, что критерий обучения позволяет восстановить распределение данных, поскольку G и D имеют достаточную емкость, т.е. в непараметрическом пределе. На практике, мы должны реализовать игру, используя итерационный, численный подход. Оптимизация D до завершения во внутреннем цикле обучения является вычислительно запретительной, а на конечных наборах данных приведет к переобучению. Вместо этого, мы чередуем между шагами k оптимизирования D и одним шагом G . Это приводит к тому, что D поддерживается вблизи своего оптимального решения, пока G изменяется достаточно медленно.

Теоретические результаты

Генератор G неявно определяет распределение вероятностей p_g как распределение образцов $G(z)$, полученных при $z \sim p_z$. Результаты этого раздела сделаны в непараметрической установке, например, мы представляем модель с бесконечным объемом путей изучения сходимости в пространстве функций плотности вероятности (см. рисунок).

Генеративные состязательные сети обучаются путем одновременного обновления дискриминативного распределения (D , синяя, пунктирная линия) таким образом, чтобы он дискриминировал между образцами генерирующего данные распределения (черная, пунктирная линия) p_x и образцами генеративного распределения p_g (G) (зеленая, сплошная линия). Нижняя горизонтальная

линия — это область, из которой берется образец от Z , в этом случае равномерно. Горизонтальная линия выше является частью области x . Стрелки вверх показывают, как отображение $x = G(z)$ накладывает неравномерное распределение p_g на преобразованные образцы. G сжимается в областях высокой плотности и расширяется в областях низкой плотности p_g . (a) Рассмотрим составительную пару, близкой к конвергенции: p_g похож на p_{data} , а D является частично точным классификатором. (b) Во внутреннем цикле алгоритма, D обучается дискриминировать образцы из данных, приближающихся к

$$D * (x) = \frac{P_{data}(x)}{P_{data}(x) + P_g(x)}$$

(c) После обновления до G , градиент D направил $G(z)$ в регионы, которые с большей вероятностью будут классифицированы как данные. (d) После нескольких этапов обучения, если G и D имеют достаточно емкости, они достигнут точки, в которой они оба не могут больше улучшиться, поскольку $P_g = P_{data}$. Дискриминатор не в состоянии отличить два дискриминатора друг от друга, т.е. $D(x) = 1/2$.

Эксперименты

Мы оцениваем вероятность данных под P_g , приспособив Гауссово окно Парцена к образцам, сгенерированным с G , и сообщая правдоподобие при этом распределении. Параметр σ Гауссов был получен путем перекрестной валидации на наборе валидаций. Эта процедура используется для различных генеративных моделей, для которых точное правдоподобие не поддается обработке [9, 10]. Этот метод оценки вероятности имеет высокую дисперсию и плохо работает в многомерных пространствах, но пока что это лучший доступный метод. Достижения в области генеративных моделей, которые

могут отбирать образцы, но не оценивают вероятность, являются мотивацией для дальнейшего исследования того, как оценивать такие модели.

Преимущества и недостатки

Этот новый фреймворк имеет определенные преимущества и недостатки. Недостатки заключаются прежде всего в том, что нет явного представления $p_g(x)$, а также в том, что D должен быть хорошо синхронизирован с G во время обучения (в частности, G не должен обучаться слишком много без обновления D , чтобы избежать сценария, в котором G обваливает слишком много значений z до того же значения x , чтобы иметь достаточное разнообразие для моделирования p_{data}), так же, как и отрицательные цепочки машины Больцмана должны обновляться между шагами обучения. Преимущества в том, что марковские цепи не нужны, только метод обратного распространения ошибки используется для получения градиентов, никакого вывода не требуется во время обучения, и широкий спектр функций может быть включен в модель.

Вышеупомянутые преимущества в первую очередь являются вычислительными. Составительные модели могут также получить некоторое статистическое преимущество, поскольку генераторная сеть не обновляется непосредственно примерами данных, а только градиентами, проходящими через дискриминатор. Это означает, что компоненты входного сигнала не копируются непосредственно в параметры генератора. Еще одним преимуществом составительных сетей является то, что они могут представлять очень резкие, даже вырожденные распределения, в то время как методы, основанные на марковских цепях, требуют, чтобы распределение было несколько размытым, чтобы цепи могли смешиваться между режимами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 61 с.
2. Флах П. Машинное обучение: наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Москва: ДМК, 2015. 42 с.
3. Бенгфорт Б. Прикладной анализ текстовых данных на Python: машинное обучение и создание приложений обработки естественного языка. Санкт-Петербург: Питер, 2019. С. 124–126.
4. Грифт Н. Прагматичный ИИ: машинное обучение и облачные технологии. Санкт-Петербург: Питер, 2019. С. 171–172.
5. Гудфеллоу Я., Бенджио И, Курвилль А. Глубокое обучение. Москва: ДМК, 2018. С. 118–121.
6. Вьюгин В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. Москва: МЦНМО, 2014. С. 113–116.
7. Lakhmi, C.J, Balas V. E., Johri, P. Data and Communication Networks: Proceeding of GUCON2018. Sydney: Springer, 2019. pp. 51–52.
8. Langr, J., Bok, V. GANs in Action: Deep Learning with Generative Adversarial Networks. New York: Manning Publications Company, 2019. pp. 66–67.
9. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. Санкт-Петербург: Питер, 2017. С. 101–102.
10. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. Санкт-Петербург, 2018. С. 56–57.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА АСУТП ГИБКИ И СВАРКИ ТРУБ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В ХОДЕ МОДЕРНИЗАЦИИ И ПЕРЕБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

DEVELOPMENT OF THE PROJECT PROCESS CONTROL SYSTEM OF BENDING AND WELDING OF PIPES FROM STAINLESS STEEL DURING MODERNIZATION AND REFINING THE PRODUCTION

**K. Nesterov
O. Tolstel
S. Nesterov
E. Grishin**

Summary. This article describes the process of developing an integrated process control system for an enterprise for the production of stainless steel pipes, based on the combination of local automation systems into a factory information technology system. Briefly describes the technological cycle of the production, the equipment used, its features, as well as its change as a result of the introduction of the process control system. Describes the requirements for quality control of products and methods for this control. The features and composition of the process control system are explained. The items of equipment included in the process control system are listed, their technical characteristics are given, their choice is justified. Software and their structure, the interaction of elements in the system, the main tasks solved by the process control system and their influence on the quality of the finished product are described. The technical and economic analysis and justification of the application of the process control system for this production is carried out.

Keywords: PCS, SCADA systems, systems for continuous quality control of products, systems for continuous monitoring of equipment condition.

Нестеров Кирилл Сергеевич;

Главный инженер, ООО «Промдиагностика»
nesterovKS@promdiag.bizml.ru

Толстель Олег Владимирович
К.т.н, доцент, БФУ им. Им. Канта
tolstel.oleg@mail.ru

Нестеров Сергей Валериевич
К.ф.-м.н, ООО «Алгоритм-Софт»
serg0044@mail.ru

Гришин Евгений Сергеевич
Директор, ООО «Промдиагностика»

Аннотация. В данной статье описывается процесс разработки комплексной АСУТП предприятия по производству труб из нержавеющей стали, на основе объединения локальных САУ в единую информационно-технологическую систему. Кратко описывается технологический цикл данного производства, используемое оборудование, его особенности, а также его изменение в результате внедрения АСУТП. Описываются требования к контролю качества выпускаемой продукции и методы этого контроля. Объясняются особенности и состав АСУТП. Перечисляются элементы оборудования, включаемые в систему АСУТП, приводятся их технические характеристики, обосновывается их выбор. Описываются программные средства и их структура, взаимодействие элементов в системе, основные задачи, решаемые АСУТП и их влияние на качество выпускаемой готовой продукции. Производится технико-экономический анализ и обоснование применения системы АСУТП для данного производства.

Ключевые слова: АСУТП, SCADA системы, системы непрерывного контроля качества продукции, системы непрерывного контроля состояния оборудования.

Введение

Предприятие ООО «Технотюб» специализируется на производстве сварных нержавеющей труб для широкого круга потребителей. Производство нержавеющей труб со сварным швом включает в себя применение сварочного оборудования. Независимо от того, какой именно метод сварки применяется (электросварка, сварка лазером, сварка плазмой, сварка пучками электронов), суть процесса одинакова: лист (штрипса — плоская заготовка в виде рулона) из нержавеющей стали сворачивается при помощи валков прокатного стана, и края его соединяются с помощью сварного шва.

После этого шов зачищается, шлифуется и проходит все необходимые испытания, доказывающие его прочность. Последний этап труба проходит калибровку и нарезается на куски нужной длины. Согласно ГОСТ 11068–81 (Трубы электросварные из коррозионностойкой стали. Технические условия) [1] допустимый диаметр сварных труб из нержавеющей сталей (от 8 до 102 мм) и допустимая толщина их стенок — от 0,8 до 4 мм. С целью контроля качества продукции, контроля соответствия фактического процесса производства технологическим картам и схемам для различных видов материалов и подтверждения параметров продукции потребителям на предприятии планируется создание АСУТП.

Существующий уровень автоматизации

В настоящее время на предприятии функционирует пять прокатных станов и участок подготовки ленты (плоской заготовки) из нержавеющей стали (машина нарезки из рулонов материала), а также планируется установка стана для производства труб с повышенными требованиями для химической и атомной промышленности). В АСУТП планируется включение станов с лазерным процессом сварки и монтируемым станом. Всего — до пяти прокатных станов и участок подготовки заготовок.

В настоящее время линии по производству труб представляют собой систему локальных САУ на микроконтроллерах различных производителей (Siemens, Omron) [2], [3] синхронизируемых перемещаемой заготовкой. Используется оборудование итальянского производства [4]. Для большинства применений качества получаемых изделий достаточно. Оборудование позволяет выпускать полированные и шлифованные трубы, калиброванные по основным геометрическим параметрам.

К недостаткам существующей системы производства можно отнести следующее:

1. Фиксация параметров технологического процесса не ведется, связь номера партии выпущенной продукции и параметров ее жизненного цикла производства установить невозможно.
2. Невозможно контролировать соответствие параметров технологического процесса производства технологической карте из базы данных для различных видов и марок стали.
3. Техническое обслуживание оборудования и полировку валков, устранение возникающих дефектов производят по наработке.

Создаваемый уровень

После внедрения АСУТП будут решены следующие задачи и произойдут изменения организации и контроля процесса производства:

1. Для различных марок стали будут контролироваться значимые параметры технологического процесса в соответствии с базой данных [5], содержащей требуемые параметры технологического процесса в зависимости от марки сырья и его геометрических параметров.
2. Все значимые параметры технологического процесса будут фиксироваться в базе данных, номер партии будет связан с набором технологических параметров.
3. Качество продукции будет непрерывно контролироваться методами неразрушающего контроля

4. Процесс производства будет визуализирован, контроль работы оборудования будет производиться непрерывно и будет доступен всем лицам, контролирующим производственный процесс
5. Будет производиться непрерывный контроль состояния оборудования на основе анализа тенденций изменения (ухода) технологических параметров от рабочих характеристик. Соответственно, будет формироваться логический вывод о необходимости проведения ТО или приобретении ЗИП для элементов оборудования, могущих отказать [6]. Будет накапливаться знания по поиску неисправности в оборудовании в базе данных, что позволит снизить простои оборудования вследствие отказов.
6. Управление ТО и ТР будет производиться с использованием ЕАМ, что позволит снизить затраты на процесс ТО и ТР и прогнозировать необходимые ресурсы.

Технические характеристики оборудования

АСУТП будет получать сигналы от контроллеров локальных САУ, для контроля качества продукции будут смонтированы дополнительные датчики, обеспечивающие ультразвуковую диагностику качества сварного шва и толщины стенки трубы. Данные будут собираться в локальные интеллектуальные станции на базе контроллеров Siemens S7-1500 (по одной на стан) с блоками расширения и коммуникационными модулями для ввода сигналов с САУ оборудования и дополнительно установленных датчиков.

АСУТП реализуется на ПО верхнему уровню Master SCADA Российской разработки (ООО «ИнСат»), что обеспечит поддержку ПО разработчику в случае осложнения международной обстановки и введении санкций. Система имеет внедрения на многих промышленных предприятиях, объектно-ориентирована, работает как SoftLogic система, т.е. формирует код для всей линейки объектов, включаемых в АСУТП. Общее число внедрений Master SCADA системы составляет десятки тысяч практически во всех отраслях промышленности в России, ближнем и дальнем зарубежье (данные с ULR: <https://insat.ru/products/?category=9>) [7].

Для SCADA и задач анализа и обработки данных планируется создание аппаратной АСУТП и помещения оператора, в котором размещается оборудование верхнего уровня (сервера, рабочие станции) и коммуникационное оборудование (коммутаторы промышленных протоколов, преобразователи интерфейсов). Оборудование защищается системой бесперебойного электропитания, обеспечивающей работу системы не менее 30 минут. [8]



Рис. 1. Структурная схема АСУТП

Серверное оборудование размещается в запираемом шкафу, оборудованном системой поддержания микроклимата (температура, влажность), либо отдельном помещении, оборудованном системой контроля и управления доступом и поддержанием микроклимата, необходимого для работы оборудования.

Оператор размещается за пультом, оборудованном тремя мониторами 27 дюймов и профессиональным дисплеем 70 дюймов для отображения общей схемы технологического процесса или вывода необходимой подсистемы.

Серверное оборудование включает:

1. Сервер базы данных технологических карт — 1 шт.
2. Сервер опроса — 2 шт.
3. Сервер архивации (СУБД MS SQL или MySQL) — 1 шт.

4. Сервер вспомогательных аналитических систем.

Структурная схема АСУТП приведена на рис. 1

Образцы оборудования проектируемых контроллеров приведены на рис. 2

В связке с АСУТП на производство внедряется система диагностики состояния оборудования собственной разработки, выполняющая анализ потока диагностических данных, которое будет функционировать как программно-аппаратное средство, позволяющее осуществлять раннюю диагностику неисправностей технологического оборудования, в том числе работающее и как элемент систем CMMS и EAM. Это позволит предотвращать технологические аварии, своевременно корректировать порядок регламентного обслуживания оборудования и его ремонтов и экономить в результате значительные

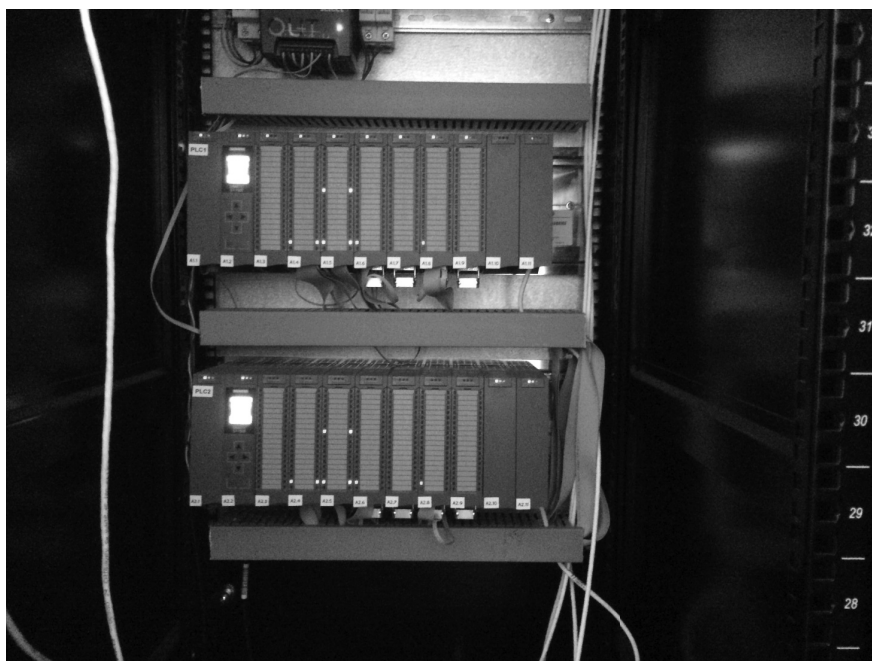


Рис. 2. Контроллеры Siemens S7–1500

финансовые ресурсы. Система позволяет сделать вывод о текущем состоянии наблюдаемого оборудования, что позволяет проводить его обслуживание по фактическому состоянию [9]. Система получает информацию как от верхнего уровня АСУТП, так и с уровня контроллеров или дополнительно введенных контроллеров с набором необходимых датчиков.

Основные технические параметры продукта для локальной реализации системы:

1. Объем одновременно анализируемых параметров по одной единице оборудования — не менее 100.
2. Объем одновременно анализируемых единиц оборудования — не менее 1000
3. Периодичность обновления информации о состоянии оборудования — не реже 1 раз в 5 мин.
4. Глубина хранения архива технологической информации — не менее 3 месяцев
5. Вероятность точного прогноза состязания оборудования (ожидаемого отказа и его типа) — не менее 80%

Исследования показали, что, по факту, не менее 50% регламентных ремонтов выполняются без особой необходимости. Также, в некоторых случаях, это приводит к снижению безотказности работы оборудования (временной или постоянной). Эффективность стратегии обслуживания по состоянию оценивается в 30% стоимости общего парка машин.

Расчеты показывают, что внедрение АСУТП и обслуживание по фактическому состоянию позволяет:

1. Сократить количество обслуживаний на 50%
2. Сократить затраты на обслуживание на 75%
3. Уменьшить количество отказов на 70% за первый год работы
4. Снизить издержки вследствие внезапных отказов оборудования
5. Снизить, времена простоя при поиске неисправности.

Заключение

Внедрение системы АСУТП на объекте автоматизации даст следующие положительные результаты:

1. Позволит производить непрерывный контроль качества производимой продукции.
2. Позволит производить контроль состояния парка используемого промышленного оборудования и оптимизировать затраты на его обслуживание.
3. Позволит руководящему персоналу предприятия контролировать ход технологического процесса и его значимые параметры.

Благодарности

The work was supported by Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the agreement No.14.578.21.0141 (unique project identification number RFMEFI57815X0141).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 11068–81 (Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия)
2. Официальный сайт ООО «Сименс» [Электронный ресурс] <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1500.htm>
3. Официальный сайт Omron Electronics LLC [Электронный ресурс] <https://industrial.omron.ru/ru/products/programmable-logic-controllers>
4. Официальный сайт Guzzetti SPA [Электронный ресурс] <http://www.guzzetti.com/en/azienda/>
5. Типовая отраслевая база данных технологического назначения для автоматизированного формирования комплектов технологической документации по всем видам технологических переделов
6. Stephan H., Karl F. Knowing plant — Decision supporting and planning for engineering design // Intelligent Systems in Design and Manufacturing III. Proc. SPIE. 2000. P. 376–384.
7. Официальный сайт ООО «ИнСАТ» [Электронный ресурс] <https://insat.ru/products/?category=1536>
8. Е. С. Калинина, С. В. Нестеров, О. В. Толстель. Диагностика и аппаратное моделирование неисправностей промышленного оборудования. // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 10. ISSN2223–2095, e-ISSN2310–3698. С. 82–86 (перечень ВАК).
9. Научно-технический отчет «Разработка базовой схемы построения программно-аппаратного комплекса непрерывной диагностики промышленного оборудования и его основных подсистем. Разработка правил диагностики и логических выводов о состоянии оборудования». Учен 19/08/2016 номер НИОКРТ АААА-А16–116081910018–2

© Нестеров Кирилл Сергеевич (nesterovKS@promdiag.bizml.ru),

Толстель Олег Владимирович (tolstel.oleg@mail.ru), Нестеров Сергей Валериевич (serg0044@mail.ru), Гришин Евгений Сергеевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Балтийский федеральный университет им. И. Канта

ТОЧЕЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КОШИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

POINTWISE MODELING AND SOLVING CAUCHY PROBLEMS FOR NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

V. Osipov
V. Osipova

Summary. The method of pointwise representations (pointwise modeling) as a method of mathematical modeling of differential and integral equations using spline step models, and a pointwise representation of functions and operators is considered in the work. The finite-dimensional arising in this case models are homomorphic images of the corresponding objects, which have the highest possible degree of adequacy, which increases as soon as dimension increases until the complete equivalence. Algebraic structures of pointwise representations are considered. It is shown that the algebra $AM(0, T)$ in the space of all piecewise continuous bounded functions defined on a finite time interval $[0, T]$ with a binary operation of ordinary multiplication can naturally be used as the basis for pointwise modeling of linear and nonlinear processes described by differential and integral equations of various types. Pointwise representations for various operations on functions are obtained. A pointwise model of a homogeneous nonlinear differential equation is constructed, a theorem on the existence of its point solution is proved.

Keywords: Approximately operator methods and analytical modeling, the method of point representations, modeling point of differential equations, vector representing the point.

Осипов Владимир Владимирович

К.ф.-м.н., доцент, Сибирский федеральный университет
va-osipova@ya.ru

Осипова Вера Александровна

К.т.н., доцент, Сибирский федеральный университет
vv-osipov@ya.ru

Аннотация. В работе рассматривается метод точечных представлений (точечного моделирования) как метод математического моделирования дифференциальных и интегральных уравнений использующий, сплайновые ступенчатые модели, и точечное представление функций и операторов. Возникающие при этом конечномерные модели есть гомоморфные образы соответствующих объектов, имеющие максимально возможную степень адекватности, увеличивающуюся с ростом размерности до полной эквивалентности. Рассмотрены алгебраические структуры точечных представлений. Показано, что алгебра $AM(0, T)$ в пространстве всех кусочно-непрерывных ограниченных функций, определенных на конечном временном промежутке $[0, T]$ с бинарной операцией обычного умножения естественным образом может быть положена в основу точечного моделирования линейных и нелинейных процессов, описываемых дифференциальными и интегральными уравнениями различного типа. Получены точечные представления для различных операций над функциями. Построена точечная модель однородного нелинейного дифференциального уравнения, доказана теорема о существовании его точечного решения.

Ключевые слова: Приближенно-аналитические операторные методы моделирования, метод точечных представлений, точечное моделирование дифференциальных уравнений, точечный изображающий вектор.

Математическими моделями динамических процессов и систем служат дифференциальные и интегральные уравнения различного типа. В общем случае нелинейные, аналитическое решение которых возможно лишь в редких случаях. Поэтому часто применяют численные методы, которые эффективны для некоторого класса задач, но лишены аналитичности. В связи с этим остается актуальной разработка и применение приближенно-аналитических операторных методов моделирования, основанные на алгеброизации дифференциальных и интегральных уравнений. К наиболее распространенным таким методам относятся метод точек [1], и операторные методы, предложенные учеными [2; 3], метод изображающих векторов [4] и другие. Все они имеют свои достоинства и свои недостатки. В данной работе речь пойдет о методе точечных представлений (точечного моделирования), использующем сплайновые ступенчатые модели и точечное представление функций и операторов.

1. Точечное представление функций

Определение 1. Точечным изображающим вектором функции $f(t) \in M(0, T)$ — пространству всех кусочно-непрерывных ограниченных функций, определенных на временном конечном промежутке $[0, T]$ называется N -вектор

$$\bar{f}_T = \text{Colon} [f(t_1^{(N)}), \dots, f(t_v^{(N)}), \dots, f(t_N^{(N)})] \leftarrow \overline{f(t)}, \quad (1)$$

ассоциированный с чебышевской N -сеткой I рода

$$t_v^{(N)} = T \frac{2v-1}{2N} \left(v = \overline{1, N} \right). \quad (2)$$

При этом условимся определять значение $f(t_k^{(N)})$ в некоторой точке $t_k^{(N)}$ из этой сетки, являющейся точкой возможного конечного разрыва непрерывности функции, как среднее арифметическое ее значений слева и справа.

Определение 2. Инволютивным точечным изображением функции $f(t) \in M(0, T)$ или, просто, инволюцией называется диагональная матрица

$$f_T^* = \text{Diag} \left[f(t_1^{(N)}), \dots, f(t_v^{(N)}), \dots, f(t_N^{(N)}) \right] (N \times N), \quad (3)$$

которая ставится в однозначное соответствие точечному изображающему N -вектору \bar{f}_T составленная из тех же элементов с тем же порядком их следования.

2. Алгебраические структуры точечных представлений

Пусть $M(0, T)$ есть пространство всех кусочно-непрерывных ограниченных функций, определенных на временном конечном промежутке $[0, T]$. Сделаем его нормированным, вводя Sup -норму

$$\text{Sup}_{t \in [0, T]} |f(t)| = \|f\|; \quad f(t) \in M(0, T). \quad (4)$$

Тогда $C(0, T)$ — пространство всех непрерывных на $[0, T]$ функций становится подпространством в $M(0, T)$, причем

$$\|\varphi\| = \text{Sup}_{t \in [0, T]} |\varphi(t)| = \text{Max}_{t \in [0, T]} |\varphi(t)|;$$

$$\forall \varphi(t) \in C(0, T) \subset M(0, T).$$

Пространства $M(0, T)$ и $C(0, T)$ относительно введенной нормы становятся полными, т.е. банаховыми [11]. Пространство $M(0, T)$ оказывается, вместе с тем, и гильбертовым пространством $L_2(0, T)$ с соответствующей нормой.

Поскольку произведение любых двух функций из $M(0, T)$ снова окажется функцией пространства $M(0, T)$, то оно становится замкнутым множеством относительно операции умножения со свойством нормы (4)

$$\|f \cdot \varphi\| \leq \|f\| \cdot \|\varphi\|; \quad f(t), \varphi(t) \in M(0, T). \quad (5)$$

и окажется не только банаховым пространством, но образует коммутативную банахову алгебру с единицей $\|1\| = 1$. Обозначим ее символом $AM(0, T)$.

Очевидно, $AC(0, T)$ — банахова алгебра с единицей всех непрерывных на $[0, T]$ функций будет подалгеброй алгебры $AM(0, T)$.

В функциональном пространстве $M(0, T)$ может быть введена и другая бинарная операция элементов — операция свертки, обобщающая операцию вольтеровского интегрирования, и определяя этим сверточную алгебру $ASM(0, T)$, которая, однако, не имеет единичного эле-

мента. Она — подалгебра сверточной алгебры обобщенных функций с единичным элементом в виде δ -функции $\delta(t)$ — сингулярной обобщенной функции.

Такая более широкая нормированная (в смысле L_1 -нормы) сверточная алгебра с единицей, обозначенная символом $ASL_1(0, T)$, лежит в основе точечного моделирования линейных динамических процессов, что подробно рассмотрено в работах [5; 6].

Алгебра $AM(0, T)$ с бинарной операцией элементов в виде обычного умножения естественным образом может быть положена в основу точечного моделирования линейных и нелинейных динамических процессов, описываемых дифференциальными и интегральными уравнениями различного типа.

Функциональное пространство $M(0, T)$ будет гомоморфно отображаться на N -мерное векторное пространство R_T^N — точечных изображающих векторов (1), в частности, с нормой

$$\|\bar{f}_T\| = \text{Sup}_v |f(t_v^{(N)})| \leq \|f\| = \text{Sup}_{t \in [0, T]} |f(t)| \quad (6)$$

Гомоморфизм $T_N: M(0, T) \xrightarrow{T_N} R_T^N$ означает, что точечный изображающий N -вектор \bar{f}_T (1) является образом не одной функции $f(t) \in M(0, T)$, а целого множества функций, таких, что разность между любыми двумя представителями из этого множества есть функции вида

$$r_M(t) = \alpha_N(t) \cos N\pi \frac{t}{T}; \quad \alpha_N(t) \in M(0, T) \quad (7)$$

с нулями в узлах N -сетки (2), поэтому их точечные преобразования имеют нулевой образ в R_T^N . Множество функций (7) образует ядро $\text{Ker } T_N$ гомоморфизма T_N :

$$\{\text{Ker } T_N / T_N r_N(t) = 0\} \quad (8)$$

Всякая функция $f(t)$ из $M(0, T)$, доопределенная до четной периодической, имеет приближающую модель $M_N(f; t)$ в форме квадратурной N -суммы Фурье, построенной по отчетам $f(t_v^{(N)})$ ($v = \overline{1, N}$) в узлах N -сетки (2). Поэтому точечные изображающие N -векторы $f(t) \in M(0, T)$ и ее модели $M_N(f; t) \in M(0, T)$ оказываются одинаковыми, т.е. преобразованием T_N они отображаются в один и тот же элемент $\bar{f}_T \in R_T^N$. Их разность принадлежит ядру (8) гомоморфизма T_N : $f(t) - M_N(f; t) = r_N(t) \in \text{Ker } T_N$ и, следовательно $f(t) = M_N(f; t) + r_N(t)$

т.е. всякая функция из $M(0, T)$ представляется в виде суммы своей интерполяционной модели, построенной по узлам чебышевской N -сетки (2) и некоторого элемента из ядра $\text{Ker } T_N$ гомоморфизма T_N . Последний играет

роль ошибки приближения интерполяционной моделью. При $N \rightarrow \infty$ ошибка отождествляется с нулем в метрике $L_2(0, T)$ (в среднеквадратичном), т.к.

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \int_0^T [f(t) - M_N(f;t)]^2 dt = \lim_{N \rightarrow \infty} \int_0^T [r_N(t)]^2 dt = 0$$

и, следовательно, сходимости

$$\lim_{N \rightarrow \infty} M_N(f;t) = f(t) \text{ и } \lim_{N \rightarrow \infty} r_N(t) = 0 \tag{9}$$

имеют место почти всюду на $[0, T]$ (т. Карлесона)[8].

Множество $S_M(0, T)$ интерполяционных моделей функций $M_N(0, T)$ образует пространство, являющееся N -мерным подпространством в $M(0, T)$. Отображение M

$(0, T) \xrightarrow{P_N} S_N(0, T)$ есть описанный уже гомоморфизм T_N с ядром (8). Множества $S_N(0, T)$ и R_T^N эквивалентны, т.к. между их элементами существует взаимно однозначное соответствие. Как пространства они изометрически изоморфны.

Отметим также, что пространство $M(0, T)$ является одновременно коммутативной банаховой алгеброй $AM(0, T)$ относительно бинарной операции обычного умножения. Пространство R_T^N точечных векторных изображений как гомоморфный образ пространства $M(0, T)$, также обладает таким свойством.

Отсюда следует, что множество R_T^N точечных векторных изображений с введенной операцией покомпонентного умножения образует относительно Sup -нормы (6) при любых N коммутативную банахову алгебру с единицей. Обозначим ее символом AR_T^N . Поскольку для любых $f(t)$ и $\varphi(t)$ из $M(0, T)$ справедливо представление $T_N[f(t)\varphi(t)] = T_N[f(t)] \cdot T_N[\varphi(t)] = \bar{f}_T \boxtimes \bar{\varphi}_T$, то точечное преобразование T_N при любых N реализует непрерывный гомоморфизм не только пространства $M(0, T)$ на пространство R_T^N , но и соответствующих банаховых алгебр

Однако, отображение $P_N: M(0, T) \xrightarrow{P_N} S_N(0, T)$ уже таким свойством не обладает, поскольку $S_N(0, T)$ — пространство N -мерных интерполяционных моделей функции из $M(0, T)$, имеющих вид квадратурных сумм Фурье по системе косинусов, не является алгеброй относительно обычного умножения, как бинарной операции.

Множество сплайновых моделей

$$Sp_N^0(\bar{f}_T; t) = \sum_{v=1}^N f(t_v^{(N)}) \pi_N(t - t_v^{(N)}); f(t) \in M(0, T), \tag{10}$$

ассоциированных с чебышевской N -сеткой (2) и с интерполяционными элементами

$$\pi_N(t - t_v^{(N)}) = \begin{cases} 1 & t \in \left(t_v^{(N)} - \frac{T}{2N}, t_v^{(N)} + \frac{T}{2N} \right); (v = \overline{1, N}), \\ 0 & t \notin \left(t_v^{(N)} - \frac{T}{2N}, t_v^{(N)} + \frac{T}{2N} \right) \end{cases} \tag{11}$$

имеющих вид прямоугольных импульсов единичной высоты [5,6,7,9], образуют не только Sup -нормированное пространство $Sp_N^0(0, T)$ ступенчатых интерполяционных форм, являющимся N -мерным подпространством в $M(0, T)$, но и коммутативную банахову алгебру ASp_N^0 с единицей относительно операции обычного умножения, которая оказывается подалгеброй алгебры AM . Иначе говоря, пространство ASp_N^0 , как множество ступенчатых интерполяционных форм, замкнуто относительно бинарной операции обычного умножения. Кроме того,

$$Sp_N^0(\bar{1}_T; t) = 1 \in M(0, T).$$

Таким образом, гомоморфное отображение π_N пространства $M(0, T)$ на свое подпространство $Sp_N^0(0, T)$ сплайновых моделей переходит в гомоморфизм алгебры AM на алгебру ASp_N^0 , причем последняя при любых N изометрически изоморфна алгебре AR_T^N .

При $N \rightarrow \infty$ последовательность $\{Sp_N^0(\bar{f}_T; \tau)\}$ ступенчатых интерполяционных форм сходится почти всюду (п.в.) к любой функции $f(t) \in M(0, T)$, а если последняя непрерывна, то сходимость будет равномерной. При этом функции из $M(0, T)$, составляющие ядро $Ker T_N$ гомоморфизма T_N , сходятся почти всюду к нулю, а сами гомоморфизмы π_N и T_N становятся изометрическими изоморфизмами алгебр ASp_N^0 и AR_T^N .

Множество инволютивных изображений функции $M(0, T)$, как диагональных матриц, снабженных Sup -нормой (6), образует линейное пространство $(R_T^N)^*$, эквивалентное пространству R_T^N . В нем, очевидным образом, определена и коммутативная операция произведения элементов.

Существует и инволютивная единица — единичная матрица E_N :

$$1_T^* = Diag[1, \dots, 1, \dots, 1] = E_N$$

со своим естественным свойством

$$E_N \cdot f_T^* = f_T^* \cdot E_N = f_T^* = (\bar{f}_T \boxtimes \bar{1}_T)^*.$$

Таким образом, множество $(R_T^N)^*$ инволютивных точечных изображений не только линейное нормированное пространство, но и коммутативная алгебра AR_T^N с единицей. При любом N она изометрически изоморфна алгебре AR_T^N точечных векторных изображений функций из алгебры AM .

Э. Точечное представление операций

Для точечного изображения произведения двух функций из AM будут иметь место следующие представления

$$T_N[f(t)\varphi(t)] = \bar{f}_T \boxtimes \bar{\varphi}_T = f_T^* \cdot \bar{\varphi}_T = \varphi_T^* \cdot \bar{f}_T;$$

$$f(t), \varphi(t) \in AM, \tag{12}$$

т.е. при всяком N точечное изображение произведения двух функций из алгебры AM будет равно произведению инволютивного точечного изображения одной из них, как диагональной матрицы, на точечное векторное изображение другой.

Могут быть получены и точечные представления для различных алгебраических операций над функциями, как элементами алгебры AM .

Так пусть $x(t)$ — элемент алгебры AM . Тогда, его точечные представления \bar{X}_T и X_T^* будут элементами изометрически изоморфных алгебр AR_T^N и $A(R_T^N)^*$

$$\left. \begin{aligned} T_N \boxtimes \bar{X}_T &= Colon \left[x(t_1^{(N)}), \dots, x(t_v^{(N)}), \dots, x(t_N^{(N)}) \right] \in AR_T^N; \quad a) \\ T_N \boxtimes X_T^* &= Diag \left[x(t_1^{(N)}), \dots, x(t_v^{(N)}), \dots, x(t_N^{(N)}) \right] \in A(R_T^N)^*. \quad б) \end{aligned} \right\}$$

Для квадрата $x^2(t)$ получим, согласно (12), точечные представления:

$$T_N x^2(t) = \bar{X}_T \cdot \bar{X}_T = X_T^* \cdot \bar{X}_T = \bar{X}_T^{[2]} = (X_T^*)^2 \cdot \bar{1}_T =$$

$$= Colon \left[x^2(t_1^{(N)}), \dots, x^2(t_v^{(N)}), \dots, x^2(t_N^{(N)}) \right]$$

И вообще, для всякой степени γ функции $x(t) \in AM$, будем иметь представления

$$[x(t)]^\gamma = x^\gamma(t) \xrightarrow{T_N} (X_T^*)^\gamma \cdot \bar{1}_T = \bar{X}_T^{[\gamma]} =$$

$$= Colon \left[x^\gamma(t_1^{(N)}), \dots, x^\gamma(t_v^{(N)}), \dots, x^\gamma(t_N^{(N)}) \right].$$

Очевидно представление

$$a_k(t)[x(t)]^k \xrightarrow{T_N} A_{kt}^* \cdot \bar{X}_T^{[k]} =$$

$$= Diag \left[a_k(t_1^{(N)}), \dots, a_k(t_v^{(N)}), \dots, a_k(t_N^{(N)}) \right] \bar{X}_T^{[k]}$$

при всех $a_k(t)$ из $M(0, T)$ и всяких целых k .

Оно обобщается на полиномы n -ой степени:

$$a_0(t)1 + \sum_{k=1}^n a_k(t)[x(t)]^k \xrightarrow{T_N} A_{0T}^* \cdot \bar{1}_T + \sum_{k=1}^n A_{kt}^* \cdot \bar{X}_T^{[k]} =$$

$$= \bar{A}_{0T} + \sum_{k=1}^n A_{kt}^* \cdot \bar{X}_T^{[k]}.$$

В частности, для функционального бинорма Ньютон будем иметь:

$$(x(t) + x_0)^n = [x(t)]^n + \sum_{k=1}^n C_n^{n-k} [x(t)]^{n-k} \cdot x_0^k \xrightarrow{T_N} \xrightarrow{T_N} X_T^{[n]} + \sum_{k=1}^n C_n^{n-k} \bar{X}_T^{[n-k]} \cdot x_0^k,$$

где C_n^{n-k} есть биномиальные коэффициенты

$$C_n^{n-k} = C_n^k = \frac{n(n-1) \cdot \dots \cdot (n-k+1)}{k!} = \frac{n!}{k!(n-k)!}; \quad (k=0, 1-n).$$

Укажем точечное представление более общего возможного варианта сложной функции $F(x(t); t) \in M(0, T)$:

$$F(x(t); t) \xrightarrow{T_N} T_N[F(x(t); t) \cdot 1] = F_T^*(\bar{X}) \cdot \bar{1}_T =$$

$$= Diag \left[F(x(t_1^{(N)}); t_1^{(N)}), \dots, F(x(t_v^{(N)}); t_v^{(N)}), \dots, \right.$$

$$F(x(t_N^{(N)}); t_N^{(N)}) \left. \right] \cdot \bar{1}_T = Colon \left[F(x(t_1^{(N)}); t_1^{(N)}), \dots, \right.$$

$$F(x(t_v^{(N)}); t_v^{(N)}), \dots, F(x(t_N^{(N)}); t_N^{(N)}) \left. \right] = \bar{F}_T(\bar{X}) \tag{13}$$

Рассмотрим точечное представление для функционального произведения $t \cdot x(t)$ из AM .

Согласно (12), будем иметь

$$t \cdot x(t) \xrightarrow{T_N} (t)_T^* \cdot \bar{X}_T = \theta \cdot \bar{X}_T,$$

где символом θ обозначена диагональная матрица — инволютивное точечное изображение множителя t , имеющая компонентами узлы чебышевской N -сетки (2):

$$(t)_T^* = \theta = Diag \left[t_1^{(N)}, \dots, t_v^{(N)}, \dots, t_N^{(N)} \right] (N \times N). \tag{14}$$

Она играет роль точечного представления оператора умножения функции $x(t) \in M(0, T)$ на независимую переменную t . Узлы N -сетки (2) являются простыми и положительными собственными значениями тэта-матрицы (14). Их совокупность, т.е. сама чебышевская N -сетка (2), образует спектр этой матрицы. Всякая функция $x(t)$ из $M(0, T)$ определена, очевидно, на спектре матрицы θ при любом N , поэтому определена и $x(\theta)$ — функция матричного аргумента θ , причем окажется:

$$x(\theta) = Diag \left[x(t_1^{(N)}), \dots, x(t_v^{(N)}), \dots, x(t_N^{(N)}) \right] = X_T^*,$$

и, следовательно, точечно-векторное изображение \bar{X}_T функций $x(t) \in M(0, T)$ может быть записана в виде $\bar{X}_T = T_N[x(t) \cdot 1] = X_T^* \cdot \bar{1}_T = x(\theta) \cdot \bar{1}_T$.

Для произвольного функционального произведения $x(t)y(t)$ из AM будем иметь:

$$x(t)y(t) \xrightarrow{T_N} T_N[x(t)y(t)] = x(\theta)\bar{Y}_T = y(\theta)\bar{X}_T$$

и для всякой сложной функции $F(x(t); t) \in M(0, T)$, указанной в (13), окажется

$$\begin{aligned} F(x(t); t) \xrightarrow{T_N} T_N[F(x(t); t) \cdot 1] &= F(x(\theta); \theta) \cdot \bar{1}_T = \\ &= Colon[F(x(t_1^{(N)}); t_1^{(N)}), \dots, F(x(t_v^{(N)}); t_v^{(N)}), \dots, F(x(t_N^{(N)}); t_N^{(N)})] = \\ &= \bar{F}_T(\bar{X}). \end{aligned} \tag{15}$$

Это представление может быть обобщено на случай функций нескольких переменных.

4. Точечная модель однородного нелинейного дифференциального уравнения

Используя введенные точечные представления операций над функциями, в качестве иллюстрации найдем точечную модель задачи Коши для следующего однородного нелинейного дифференциального уравнения 1-го порядка:

$$\frac{dx(t)}{dt} + a(t)x(t) + \alpha \cdot F(x(t); t) = 0; x(0) = x_0; \alpha \geq 0 \tag{16}$$

на временном промежутке $[0, T]$.

Или для эквивалентного ему интегрального уравнения:

$$x(t) + \int_0^t a(\eta)x(\eta)d\eta + \alpha \cdot \int_0^t F(x(\eta); \eta)d\eta = x_0; t \in [0, T] \tag{17}$$

Предполагая принадлежность указанных функций пространству $M(0, T)$, введем их точечно-векторные представления, ассоциированные с чебышевской N -сеткой I-рода (2) и формульно определенные в предыдущем параграфе.

Можем написать:

$$\begin{aligned} x(t) \xrightarrow{T_N} T_N[x(t) \cdot 1] &= x(\theta) \cdot \bar{1}_T = \bar{X}_T = \\ &= Colon[x(t_1^{(N)}), \dots, x(t_v^{(N)}), \dots, x(t_N^{(N)})]; \\ a(t)x(t) \rightarrow T_N[a(t)x(t)] &= a(\theta) \cdot \bar{X}_T = A_T^* \cdot \bar{X}_T = \\ &= Diag[a(t_1^{(N)}), \dots, a(t_v^{(N)}), \dots, a(t_N^{(N)})] \cdot \bar{X}_T, \end{aligned}$$

а также, согласно (15), будем иметь:

$$\begin{aligned} F(x(t); t) \rightarrow F(x(\theta); \theta) \cdot \bar{1}_T &= \bar{F}_T(\bar{X}_T) = \\ &= Colon[F(x(t_1^{(N)}); t_1^{(N)}), \dots, F(x(t_v^{(N)}); t_v^{(N)}), \dots, F(x(t_N^{(N)}); t_N^{(N)})]. \end{aligned}$$

Тогда точечное преобразование интегрального уравнения (17) дает следующее векторно-матричное равенство

$$\bar{X}_T + \lambda_0 J(Z) \cdot A_T^* \cdot \bar{X}_T + \alpha \cdot \lambda_0 J(Z) \cdot \bar{F}_T(\bar{X}_T) = x_0 \cdot \bar{1}_T, \tag{18}$$

где $\lambda_0 J(Z)$ ($N \times N$) есть матрица интегрирования введенная в [5; 6, 10]:

$$\begin{aligned} \lambda_0 J(Z) &= \lambda_0 \left[E_N + 2 \sum_{k=1}^N Z^k \right] = \\ &= \frac{T}{2N} \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & \\ 2 & 1 & & & & & & \\ \vdots & & \ddots & \ddots & & & & \\ 2 & 2 & \dots & 2 & 1 & & & \\ \vdots & & & & & \ddots & \ddots & \\ 2 & 2 & \dots & 2 & 2 & \dots & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (N \times N) \tag{19} \end{aligned}$$

Уравнение (18) есть точечная модель задачи Коши для уравнения (16).

Умножим обе стороны уравнения (18) на матрицу $J(Z)^{-1}$, обратную матрице $J(Z)$ в (19).

В результате получим иную точечную модель поставленной задачи (16), эквивалентную модели (18):

$$\begin{aligned} [J(Z)^{-1} + \lambda_0 \cdot A_T^*] \bar{X}_T + \alpha \lambda_0 \cdot \bar{F}_T(\bar{X}_T) &= \\ = x_0 \cdot J(Z)^{-1} \cdot \bar{1}_T = x_0 \bar{1}_{TZ} \end{aligned} \tag{20}$$

Если иметь в виду следующее явное представление для матрицы $J(Z)^{-1}$

$$\begin{aligned} J(Z)^{-1} &= \left(\frac{E_N + Z}{E_N - Z} \right)^{-1} = \frac{E_N - Z}{E_N + Z} = J(-Z) = E_N + 2 \sum_{k=1}^N (-Z)^k = \\ &= E_N - \frac{2Z}{E_N + Z} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & \\ -2 & 1 & & & & & & \\ \vdots & \ddots & \ddots & & & & & \\ (-1)^k 2 & \dots & -2 & 1 & & & & \\ \vdots & & & & \ddots & \ddots & & \\ (-1)^N 2 & \dots & (-1)^k 2 & \dots & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (N \times N) \end{aligned}$$

а также диагональную форму матрицы A_T^* и возникающее единичное зигзагообразное точечное векторное представление правой части в уравнении (20)

$$J(Z)^{-1} \cdot \bar{1}_T = Colon[1, -1, \dots, (-1)^k, \dots, (-1)^N] = \bar{1}_Z,$$

то модель (20) запишется в виде

$$(E_N + \lambda_0 A_T^*) \bar{X}_T + \alpha \lambda_0 \cdot \bar{F}_T(\bar{X}_T) = x_0 \bar{1}_{TZ} + \frac{2Z}{E_N + Z} \cdot \bar{X}_T,$$

а в развернутой форме предстанет в виде следующей системы скалярных уравнений для отдельных компонент искомого N -вектора \bar{X}_T — точечного вектора решения $x(t)$ $t \in [0, T]$ поставленной задачи (16):

$$\left. \begin{aligned} (1 + \lambda_0 a_1)x_1 + \alpha \lambda_0 F_1 &= x_0; \\ (1 + \lambda_0 a_2)x_2 + \alpha \lambda_0 F_2 &= -x_0 + 2x_1; \\ (1 + \lambda_0 a_3)x_3 + \alpha \lambda_0 F_3 &= x_0 - 2x_1 + 2x_2; \\ \dots &\dots \\ (1 + \lambda_0 a_k)x_k + \alpha \lambda_0 F_k &= (-1)^{k-1} x_0 + 2 \sum_{m=1}^{k-1} (-1)^{k-1-m} \cdot x_m; \\ \dots &\dots \\ (1 + \lambda_0 a_N)x_N + \alpha \lambda_0 F_N &= (-1)^{N-1} x_0 + 2 \sum_{m=1}^{N-1} (-1)^{N-1-m} \cdot x_m. \end{aligned} \right\} (21)$$

Здесь для краткости записи введены обозначения

$$\left. \begin{aligned} x_k &= x(t_k^{(N)}), & a) \\ F_k &= F(x(t_k^{(N)}); t_k^{(N)}) & б) \end{aligned} \right\} (k = \overline{1, N})$$

для компонент соответствующих точечных изображающих векторов, а символами a_k ($k = \overline{1, N}$) обозначены элементы матрицы A_T^* , т.е. величины

$$a(t_k^{(N)}) = a_k \quad (k = \overline{1, N}).$$

Предполагая известными значения параметров α и

$$\lambda_0 = \frac{T}{2N},$$

а также x_0 , обозначим алгоритм решения системы (21).

Найдем вещественный корень первого нелинейного алгебраического уравнения в (21). Это будет первая координата $x_1 = x(t_1^{(N)})$ искомого N -вектора \bar{X}_T . Подставим его в правую часть второго уравнения и, решая его, найдем $x_2 = x(t_2^{(N)})$ — вторую координату вектора \bar{X}_T . Решая далее третье уравнение при известной уже его правой части, определим $x_3 = x(t_3^{(N)})$. Действуя подобным образом и далее, определим последовательно и все другие компоненты вектора \bar{X}_T — точечного решения поставленной задачи Коши.

Таким образом, задача сводится к последовательному решению нелинейных алгебраических уравнений одного типа, но с разными правыми частями — последовательно определяемыми найденными решениями

предыдущих уравнений. Естественно, предполагается наличие всех таких решений. Очевидно, условия их существования при всех N и T и будут условиями существования решения поставленной задачи (16).

Точечную векторно-матричную модель (20) нашей задачи и, следовательно, ее развернутую форму (21), представим в виде разрешенном относительно вектора \bar{X}_T :

$$\begin{aligned} \bar{X}_T &= x_0 [J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^*]^{-1} \cdot \bar{1}_{TZ} - \\ &- \alpha \lambda_0 [J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^*]^{-1} \cdot \bar{F}_T(\bar{X}_T) = \bar{X}_{0T} + \bar{X}_{FT} \end{aligned} \quad (22)$$

Введены понятия:

$$1. \quad \bar{X}_{0T} = x_0 [J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^*]^{-1} \cdot \bar{1}_{TZ} \quad (23)$$

— линейной части точечного решения рассматриваемой задачи, определяемая ненулевым начальным условием x_0 и характеристической матрицей модели (20)

$$A_T^* = Diag[a(t_1^{(N)}), \dots, a(t_k^{(N)}), \dots, a(t_N^{(N)})] = Diag[a_1, \dots, a_k, \dots, a_N];$$

$$2. \quad \bar{X}_{FT} = -\alpha \lambda_0 [J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^*]^{-1} \cdot \bar{F}_T(\bar{X}) \quad (24)$$

— нелинейной части, определяемой, кроме матрицы A_T^* , точечным представлением $\bar{F}_T(\bar{X})$ нелинейной функции $F(x(t); t)$ задачи (16) и значением параметра $\alpha \geq 0$.

Эти решения есть точечно-векторные изображения соответствующих временных составляющих:

$$x_0(t) \xrightarrow{T_N} \bar{X}_{0T} a) \quad \text{и} \quad x_F(t) \xrightarrow{T_N} \bar{X}_F б)$$

Они, очевидно существуют, если будут существовать точечные представления (23) и (24) при всех T и $N \geq \infty$. Последнее будет иметь место, если при этом окажется невырожденной матрица

$$[J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^*]$$

и, следовательно, существование обратной матрицы в указанных точечных решениях, а также принадлежность N -вектора $\bar{F}_T(\bar{X})$ нормированному векторному пространству R_T^N при всех T и N (и фиксированном значении параметра

$$\lambda_0 = \frac{T}{2N}),$$

т.е. ограниченность функции $F(x(t); t)$ на $[0, T]$ при всех $T \geq \infty$.

При $\alpha = 0$ будем иметь только линейную составляющую как возможный частный вариант решения задачи Коши для возникающего линейного уравнения

$$\frac{dx_0(t)}{dt} + a(t)x_0(t) = 0; \quad x_0(0) = x_0,$$

точечная модель которого возникает из (24) при $\alpha = 0$ и имеет вид

$$\left[J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^* \right]^{-1} \cdot \bar{X}_{0T} = x_0 \bar{1}_{TZ},$$

определяя точечное решение (23).

Как некоторый итоговый результат может быть доказано следующее утверждение:

Утверждение. Точечное решение \bar{X}_T поставленной задачи (16), определяемое ее точечной моделью (20), существует при всех конечных T и всяких $N \leq \infty$, если при этом будут выполняться условия положительности величин

$$(1 + \lambda_0 a_k) = [1 + \lambda_0 a(\lambda_0(2k - 1))] > 0; \quad k = (\overline{1, N}),$$

которые гарантирует существование матрицы

$$\left[J(Z)^{-1} + \lambda_0 A_T^* \right]^{-1}$$

в представлении (22) для \bar{X}_T , и конечность нелинейной функции $|F(x(t); t)|$ $t \in [0, T]$, т.е. конечность Sup -нормы N -вектора $\bar{F}_T(\bar{X}) : \|\bar{F}_T(\bar{X}_T)\| = \text{Sup}_k [F(x(t_k^{(N)}); t_k^{(N)})] < \infty$.

Точечное решение \bar{X}_T из пространства R_T^N определится представлением (22) или эквивалентной ему системой нелинейных уравнений (21), которая может быть

решена последовательным определением компонент $x_k = x(t_k^{(N)})$ $k = (\overline{1, N})$ N -вектора $\bar{X}_T \in R_T^N$, по которым найдется сплайновая (ступенчатая) форма

$$Sp_N^0(\bar{X}_T; t) = \sum_{k=1}^N x(t_k^{(N)}) \pi_N(t - t_k^{(N)}); \quad t \in [0, T] \quad (25)$$

как элемент пространства $S_N(0, T) \subset M(0, T)$, эквивалентного пространству R_T^N , являющаяся приближающей интерполяционной моделью решения $x(t) \in M(0, T)$ задачи (16).

Сплайновая модель (25) при этом становится точным представлением решения $x(t) \in M(0, T)$ задачи (16), а ее точечный изображающий N -вектор $\bar{X}_T \in R_T^N$, определяемый при конечных N гомоморфной точечной моделью (20), становится ее предельным точным представлением.

Предложенный метод точечного моделирования, как приближенно-аналитический метод, основанный на алгеброизации дифференциальных и интегральных уравнений, расширяет возможности исследования реальных систем, позволяет достаточно просто преобразовывать и приближенно представлять в векторно-матричной форме дифференциальные уравнения, описывающие динамические системы на конечных временных промежутках. В результате задачи теории управления переводятся в задачи линейной алгебры и конечномерного функционального анализа, для решения которых эффективно используются вычислительные методы и компьютерные технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пухов Г. Е. Введение в теорию метода точек // Труды Таганрогского радиотехнического института. — 1954. — Вып. 1. — С. 47–77.
2. Саух С. Е. Численные операторные методы, основанные на рядах Ньютона // Электронное моделирование. — 1996. — № 4. — С. 63–69.
3. Васильев, В. В. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем. Научное издание / В. В. Васильев, Л. А. Симак. — Киев, НАН Украины, 2008. — 256 с.
4. Осипов, В. М. Основы метода изображающих векторов / В. М. Осипов. -Осипов, В. В. Точечное моделирование и преобразования Лапласа и Фурье / В. В. Осипов. / — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. — 416 с.
5. Осипов В. В. Моделирование динамических процессов методом точечных представлений. Красноярск: СФУ, 2012. — 304 с. — ISBN978–5–7638–2538–1. Режим доступа: <http://www.studentelibrary.ru/book/ISBN9785763825381.html>.
6. Альберт Дж. Теория сплайнов и её приложения / Дж. Альберт, Э. Нильсон, Дж. Уолш: пер. с англ. — М.: Мир, 1972, — 319с.
7. Курош А. Г. Курс высшей алгебры М: Наука, 1965. — 431 с.
8. Завьялов Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко. — М.: Наука, 1980. — 353 с.
9. Ланкастер П. Теория матриц / 2-е изд. — М.: Наука, 1982, — 272 с.
10. Тихомиров В. М. Банахова алгебра. Дополнение к кн. Колмогоров А. Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа. 7-у изд. — М.: Наука, 2004. -19 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ В ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Полубояринов Владимир Юрьевич

Аспирант, Государственный университет «Дубна»
rbl-omr@mail.ru

DATA SYNCHRONIZATION SYSTEM IN DISTRIBUTED ELECTRONIC DOCFLOW SYSTEM DEVELOPMENT

V. Poluboyarinov

Summary. In current article, the distributed electronic docflow system is described. System architecture model, used for development, is presented. Data protection problem and data synchronization is reviewed.

Keywords: distributed system, electronic docflow, system architecture, data synchronization, data protection.

Аннотация. В представленной работе описана распределенная система электронного документооборота. Представлена модель системной архитектуры, использованной для реализации системы. Рассмотрена проблема защиты данных от несанкционированного доступа и синхронизации данных в описанной системе.

Ключевые слова: распределенная система, электронный документооборот, системная архитектура, синхронизация данных, защита данных.

Введение

В настоящее время большие программные системы все чаще и чаще являются распределенными [1]. Этот подход позволяет добиться таких преимуществ, как масштабируемость, отказоустойчивость, более высокая производительность.

Однако, распределенные системы обладают и недостатками:

- ◆ сложность разработки, обусловлена необходимостью учёта разных системных архитектур и разных аппаратных конфигураций серверов;
- ◆ проблемы с информационной безопасностью, обусловленные возможностью получения доступа к системе и хранимым данным в различных местах, что повышает возможность перехвата сообщений внутри сети;
- ◆ алгоритмическая сложность взаимодействия элементов системы.

Поэтому проблема организации, хранения и передачи данных электронных документов в подобных системах достаточно сложна.

В статье описано предложенное и реализованное решение данной проблемы, в области электронного документооборота.

Постановка задачи

Цель — разработка системы электронного документооборота обеспечивающей разграничение доступа к данным для разных групп пользователей и повышение степени защиты данных от несанкционированного доступа за счет использования двухконтурной системы.

Для достижения поставленной цели необходимые решение следующих задач:

- ◆ разработка архитектуры системы;
- ◆ разработка системы электронного документооборота;
- ◆ разработка механизма синхронизации контуров.

Требования к разработке:

- ◆ защита данных внутреннего контура от несанкционированного доступа;
- ◆ возможность ввода и коррекции документа пользователем внешнего контура;
- ◆ синхронизация изменений, вносимых в документы пользователями обоих контуров.

Разработка архитектуры

Разработанная и реализованная архитектура информационной системы электронного документооборота,

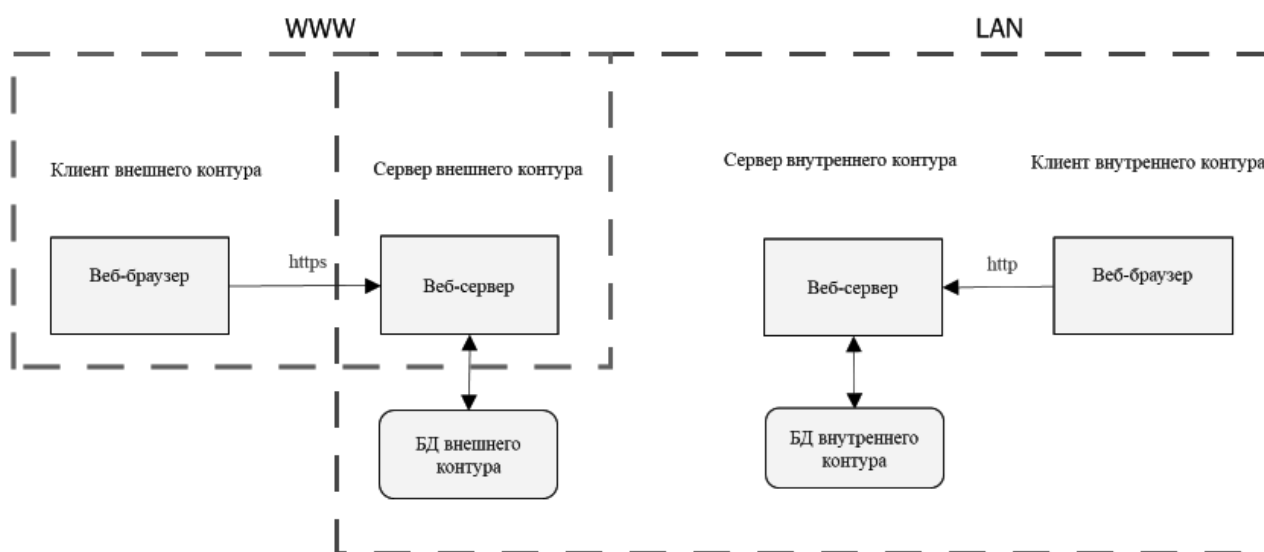


Рис. 1. Обобщенная архитектура двухконтурной системы с синхронизацией БД

состоит из двух контуров [2] (Рис. 1.). Каждый контур размещен на отдельном сервере.

Первый (внешний) контур используется для сбора данных от внешних контрагентов организации.

Второй (внутренний) предназначен для работы сотрудников организации.

Особенность предложенной архитектуры системы обеспечивает разграничения хранимой информации с целью запрета несанкционированного доступа к информации, хранимой на внутреннем контуре извне. Таким образом хотя оба контура находятся в одной локальной сети, только внешний контур имеет интерфейс доступа в сеть Интернет.

Клиент со своего автоматизированного рабочего места вводит пакет документов. При этом осуществляется контроль логической правильности вводимых данных.

Пакет документов состоит из основного документа, связанных документов и служебной информации. Под связанными документами понимается различная техническая документация, сопроводительные документы, подтверждающие документы. Служебная информация содержит данные из справочных систем, систем классификации и другие данные, регулируемые законодательством.

Описание механизма синхронизации

Для реализации предъявленных требований создан и разработан алгоритм, позволяющий передавать ин-

формацию с контура на контур. К алгоритму предъявлялись следующие требования:

- ◆ Копирование всех связанных документов и служебной информации с контура на контур.
- ◆ Сохранение защищенности внутреннего контура от взаимодействия извне.
- ◆ Возможность передачи различных наборов данных.
- ◆ Проверка ссылочной целостности электронного документа;
- ◆ Создание простого и быстрого инструментария формирования правил синхронизации отдельного пакета документов.

По сформулированным выше требованиям разработан и реализован алгоритм системы синхронизации данных.

Процесс синхронизации

Синхронизация — процесс устранения различий в нескольких копиях данных [3].

Сформированный пользователем внешнего контура пакет документов попадает в очередь синхронизации. Очередь синхронизации представляет собой служебную таблицу в БД, в которой хранится служебная информация: дата создания записи, флаг выполнения, идентификаторы документа на обоих контурах, а также информация о проведенной над документом операции.

Механизм синхронизации выполняется с определенным временным интервалом и пытается выполнить



Рис. 2. Схема процесса синхронизации документа

процедуру синхронизации всех документов, стоящих в очереди.

Набор сущностей БД, участвующих в синхронизации, может меняться с течением времени. Для описания того, какие объекты необходимо включать в синхронизацию и каким образом их необходимо синхронизировать, существуют так называемые правила синхронизации.

Правила синхронизации организованы в виде специальных сущностей, в которых указаны связанные объекты и имя связи, которой они связаны. Эти сущности инкапсулированы в программный код и у каждого документа есть свои правила синхронизации, в которых перечислены объекты, напрямую связанные с ним, а у тех, в свою очередь, есть свои правила синхронизации, в которых указаны их связанные сущности.

Спускаясь по правилам синхронизации от самих документов, механизм синхронизации формирует полную структуру объектов и взаимосвязей между ними. При этом, при помощи названий связей между объектами, можно производить проверку ссылочной целостности в базе между объектами, участвующими в синхронизации.

Процесс синхронизации происходит следующим образом (Рис. 2.): для синхронизируемого документа формируется структура взаимосвязей со связанными документами на основе правил синхронизации. Проводится проверка документа на наличие в нем ошибок целостности. Далее, подготавливается SQL-транзакция для изменения данных на другом контуре.

Если документ уже участвовал в синхронизации, находятся измененные в нем данные и производится модификация только этих данных. Если же документ в синхронизации не участвовал, по подготавливается транзакция на вставку этого документа. Подготовленная транзакция применяется. Если применение транзакции происходит удачно, то последним шагом данные о завершённом процессе синхронизации записываются в журнал синхронизации на обоих контурах.

Далее пользователь внутреннего контура осуществляет проверку семантической корректности данных. В случае если документ составлен корректно, он считается принятым и редактирование документа на обоих контурах запрещается. В противном случае, документ отправляется на доработку со специальной пометкой о том, что надо изменить в документе.

Заключение

Спроектированная и реализованная двухконтурная архитектура системы позволяет защитить данные внутреннего контура от несанкционированного доступа.

Разработанный и реализованный механизм синхронизации обеспечивает возможность передачи документов между базами без использования каких-либо сторонних протоколов передачи данных.

Разработанный и реализованный инструментальный набор правил синхронизации обеспечивает возможность простого и быстрого формирования набора данных в процессе передачи отдельного пакета документов.

В литературных источниках описание подобного подхода к решению проблемы синхронизации данных в распределенных системах электронного документооборота не встречается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э. М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: ПИТЕР, 2010.
2. Цимбал А. А., Аншина М. Технологии создания распределенных систем. СПб.: Питер, 2012.
3. Шляхтина С. Синхронизация данных — КомпьютерПресс. — 2005. — № 7.

© Полубояринов Владимир Юрьевич (rbl-omr@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Государственный университет «Дубна»

МЕТОД ЭФФЕКТИВНОЙ РАССТАНОВКИ БЕСПРОВОДНЫХ ТОЧЕК ДОСТУПА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

METHOD OF EFFICIENT WIRELESS ACCESS POINTS INSTALLATION FOR FORMING WIRELESS INFORMATION TRANSFER ENVIRONMENT IN DISTANCE EDUCATION SYSTEMS

**O. Romashkova
V. Samoylov**

Summary. The article discusses issues of resource efficiency of a wireless information environment. The existing approaches to the calculation of the radio coverage area are analyzed and a new criterion for the formation of radio coverage is proposed. A method of effective access points installation is being developed, which can be used to form a wireless information environment for transmitting speech in distance education systems.

Keywords: efficiency, voice quality, speech information, distance education systems, radio coverage.

Ромашкова Оксана Николаевна

*Д.т.н., профессор, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
ox-rom@yandex.ru*

Самойлов Вячеслав Евгеньевич

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»
Г. Москва, Россия
samoilov.1992@list.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы эффективности использования ресурсов беспроводной информационной среды. Проводится анализ существующих подходов к расчёту области радиопокрытия и предлагается новый критерий для формирования радиопокрытия. Разрабатывается метод эффективной расстановки точек доступа, который можно использовать для формирования беспроводной информационной среды передачи речи в системах дистанционного образования.

Ключевые слова: эффективность, качество передачи речи, речевая информация, системы дистанционного образования, радиопокрытие.

Введение

Современное образование уже давно вышло за рамки помещений в образовательных учреждениях. Многообразие образовательных курсов, статей, литературы, образовательного видео и аудио контента, объединённых посредством сети интернет, даёт свободу самообразованию, делает процесс обучения мобильным, свободным от привязки к местности. Однако, в процессе самообразования всегда возникают вопросы, которые невозможно решить без живого общения с преподавателем. Именно эти факторы стали первопричиной развития концепции дистанционного образования [1–4]. Современные системы дистанционного образования (СДО) пока только начинают развиваться и выделяться в науке как отдельное явление, отсутствие комплексных методов, позволяющих качественно спроектировать СДО, рождает необходимость в их разработке [1, 4–6]. Кроме того, с практической стороны развитие любой отрасли зависит от экономических факторов, следовательно, не стоит забывать о повышении эффективности использования уже существующих ресурсов.

Постановка задачи

Повсеместно используемые технологии беспроводного доступа предоставляют пользователю высокую мобильность, удобство и комфорт в использовании современных цифровых устройств. Внедрение беспроводных технологий в образовательный процесс привнесло новые возможности в образовательные методики. Поскольку важным этапом в процессе образования является непосредственное общение обучающегося с преподавателем, то одной из основных задач инфокоммуникационных сетей, используемых в СДО, является качественная передача речевого трафика в условиях ограниченности ресурсов [1–4]. Одной из ключевых задач развития СДО является повышение эффективности передачи речевого трафика при ограниченной пропускной способности каналов существующих инфокоммуникационных сетей.

Современные методы проектировки радиопокрытия основаны на принципах формирования «плотного» покрытия [7, 8]. Использование подобной концепции

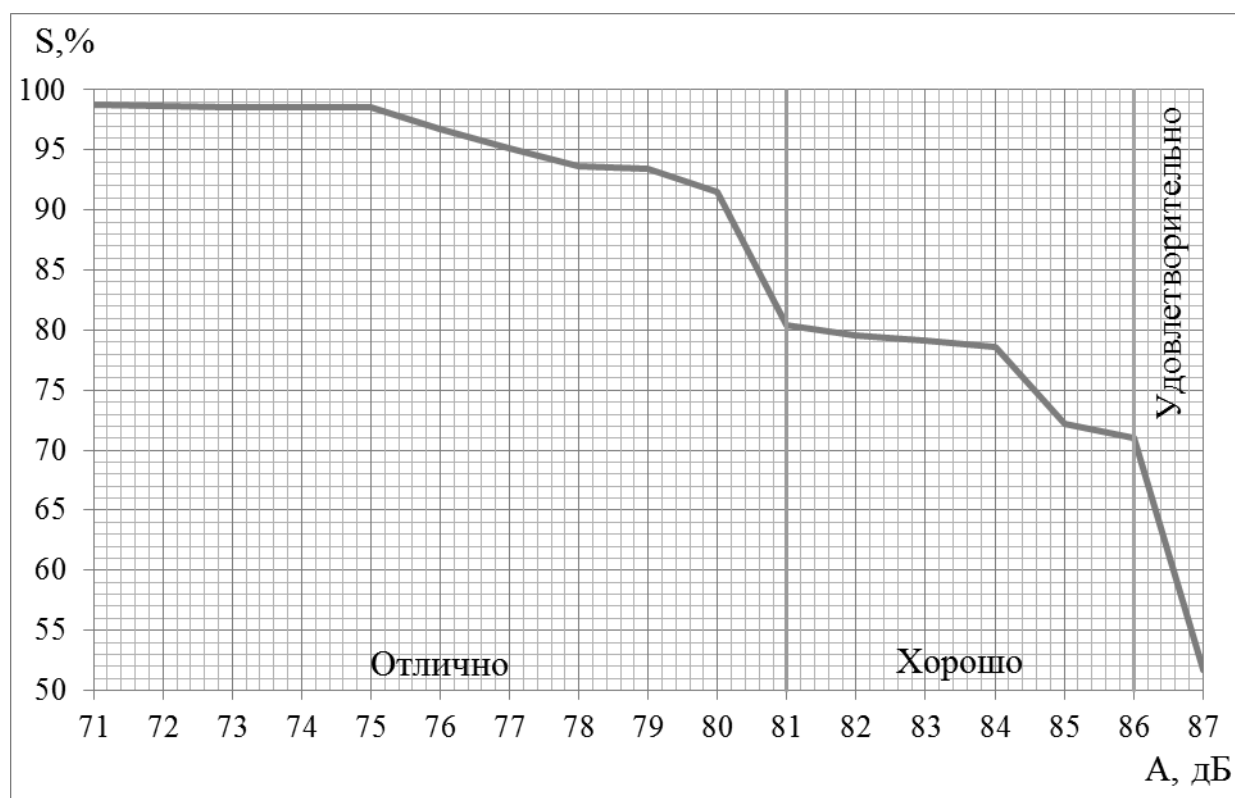


Рис. 1. Зависимость слоговой разборчивости от затухания в канале связи

в условиях ограниченности ресурсов позволяет организовать систему с высоким качеством передачи речевой информации, но с низкоэффективным использованием существующих ресурсов. Существует и другой подход, можно сформировать радиопокрытие таким образом, чтобы использовалось как можно меньше точек доступа, но при этом закрывалась вся площадь помещения [7, 8]. Такая концепция позволит максимально эффективно использовать существующие ресурсы, и это будет работать для передачи данных, но в случае передачи речевой информации в некоторых областях будут наблюдаться существенные потери речевых пакетов. Так в работах

[9–11] была проведена оценка качества передачи речевой информации в радиоканале диапазона 2,4 ГГц. В результате оценки была получена зависимость слоговой разборчивости от затухания в канале связи (рисунок 1), которая показала, что существует область затуханий, в которой качество передачи речевой информации плавно ухудшается. Это ухудшение связано с потерей и отбраковкой речевых пакетов, в результате чего теряется группа речевых отсчетов [12–16]. К сожалению, на данный момент, не существует алгоритмов, способных восстановить утерянную часть речевой информации.

Поскольку, зная выходную мощность сигнала, от значений затуханий можно перейти значениям мощности сигнала в заданной точке пространства или значениям дальности связи [14–16], то представленную зависимость можно использовать в качестве критерия эффективности использования ресурсов беспроводной информационной среды.

Метод эффективной расстановки беспроводных точек доступа

Опираясь на оценку качества передачи речевой информации, можно разработать метод эффективной расстановки беспроводных точек доступа для формирования беспроводной информационной среды передачи речи в СДО. Метод представлен в виде конкретных шагов:

1. Задать необходимое качество передачи речевой информации в значениях слоговой разборчивости или градациях оценки качества передачи «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
2. Расположить точку доступа на плане помещения.
3. Определить зону покрытия без препятствий.
4. Скорректировать зону радиопокрытия точки доступа с учётом препятствий.

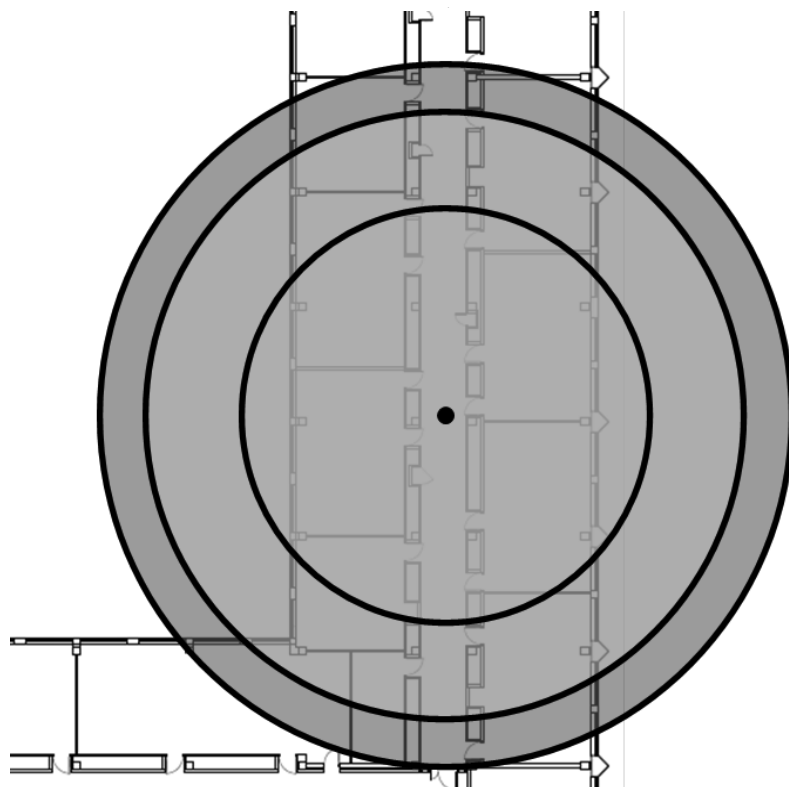


Рис. 2. Зона радиопокрытия точки доступа с ненаправленной антенной, рассчитанная для свободного пространства

5. Если рассчитанная зона радиопокрытия не перекрывает необходимую область, то передвинуть точку доступа так, чтобы с заданным качеством перекрывалась максимально возможная территория.
6. Скорректировать зону радиопокрытия точки доступа.
7. Добавить на план ещё одну точку доступа.
8. Повторить шаги 3–7.

Рассмотрим подробнее каждый шаг метода:

1. Задать качество передачи речевой информации. Очевидно, что от необходимого качества передачи речевой информации будет зависеть зона радиопокрытия точки доступа. Если необходимо высокое качество передачи речевой информации, с оценкой «отлично» (будем использовать оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «нет связи»), то область затуханий, в которой речевая информация передаётся с оценкой «хорошо», уже не будет нам подходить. Используя результаты оценки качества передачи речевой информации, можно пользоваться не только значениями субъективных оценок, но и значениями слоговой разборчивости.

2. Определение зоны радиопокрытия точки доступа в свободном пространстве. Поскольку в свободном пространстве сигналы не имеют существенных препятствий и распространяются равномерно, то область их распространения в большей степени зависит от диаграммы направленности антенны [7, 8]. Тогда, для ненаправленной антенны со сферической диаграммой направленности и выходной мощностью сигнала 0 дБ, можно построить зону радиопокрытия, представленную на рисунке 2. В центре выделена область, в которой речевая информация передаётся с оценкой «отлично», вторая область — «хорошо», третья область — «удовлетворительно».
3. Перемещение зоны радиопокрытия на план и её корректировка. Для размещения точки доступа на плане необходимо пересчитать значения затухания сигнала в расстояния. После перемещения на план рассчитанной зоны радиопокрытия становится очевидным, что необходимо внести корректировки в местах пересечения зоны радиопокрытия в свободном пространстве и препятствий, таких как стены здания и межкомнатные перегородки. Для этого необходимо сократить ширину зоны радиопокрытия точки доступа в месте соприкосновения рассчитываемой зоны

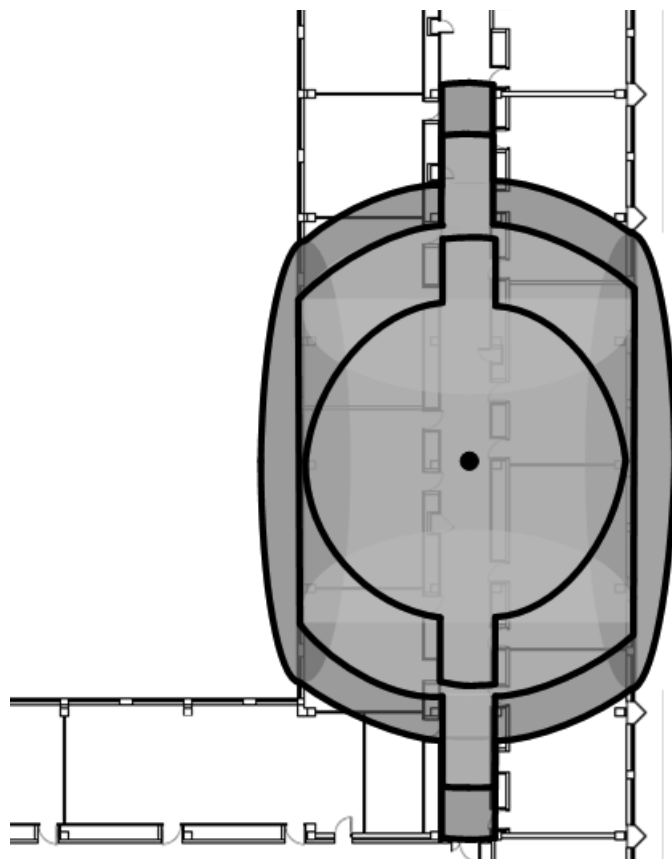


Рис. 3. Зона радиопокрытия точки доступа с ненаправленной антенной в помещении

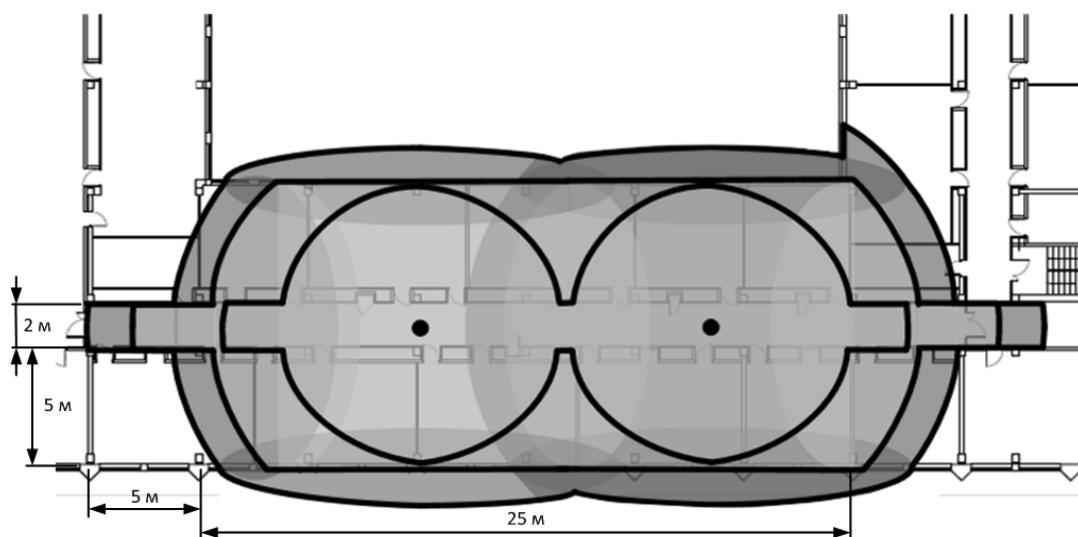


Рис. 4. Зона радиопокрытия двух точек доступа с ненаправленной антенной в помещении

и препятствия на соответствующую величину затухания сигнала. Так среднее значение затухания для межкомнатной стены составляет 20 дБ, соответственно, зона радиопокрытия с учётом этого коэффициента приведена на рисунке 3.

4. Добавление точки доступа. Если необходимая область не перекрывается с заданным качеством обработки речевой информации, то необходимо вводить ещё одну точку доступа. Точки доступа необходимо размещать таким образом, чтобы они закрывали необходимую область как можно больше, но при этом они должны перекрывать друг друга не менее чем на 50%, что является необходимым условием правильно построенного хэндовера [7, 8]. Пример такого размещения точек доступа представлен на рисунке 4.

Кроме того, при расстановке точек доступа, необходимо учитывать и другие общепринятые условия, например, соседние точки доступа должны работать на разных частотных каналах, при чём соседними считаются точки доступа как горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

ВЫВОД

Использование разработанного метода эффективной расстановки беспроводных точек доступа позволит сформировать беспроводную информационную среду передачи речи для систем дистанционного образования, в которой речевая информация передаётся с заданным качеством. Такой подход позволит повысить эффективность использования существующих ресурсов беспроводной информационной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Мониторинг качества образования в средней общеобразовательной организации с использованием современных средств информатизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 4. С. 10–17.
2. Ромашкова О.А., Моргунов А.И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 3. С. 88–95.
3. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Модель образовательного процесса в ВУЗе с использованием сетей Петри // Современные информационные технологии и ИТ-образование, 2017. Т. 13. № 2. С. 131–139.
4. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. № 57. С. 82–87.
5. Ромашкова О.Н., Чискидов С.В., Фролов П.А. Совершенствование информационной технологии решения задач управления в экономических системах // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 10. С. 63–67.
6. Ромашкова О.Н., Маликова О.Н. Имитационная модель делового процесса подключения абонента регионального центра связи // Т-Com: Телекоммуникации и транспорт. 2013. Т. 7. № 12. С. 92–94.
7. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. — М.: Издательство «Уильямс», 2004. — 304 с.
8. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н., Житнов А.А. Искажения энергетического спектра речевого сообщения при использовании технологии Voice over Wi Fi // Телекоммуникации. 2011. № 1. С. 10–12.
9. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 3. С. 39–44.
10. Горелов Г.В., Маркачев С.А., Попов И.Л., Самойлов В.Е. Измерение параметров радиолинии диапазона 2,4 ГГц при исключении влияния многолучевого распространения [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: электрон. научн. журн. 2015. № 1 — Режим доступа: <http://www.science-education.ru/121-18358> (дата обращения: 27.03.2019).
11. Горелов Г.В., Маркачев С.А., Попов И.Л., Самойлов В.Е. К определению зоны эстафетной передачи в сетях сотовой связи технологии многостанционного доступа с кодовым разделением // Проектирование и технология электронных средств. 2015. № 2. С. 51–56.
12. Горелов Г.В., Казанский Н.А., Лукова О.Н. Оценка качества связи в сетях передачи речевых пакетов со случайными прерываниями обслуживания // автоматическое управление и информатика. 1993. Т. 27. № 1. С. 62.
13. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Влияние характеристик русской, испанской и вьетнамской речи на качество передачи цифровой информации // В сб. тр. конф.: Международный симпозиум IEEE по промышленной электронике: материалы междунар. симпозиума IEEE по промышленной электронике, ISIE'96. Варшава, Польша, 1996. Ч. 1. С. 311–313.
14. Горелов Г.В. Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях / Г.В. Горелов, О.Н. Ромашкова, Чан Туан Ань; Под ред. Г.В. Горелова. — М.: Радио и связь, 2001. — 111, [1] с.: ил., табл.;
15. Ромашкова О.Н., Яковлев Р.И. Анализ моделей и методов для оценки живучести инфокоммуникационных сетей в условиях чрезвычайных ситуаций // Т-Com: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 7. С. 165–170.
16. Лукова О.Н. Анализ качества стохастической цифровой передачи речевой информации (методика и ее использование при разработке информационных систем) // автореферат дис. ... кандидата технических наук / Моск. гос. ун-т путей сообщения. Москва, 1994

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

**METHODS OF ENHANCING
THE SUSTAINABILITY
OF THE TRANSPORT NETWORK
OF THE SPECIAL PURPOSE
INTO ACCOUNT INFLUENCE
OF DESTABILIZING FACTORS**

**D. Subbotin
A. Kanaev
A. Ivanin
K. Shcherbak**

Summary. The method of formation of the integral index of stability of functioning of transport network of a special purpose is developed. An algorithm for controlling the stability property, including the implementation of measures to improve the obtained indicators.

Keywords: method, algorithm, integral index of stability, reliability, survivability, functioning of transport network of communication of special purpose, coefficient of operational readiness.

Субботин Дмитрий Васильевич

Преподаватель, Военная академия связи имени
Маршала Советского Союза С. М. Будённого (Санкт-
Петербург)

dmitriy.vas.subbotin@gmail.com

Канаев Андрей Константинович

Д.т.н., профессор, Военная академия связи имени
Маршала Советского Союза С. М. Будённого (Санкт-
Петербург)

Иванин Андрей Николаевич

Адъюнкт, Военная академия связи имени Маршала
Советского Союза С. М. Будённого (Санкт-Петербург)

Щербак Кирилл Павлович

Адъюнкт, Военная академия связи имени Маршала
Советского Союза С. М. Будённого (Санкт-Петербург)

Аннотация. Разработана методика формирования интегрального показателя устойчивости функционирования транспортной сети связи специального назначения. Сформирован алгоритм управления свойством устойчивости, включающий выполнение мероприятий повышения полученных показателей.

Ключевые слова: методика, алгоритм, интегральный показатель устойчивости, надежность, живучесть, функционирование транспортной сети связи специального назначения, коэффициент оперативной готовности.

Интегральным свойством, характеризующим функционирование транспортной сети связи специального назначения (ТрСССН) с учетом воздействия дестабилизирующих факторов (ДФ) различной природы является ее устойчивость $H^{ТрСССН}$. При этом характеристика устойчивости декомпозируется на следующие компоненты: надежность ТрСССН, обусловленная возникновением и воздействием внутрисистемных ДФ, показателем которой является коэффициент готовности $K_{г}^{ТрСССН}$; живучесть как способность сохранять функциональные характеристики в условиях внешних воздействий, показателем которой является коэффициент оперативной готовности ПТСССН $K_{ог}^{ТрСССН}$ [1]. Таким образом устойчивость в указанном смысле характеризуется выражением:

$$H^{ТрСССН} = K_{г}^{ТрСССН} \cdot K_{ог}^{ТрСССН} \quad (1)$$

С учетом вышесказанного возникает необходимость формирования частных подзадач:

1. методик оценки показателей надежности и живучести ТрСССН применительно к решаемой задаче;
2. сравнение полученных значений показателей с требованиями регламентирующих документов;
3. разработка и реализация мероприятий по повышению и обеспечению устойчивости функционирования ТрСССН в случае несоответствия полученных показателей нормативным требованиям.

В качестве критерия оценки устойчивости функционирования ТрСССН используется критерий пригодности.

Критерий пригодности относится к задачам обоснования требований к проектируемым сетям связи с учетом требуемого (заданного) уровня показателей устойчивости и представляет собой неравенство:

$$P_y \geq P_{y_p} \quad (2)$$

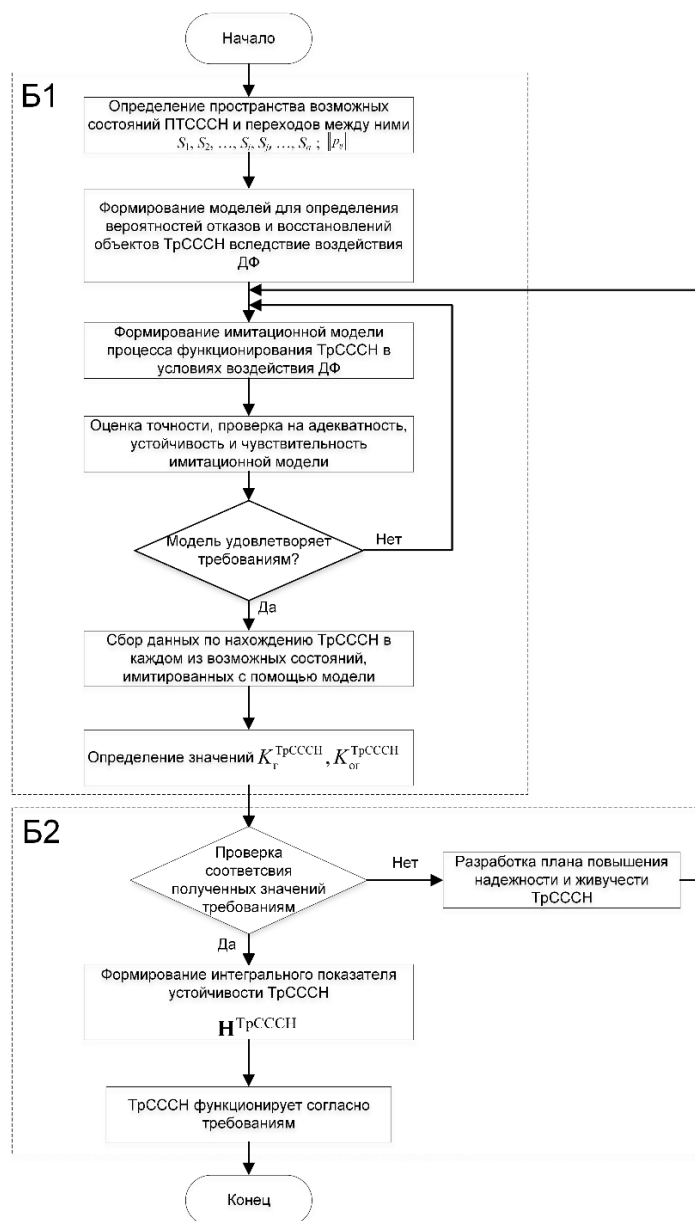


Рис. 1. Блок-схема методики оценки показателей надежности и живучести TrCCSN

где P_y — рассчитанный обобщенный показатель, характеризующий устойчивость функционирования конкретной сети связи и определяемый на основе методики; $P_{y,тp}$ — требуемое (заданное) значение показателя устойчивости функционирования сети связи, определяемое требованиями надежности и живучести.

В процессе функционирования TrCCSN ее узлы, как и вся сеть в целом, могут находиться в одном из возможных состояний, относящихся к работоспособным и к состояниям отказов, обусловленных воздействием эндо- и экзогенных ДФ. Количество состояний и их характеристика определяются исходя из оценки обстановки и могут варьироваться в зави-

симости от объема решаемых задач. Исследование процесса изменения состояний сети связи и ее основных компонентов, получение необходимых результатов проводится с помощью средств имитационного моделирования.

Таким образом, оценка показателей $K_r^{TrCCSN}, K_{ot}^{TrCCSN}$ будет включать в себя следующие этапы (рисунок 1):

1. Определение количества и характеристики возможных состояний TrCCSN: $S_1, S_2, \dots, S_n, S_j, \dots, S_n$ и вероятностей переходов между ними $||p_{ij}||$.
2. Формирование аналитических моделей для определения вероятностей отказов и восстановлений объектов TrCCSN вследствие воздействия ДФ.

Таблица 1. Технические нормы показателей надежности сети электросвязи

Тип сети электросвязи	Наименование показателя	Норма, не менее
Сеть междугородной и международной телефонной связи	Коэффициент готовности K_2	0,999
Сеть зонавой телефонной связи		0,9995
Сеть местной телефонной связи		0,9999
Телеграфная сеть электросвязи и сеть. Телекс		0,9999
Сеть передачи данных		0,99

Таблица 2. Требования к живучести основных направлений связи для трех категорий спецпотребителей в зависимости от ущерба сетей электросвязи, наносимого воздействием внешних ДФ

Уровень ущерба	Ущерб сети связи, наносимый воздействием внешних ДФ, %	Коэффициент оперативной готовности направлений связи для различных категорий спецпотребителей K_{oz}			Коэффициент оперативной готовности для каналов связи обычных потребителей
		1	2	3	
Высокий	До 50	0,80	0,75	0,7	-
Средний	До 30	0,85	0,80	0,75	-
Низкий	До 10	0,9	0,85	0,8	0,8

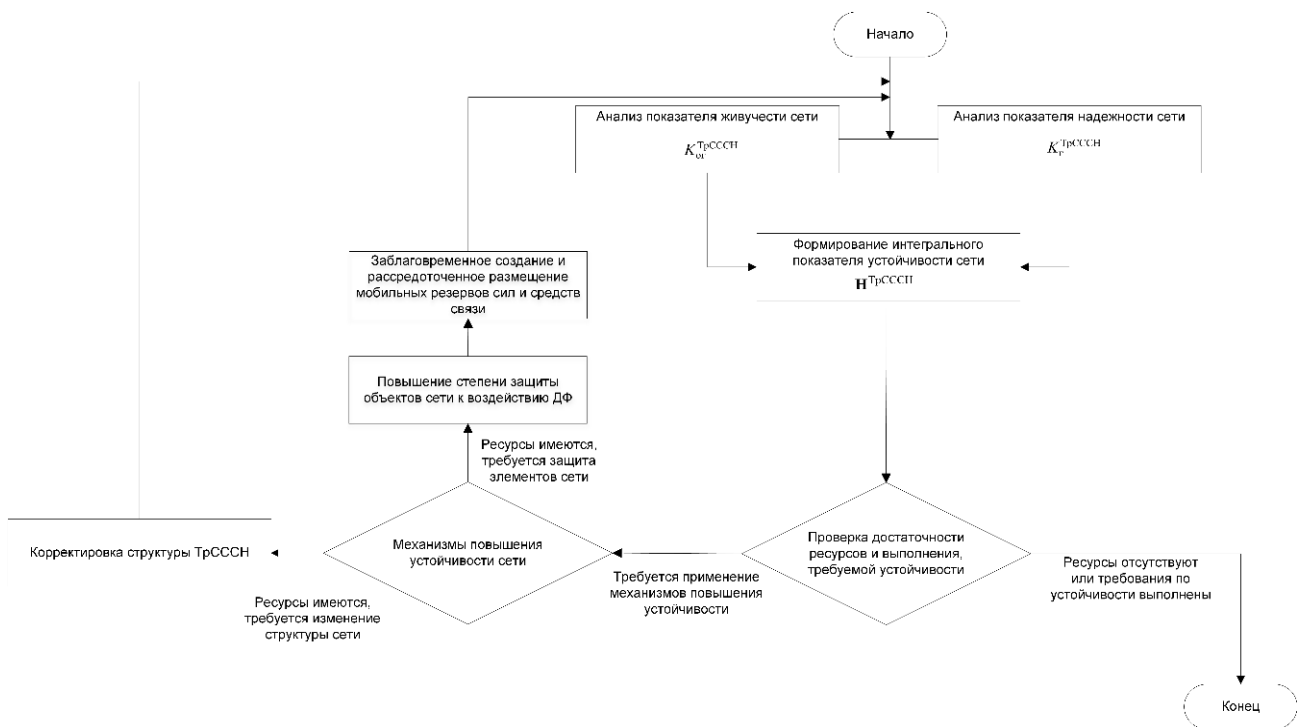


Рис. 2. Алгоритм управления свойством устойчивости функционирования TrCCSN

3. Формирование имитационной модели процесса функционирования TrCCSN с учетом воздействия ДФ.
4. Оценка точности, проверка на адекватность, устойчивость и чувствительность имитационной модели.
5. Сбор данных по нахождению TrCCSN в каждом из возможных состояний, имитированных с помощью модели.

6. Определение значений $K_2^{TrCCSN}, K_{oz}^{TrCCSN}$.
7. Проверка соответствия полученных значений $K_2^{TrCCSN}, K_{oz}^{TrCCSN}$ нормативным требованиям.
8. Формирование интегрального показателя H^{TrCCSN} .

Представленная методика функционально состоит из двух блоков: Б1 — блок модельной части методики,

предназначенный для оценки показателей надежности и живучести, Б2 — блок проверки, формирования предложений по повышению показателей, формирования интегрального показателя устойчивости.

Требования к надежности ТрСССН определяются надежностью передачи сообщений между любой парой узлов связи, то есть надежностью оборудования совокупности каналов передачи, сетевых трактов, узлов и станций сети, за исключением оборудования сети пользователя. Требования к надежности (коэффициенту готовности) сети электросвязи представлены в таблице 1. Требования к надежности (коэффициенту готовности) оборудования сети связи задаются на уровне $K_{з.оборуд.} \geq 0,995$. Коэффициент готовности сети передачи данных в целом задается на уровне $K_z \geq 0,99$ [1].

Реальные значения K_z зависят от протяженности каналов передачи и определяются методами расчета и оценки. Данные значения сравниваются с требованиями к надежности сетей электросвязи. В случае несоответствия расчетных показателей надежности сети связи требуемым значениям необходимо провести мероприятия, направленные на повышение надежности объектовыми (резервирование оборудования связи) и сетевыми (повышение разветвленности сети, резервирование линий связи) методами, и повторить расчетную оценку.

Повышение надежности ТрСССН в процессе эксплуатации может быть достигнуто резервированием, уменьшением времени восстановления, выбором рациональной периодичности работ и объема контролируемых параметров. Разработка и реализация мероприятий по обеспечению и повышению надежности оборудования ТрСССН в процессе эксплуатации основаны на анализе функциональных связей между эксплуатационными и расчетными (проектными) значениями показателей надежности.

Согласно [1] принимается, что при воздействии внешних ДФ отказ любого элемента ТрСССН равновероятен. Поэтому при выбранном возможном уровне ущерба на ТрСССН после воздействия внешних ДФ, значение для всех элементов сети одинаково. Значение выбирают из таблицы по уровню возможного ущерба, причиняемого элементам ТрСССН воздействием внешних ДФ.

В условиях априорной неопределенности модели воздействия на ТрСССН требования к живучести также задаются в соответствии с прогнозируемым уровнем ущерба согласно таблице 2.

В случае несоответствия расчетных показателей надежности и живучести ТрСССН требуемым значениям необходимо провести мероприятия, направленные на повышение показателей объектовыми и сетевыми методами.

Для повышения живучести ТрСССН в условиях воздействия внешних ДФ необходимо осуществить комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий. К ним могут относиться:

- ◆ введение в систему связи структурной и функциональной избыточности;
- ◆ заблаговременное создание и рассредоточенное размещение мобильных резервов сил и средств связи;
- ◆ интеграция существующих систем связи различных ведомств;
- ◆ повышение степени защиты объектов ТрСССН к воздействию поражающих факторов оружия и ЭМИ.

В целом представленная выше методика может составлять суть алгоритма управления свойством устойчивости функционирования ТрСССН, который включает в себя следующие этапы (рисунок 2) [2]:

1. Анализ показателей элементной надежности с учетом применяемых методов;
2. Задание модели воздействия поражающих (повреждающих) факторов;
3. Анализ показателей объектовой живучести с учетом стойкости элементов сети;
4. Расчет интегрального показателя устойчивости;
5. При достаточности ресурсов реализация структурных преобразований или защиты элементов сети.

Таким образом, повышение устойчивости ТрСССН достигается выполнением комплекса мероприятий, направленных на изменение структурных и функциональных характеристик сети, защищенности ее элементов. Разработанный алгоритм обеспечивает реализацию механизмов на изменение данных свойств ТрСССН.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53111–2008 Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. — М.: Стандартинформ, 2009. — 20 с.
2. Сычев К. И. Модели и методы исследования процессов функционирования и оптимизации построения сетей связи следующего поколения (Next Generation Network): дис. ... д-ра технич. наук: 05.12.13 / Сычев Константин Иванович. — М., 2009. — 375 с.

ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ АНИМАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЬНОЙ СЕКЦИИ

SOFTWARE APPROACH TO THE ANIMATION OF VARIOUS MOVEMENTS WITH MODULAR SECTION

V. Taran

Summary. The problems related to computer animation mainly on the web basis are analyzed in scientific article. Based on personal experience in the design of animation software mechanisms universal software approach is suggested. This approach combines the simplicity of actions when developing the animation composition with mobility and availability of the proposed software module and also fit both the times and infrastructure. Design form of modular section has been developed. Potential of using the modular section as plug-in sub-platform for various animation purposes is demonstrated. The opportunity of implementing the animation process according to the desired program code is considered in the context of abstract design forms.

Keywords: programming, software approach, animation, modular section, simple and complex animation, Internet.

Таран Василий Васильевич

К.культурологии, АНО ВО «Московский международный университет», докторант ФГБУН «Всероссийский институт научной и технической информации РАН»
allscience@lenta.ru

Аннотация. В статье анализируются вопросы, связанные с компьютерной анимацией преимущественно на web-основе. На основе авторского опыта проектирования программных механизмов анимации предлагается универсальный программный подход, базирующийся на сочетании простоты действий при составлении анимационной структуры с мобильностью и доступностью предлагаемого программного модуля, а также отвечающий требованиям времени и интернет-инфраструктуре. Разработана дизайн-форма модульной секции. Показана возможность использования модульной секции как встраиваемой под платформы выполнения анимации для различных нужд. На примере абстракции рассмотрена возможность выполнения хода анимации в соответствии с заданным программным кодом.

Ключевые слова: программирование, программный подход, анимация, модульная секция, простая и сложная анимация, Интернет.

Сайтостроение и проектирование отдельных динамически обновляемых модулей для введения дополнительных данных, отображение информации и прочих утилитарных функций, призванных улучшить дизайн-основу сайта, требует обращения к нестандартным программным способам дизайн-проектирования подобных процессов. Различная презентационная графика и представление информации на веб-ресурсах основывается на концепции сочетания разных технологий, позволяющих получить удовлетворяющий результат как с точки зрения потребителя (пользователя), так и с точки зрения разработчика.

В нашей статье будет описан опыт, полученный в результате разработки графического приложения, позволяющего сочетать мобильность заданных алгоритмом действий, с проекционными основами, базирующимися на модульной секции. Модульная секция¹ это некий программный элемент, который может быть встроен в лю-

¹ Модульная секция (modular section) — встраиваемый программный механизм, созданный в целях повышения качества создаваемых анимационных последовательностей на единой интегрируемой платформе, призванный обеспечить оперативное отображение анимационной схемы, посредством различных языков программирования таким образом, чтобы основная оболочка не видоизменялась при использовании и трансляции анимации посредством web-браузера.

бую локальную техническую инфраструктуру сайта. Секция должна иметь небольшую базу данных объектов², которые будут задействованы в индикации и отображении как статических, так и динамических элементов, и должна быть совместима с современными web-технологиями: HTML³, CSS⁴. Вообще подходы к анимированию различных модулей могут сильно отличаться друг

² В качестве управляющей компоненты может быть использован мультипарадигмальный язык SQL (Structured Query Language), который может структурировать графическое содержимое и производить управление самой структурой данных. Лучше использовать последнюю версию языка SQL-2016, поскольку она лучше адаптирована под задачи управления web-графикой, в связи с расширенной поддержкой DCL-оператора (Data Control Language) — оператора, который обеспечивает доступ к привилегированным данным (применяет или отменяет право доступа к содержимому базы данных).

³ HTML (Hyper Text Markup Language) — язык гипертекстовой разметки: универсальный язык, использующийся для создания и упорядочивания содержимого web-страниц в интернет-среде. Различается версиями HTML-2.0, 3.0, 3.2, 4.0, 4.01 (ISO), 5.1, 5.2. Каждая версия содержит важные изменения и включает расширенные дополнения. Для проверки синтаксиса HTML-кода можно использовать HTML Tidy — программу, улучшающую представление кода.

⁴ CSS (Cascading Style Sheets) — каскадные таблицы стилей: средство представления внешнего вида HTML-документа. Взаимодействует с языком гипертекстовой разметки (HTML), для улучшения динамики web-страниц и для их лучшего графического представления. Подразделяется на уровни (соответствующие версиям) CSS-1,2,2.1,3,4. Для предотвращения синтаксических ошибок кода при перекрестной верстке HTML-CSS можно использовать синтаксический CSS-анализатор (CSS-framework).

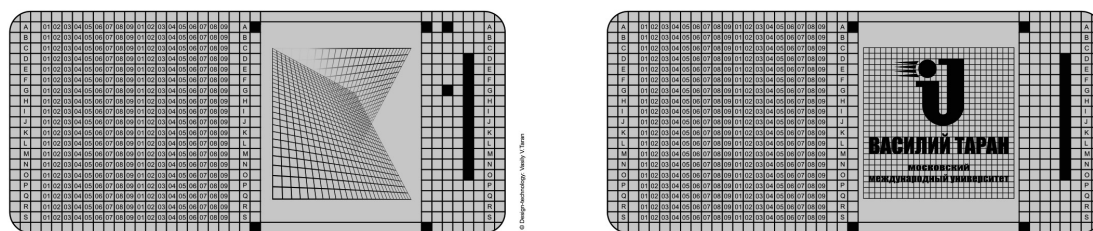


Рис. 1. Техничко-графический вид встраиваемой модульной секции

от друга. И в этом аспекте можно заключить, что сегодня какого-то единого подхода к данной проблеме не существует. Каждый web-проект может быть индивидуален. Кроме того, формулы и техническое описание различных алгоритмов действия могут выглядеть нестандартно. Поэтому прописывать какие-либо шаблоны исходя из описанной выше ситуации — бесполезно.

Но попытка универсализировать некоторые действия позволяет получить довольно приемлемые результаты, как для дизайн-разработчика, так и для обычного пользователя. На ресурсах, посвященных разным тематикам, используются разные дизайн-решения, сочетающие в себе мобильность программного кода, динамическую обновляемость и при возможности адаптируемость под web-интерфейс. Случается так, что при демонстрации анимационных действий требуется также совмещать программный аппарат сайта или приложения с анимационным модулем. Такие решения могут сильно усложнять процесс загрузки сайта и выдавать ошибку при возвращении браузером страницы назад. Получается, что в описанной выше ситуации чаще всего именно анимация либо её скрытые действия могут являться препятствием к свободному перемещению между web-страницами. Такой негативный эффект может возникать по двум основным причинам: 1) При несогласовании прописанных в программном коде действий с программной основой браузера. 2) Это использование различных скрытых слоёв (разного веса, размера и геометрической формы). При некоторых условиях, когда нужно совмещать JPEG¹ и PNG² слои с BMP-слоями, приходится обращаться к функциональным возможностям сценарного языка, PHP который имеет возможность генерации слоев JPEG и PNG [1., стр.101–108]. Поэтому автор предпринимает попытку описать возможность

использования модульной секции автономно, которая сможет выполнять следующие функции: производить ротацию анимационных слоев, задавать произвольные алгоритмы при анимации движения, выполнять анимацию по заданной траектории. Также такая анимация может быть полезна при оживлении статичной полосы навигации web-сайта [2., стр.160–163]. Области применения данной технологии могут быть обширными. Это и демонстрация любых линейно протекающих процессов (сводки и графики с бирж) и анимация букв, цифр для привлечения внимания, и возможность представлять в упрощенном виде динамические презентации.

Чтобы приступить к изложению описания технических действий, необходимо более подробно пояснить предназначение модульной секции. Модульная секция — это встраиваемая программируемая платформа, целью (предназначением) которой является адаптация анимационных последовательностей абстрактных рядов для упрощения процессов демонстрации анимации³.

Итак, перед нами два варианта модульной секции. Слева вариант модульной секции с возможностью отражения перспективы при любом движении, справа вариант модульной секции, отображающий логотип, который и будет демонстрировать нам процессы анимации. Модульная секция спроектирована в соответствии с основными задачами⁴, возникающими при оформлении и разработке анимационных проектов. Её геометрическая особенность⁵ позволяет располагать BMP-слои⁶ практически в любой последовательности, а скругленные углы

¹ JPEG (Joint Photographic Experts Group) — формат хранения растровой графики. Популярен в интернет-среде и среди фотолюбителей. Особенной популярностью пользуется в электронной почте благодаря поддержке многоцелевого расширения электронной почты Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME).

² PNG (Portable Network Graphics) — формат хранения растровой графики, проектировался как наиболее приемлемая, качественная, альтернатива формату GIF (Graphic Interchange Format). Формат PNG поддерживает каталог 256 цветов при 48-битной разрядности.

³ По определению автора.

⁴ В основные задачи дизайн-проектирования обычно входит: построение геометрических моделей простой и сложной конструкции, анимация последовательности кадров (либо слоев), смоделированных объектов, организация и упорядочивание графических конструкций.

⁵ Геометрическая особенность данной конструкции (квадрат) позволяет складывать из слоев практически все основные геометрические формы, строить внутри квадрата окружность, треугольник, пентагон, гексагон и т.д. из линий (границ) любого слоя.

⁶ BMP-слои — слои изображения в формате bmp, позволяющие отображать все нюансы воспроизводимого слоя, включая точность воспроизведения его границ, за счёт поддержки высокого разрешения.

$$G_{ряд} = [1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46 + |47] = \frac{46}{2}[23]$$

$$H_{ряд} = [1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46 + |47] = \frac{46}{3}[15,3]$$

$$I_{ряд} = [1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46 + |47] = \frac{35}{2}[17,5]$$

$$J_{ряд} = [1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46 + |47] = \frac{15}{2}[7,5]$$

$$K_{ряд} = [1|2|3|4|5|6|7|8|9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|37|38|39|40|41|42|43|44|45|46 + |47] = \frac{5}{2}[2,5]$$

Где $1_{1,2,3}$ — слои модульной секции. $G_{ряд}, H_{ряд}, I_{ряд}, J_{ряд}, K_{ряд}$ — ряды модульной секции.

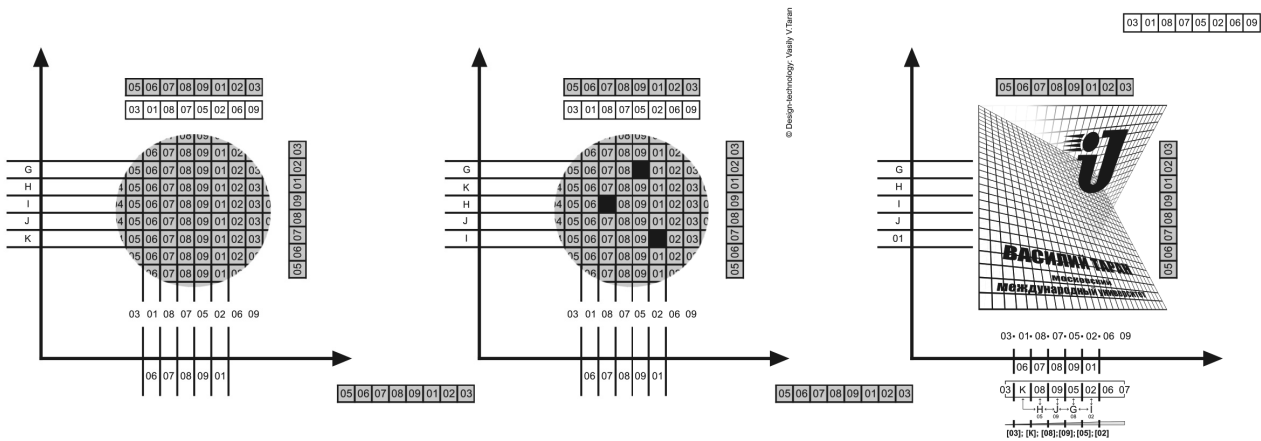


Рис. 2. Процессы корреляции VMP-слоёв при ротационной анимации.

позволяют эффективнее представлять геометрические фигуры. Важным звеном здесь служит привязка слоев к алфавитной последовательности, каждая из которых делится на два блока, состоящих из девяти элементов¹. При объединении двух блоков они образуют ряд из восемнадцати ячеек (пикселей), которые при группировке отображаются как фрагмент слоя, а при разгруппировке могут быть отображены как отдельные пиксели. Технический алгоритм действия, описанный ниже — это попытка демонстрации анимационной модели при условиях стандартной (простой) анимации² и более сложной

(нестандартной) анимации³. Модульная секция, включающая модульную сетку, имеет ячейки закрасненные черным цветом.

06	07	08		01	02
06	07	08	09	01	02
06		08	09	01	02
06	07	08	09	01	02
06	07	08	09		02

Это ячейки скрытия, в них лежат фрагменты слоев, которые не должны быть видны при анимации. Также скрытые ячейки позволяют производить манипуляции с цветом изображения, используя субтрактивный

¹ Для упрощения понимания, поскольку формат статьи предусматривает ограничения по объему страниц, по нашему мнению, алфавитная последовательность ограничивается от А до S. Разумеется, при использовании данного метода в зависимости от сложности технического задания и выполнения проекта, можно охватывать и большее количество слоев. Таким образом, алфавитная привязка может быть расширена, а количество рядов увеличено (пропорционально странице WEB-проекта).

² Под простой анимацией понимается процесс вращения либо изменения объектов внутри модульной сетки. Анимации в данном случае здесь примитивные, соответственно поддерживающие обычные фигуры (треугольник, квадрат, круг).

³ Под нестандартной (сложной) анимацией понимается процесс вращения либо изменение объектов в пределах заданных координат внутри модульной сетки. В этом случае это анимация сложных фигур (Тетраэдр, Октаэдр, Додекаэдр, Икосаэдр).



Рис. 3. Схема смены последовательности букв при анимации, значения: [03]; [K] — черный цвет; [08]; [09]; [05]; [02] — указывают на возможность процентного смешивания градации серых оттенков при субтрактивном синтезе — используемая палитра CMY(K).

синтез¹. Допустим, в наши задачи входит ротация логотипа Московского международного университета с изменением в перспективе следующей надписи «ВАСИЛИЙ ТАРАН МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (Рис. 3) и впоследствии плановой остановкой динамики движения анимации. С точки зрения анимационного процесса все действия необходимо разбить слои. Представим, что количество символов в строке, имеющей определяющий ряд, равно 46 слоев (включая логотип 47). Каждый символ (литера) = 1 слой. Запишем это так:

После разбития слоев модульная секция производит их инверсию, ротацию или смешивание в соответствии с заданным алгоритмом действия (в нашем случае это пиксельные группы). Устройство модульной секции реализовано таким образом, что отображаемые бинарные значения должны коррелироваться со слоями, в зависимости от которых будет изменяться траектория движения.

Допустим слой G = 18 ячейкам. Поскольку мы делаем попытку универсализировать действия при анимации, предположим, что весь логотип будет задействовать 15 слоев. Из них та часть, которая должна быть анимирована, займет 7 слоев.

Каждый из семи слоев разбит на 18 независимых (при разгруппировке) ячеек. Для того, чтобы выполнить элементарную ротацию логотипа можно использовать следующий демонстрационный код:

```
// Rotation performance in the ungrouped kind
// x, y, z,
{
D, E, F, G, H, I, J,
[01] [02] [03] [04] [05] [06] [07] [08] [09]
```

¹ Синтез цветов для получения производных оттеночных значений при цифровом цветосмешивании основывается на палитре: CMY(K).

```
-0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5g, 0.5g, 0.5, 0.0g, 0.0g, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5h, 0.5h, 0.5, 0.0h, 0.0h, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5i, 0.5i, 0.5, 0.0i, 0.0i, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5j, 0.5j, 0.5, 0.0j, 0.0j, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
-0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -1, 1, 1, 1, 1, 1, // front top left
};
```

```
{
D(1) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
E(2) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
F(3) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
G(4) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
H(5) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
I(6) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
J(7) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
};
```

В первом представлении кода определяется последовательность столбцов

```
D, E, F, G, H, I, J,
[01] [02] [03] [04] [05] [06] [07] =d, e, f, g, h, i, j, d, d
```

и соответствующие индексам фрагменты слоев (ряда)

```
-0.5, 0.5, 0.5, 0.0, 0.0,
фрагменты слоя d1
```

Ряды перемеживаются между собой в соответствии с задачами определяемыми кодом² и в конце анимации возвращаются в ту же геометрическую форму, от которой берет свое начало анимация. Например, так:

² Код может быть абсолютно разным, реализован с помощью различных языков программирования, но принцип действия модульной секции должен оставаться неизменным.

Таблица 1. Изменение фрагментов BMP-слоя без разложения на пиксели и пиксельные группы во время межевания.

	D[01]	E[02]	F[03]	D[01]	E[02]	F[03]	D[01]	F[03]	F[03]
	Начальная позиция			Во время межевания			Конец анимации		
Ряд 1	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,
Ряд 2	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,
Ряд 3	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,	0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,

Таблица 2. Изменение фрагментов BMP-слоя с разложением на пиксели и пиксельные группы во время межевания.

	D[01]	E[02]	F[03]	D[01]	E[02]	F[03]	D[01]	F[03]	F[03]
	Начальная позиция			Во время межевания			Конец анимации		
Ряд 1	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,
Ряд 2	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,	0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,

Или как в таблице 2. при разложении на пиксельные группы:

В первом случае (табл. 1) фрагменты BMP-слоя перемещаются, но не раскладываются (разбиваются) на пиксели и пиксельные группы¹

Группа 1(ряд 1/2/3)

0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e, → 0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e, →
0.5e, 0.5e, 0.5, 0.0e, 0.0e,

↓

0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, ↔ 0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, ↔
0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d,

↑

0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f, → 0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f, ↔
0.5f, 0.5f, 0.5, 0.0f, 0.0f,

¹ Пиксельные группы — создаваемые модульной секцией объекты, основой которых выступает группа пикселей, объединенных в один блок и имеющих привязки к числовым значениям группы. Например, пиксельный блок фрагмента BMP-слоя может быть выражен так: 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, тогда индекс пикселя выражается так: 0.5d. (↑) — символ указывает на взаиморотацию объектов во время процедуры инверсии.

Во втором случае (Табл. 2) фрагменты BMP-слоя раскладываются на пиксели и пиксельные группы. В первой таблице приведены три ряда, во второй два — для упрощения представления данных.

Группа 2(ряд 1/2)

3. 0.5d, → 0.5d, → 0.5, → 0.0d, → 0.0d,

4. 0.5d, → 0.5d, → 0.0d, → 0.0d, → 0.5,

5. 0.5d, → 0.5d, → 0.5, → 0.0d, → 0.0d,

Таким образом, для упрощения представления кода внутри модульной секции, когда мы задаем ротацию либо изменение слоев в перспективе, можно использовать приближенные значения второго порядка: (A18 r- B7) = -0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -0.5d, 0.5d, 0.5, 0.0d, 0.0d, -0.5d, 0.5d, 0.5, ...

Где r — оператор, уравнивающий количество пикселей (растрового изображения) в группе слоев A18 (кол-во пикселей), B7 ячейка слоя. При сменяемости слоев оператор может использовать значение [+], которое при уравнивании количества пикселей выполняет инверсию

ряда с пиксельной группой (A7 r-[+] B18). Чтобы выполнять ротационные процедуры после инверсии используется оператор m- (bitmap), поэтому пиксельная группа и соответствующий ей ряд принимают следующие значения: (A18 m- B7).

Поскольку данный подход ориентирован, прежде всего, на WEB-среду, считаем возможным транслировать приведенный код с привязкой к HTML-5[3]. Трансляцию можно осуществить благодаря предусмотренному тегу <LINK>¹[4,5]. Который поможет соединить документ с внешним источником. Связь может иметь следующий вид:

```
<LINK HREF="" TYPE="" REL="">
```

Где HREF (Hyper_Reference) — дает ссылку на внешний документ, TYPE — соответствие типу внешнего документа, REL — установка отношений между *оригинальным* и *внешним документом*.

Для искусственного подключения универсальной последовательности действий обратимся к тегу <canvas>²[6], отвечающему за графические характеристики, тег позволит нам развернуть холст в браузере, используя нотации JavaScript³. К сожалению, некоторые версии старых браузеров⁴ не поддерживают теги HTML-5, в том числе и <canvas>. Некоторые версии браузеров⁵, которые поддерживают <canvas>.

Стационарные браузеры

- ◆ Internet Explorer 9.0 и выше
- ◆ Google Chrome 6.0 и выше
- ◆ Opera Software Web-browser 9.6 и выше
- ◆ Apple Safari browser 3.1 и выше
- ◆ Mozilla Firefox 4.0 и выше

Мобильные операционные системы

- ◆ Android 2.1 и выше
- ◆ iOS3.0 и выше

¹ <LINK> — специальный тег, позволяющий устанавливать зависимость HTML-документа с внешними источниками данных. Тег принадлежит к группе непарных тегов, поэтому не использует закрывающий тег.

² <canvas> — специализированный тег, использующийся для создания и оптимизации различной графики на web-страницах. Является структурным элементом языка HTML-5.

³ JavaScript — объектно-ориентированный язык программирования, основанный на сценарном языке ECMAScript, утвержденном European Computer Manufacturers Association.

⁴ В устаревших версиях браузеров, не имеющих поддержку HTML-5, описанные действия возможны с применением контрольных точек. Например, имена рядов привязываются к точке <point d, e, f, g=>/>

⁵ Список браузеров не поддерживающих <canvas> составлен по данным портала: www.htmlbook.ru (дата обращения к ресурсу: 10.04.2019).

Поэтому в старых браузерах можно добиться аналогичного результата без разбития холста, используя точки модульной секции. Например:

```
<point f=>20.000000000000 d=>-80.000000000000/>
<point f=>49.237316986327 d=>-33.107692718506/>
<point f=>54.196034330446 d=>-29.553844451904/>
<point f=>88.033573501041 d=>-6.923076629639/>
<point f=>95.871851182279 d=>-4.523078918457/>
<point f=>108.957037410504 d=>-1.938461303711/>
<point f=>123.828171198057 d=>-0.738462448120/>
<point f=>149.228077614658 d=>-0.092308044434/>
```

Конечно, выглядит более усложнено, но старые браузеры смогут отображать заданную графическую информацию, включая описание анимационных процессов. С использованием тега <canvas> эти процессы значительно упрощаются:

Фрагмент преобразования BMP-слоя

Определяем объём BMP-слоя⁶

```
window.onload = function(){
var canvas = document.getElementById("myCanvas");
var context = canvas.getContext("2d");
var rectWidth = 150;
var rectHeight = 75;
```

Выполняем преобразование холста и разворачиваем BMP-слой на 45° (rotate 45*deg)

```
// центрирование холста
context.translate(canvas.width / 2, canvas.height / 2);
// разворот на 45 градусов по часовой стрелке
context.rotate(Math.PI / 4);
{
```

// один из фрагментов вращения BMP-слоя модульной секции

```
D(1) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
E(2) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
F(3) = (A18 r- B7) + (A7 r-[+] B18) + (A18 m- B7)
};
```

Встраиваем тег холста в структуру тела HTML-документа⁷

⁶ В том случае, если в тексте описания модульной секции должны присутствовать недопустимые символы (служебные символы — HTML), можно воспользоваться литералами для кавычки («»), в нашем случае — будет использоваться (").

⁷ Тело HTML-документа может быть разным и поддерживаться разными версиями браузеров. Чтобы использовать все функции, можно обратиться к вендорным свойствам, например, чтобы установить набор цветов левой границы элемента в браузере Mozilla Firefox, можно использовать -moz-border-left-colors (не наследуется).

```
{
border: 7,5 px solid #439699;
moz-border-top-colors: #000 #fc0 #000 #fc0 #000 #fc0 #000;
```

```
<canvas id="myCanvas" width="600" height="250" style="border:1px solid black;">
</canvas>
```

Элементарная структура кода при взаимодействии с модульной секцией описывающая только код без привязки к базе модульной секции (тело HTML-документа):

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title> Rotation performance in the ungrouped kind </title>
<style>
body {
background: #000000;
}
#canvas {
margin: 10px;
padding: 10px;
background: #949b87;
border: thin inset #5ec493;
}
</style>
</head>
<body>
<canvas id='canvas' width='600' height='300'>
Canvas not supported
</canvas>
<script src='example.js'></script>
</body>
</html>
```

Код демонстрирует работу тега в действии на примере абстракции (JavaScript)

```
var canvas = document.getElementById('canvas'),
context = canvas.getContext('2d');
context.font = '38pt Arial'; (объём шрифта в пунктах используемый при ротации)
context.fillStyle = 'cornflowerblue #6495ED — васильковый цвет';
context.strokeStyle = 'blue';
context.fillText('modular section', canvas.width/2-150, canvas.height/2 + 15);
context.strokeText('modular section', canvas.width/2-150, canvas.height/2 + 15);
```

```
moz-border-left-colors: #000 #fc0 #000 #fc0 #000;
moz-border-right-colors: #000 #fc0 #000 #fc0 #000;
moz-border-bottom-colors: #000 #fc0 #000 #fc0 #000;
background: #ffe;
padding: 10px;
}
```

Здесь первая строчка получает доступ к ссылке на холст document.getElementById (). Вторая строчка getContext получает графический контекст. Данный код выводит модульную секцию, выполняющую примитивную анимацию прямо в браузере [7]. Для оптимизации верхнего слоя, который может выполнять кольцевую ротацию, можно использовать следующие значения:

```
<rotate id="Background" x="0" y="0" width="720" height="720"/>
```

Где ширина и высота слоя с фоном равняются 720 мм (28,3465 дюйма)¹. При условии, что при ротации объекта слоя матричная основа модульной секции трансформируется в функцию

```
float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24];2
```

Передающий слой может быть оптимизирован так:

```
<rotate_Layer id="Stretch" x="10" y="45" width="200" height="245"/>
```

```
При функции
float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24];
```

Передающий слой одного ряда быть оптимизирован так:

```
<rect id="Outline" x="10" y="10" width="480" height="280"/>
```

```
При функции
float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24];
```

Передающий слой от ряда к ряду может быть оптимизирован так:

```
<rect id="BarTitle" x="10" y="10" width="480" height="35"/>
<rect id="BarStatistics" x="10" y="245" width="200" height="45"/>
```

```
При функции
float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24];
```

При использовании каскадных таблиц стиля (CSS) для заполнения BMP-слоем площадки модульной секции

¹ Значения в дюймах указаны для оптимизации миллиметровых значений при трансформации объектов в функцию float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24]. Некоторые версии браузеров допускают математические значения разметки границ (линии) в дюймах.

² Функция «float_rot [] m_ProjectionMatrix = new float[24]» используется для трансформации объектов преобразуемых в матричную основу (слои) имеющую 24-х битное представление цветовой гаммы. Значение «float_rot» выполняет плавающую ротацию слоёв в соответствии с 24-х битным значением. «m_ProjectionMatrix» — распределяет матричные значения в группе. Не путать с переменной языка программирования Java, которая имеет возможность создавать массивы элементов и производных от них типов данных.



Рис. 4. Отображение информации указанной на рисунке 3 в бинарных значениях.

можно задействовать стандартное ключевое свойство `background-repeat`, которое обычно применяется для заполнения рабочей площадки фоном.

```
body {background-image: url (loyer.bmp); background-repeat: repeat-x;}
```

В нашем случае, поскольку модульная секция помещается на web-страницу в горизонтальном положении, то соответственно представленной форме заполнение слоем будет происходить горизонтально и иметь значение x^1 .

В данном случае показан пример абстрактной анимации, приведенной на рисунке 3, в части взаимодействия слоев друг с другом. В бинарных значениях это выглядит так

Хотелось бы отметить, что модульная секция поддерживает формат BMP, и поэтому все слои модульной секции должны иметь этот формат. Если мы имеем 7 слоев, которые должны быть анимированы, то череда событий в упрощенном (примитивном) виде может быть записана так:

$$D = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

$$E = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

$$F = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

$$G = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

$$H = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

¹ Технология CSS позволяет заполнять рабочее пространство различными фоновыми изображениями вдоль горизонтальной и вертикальной осей. В нашем случае X — горизонтальная ось заполнения, а Y — вертикальная ось заполнения. В других случаях, когда необходимо искусственно скрыть модульную секцию на web-странице, замещающим её растровым слоем, можно воспользоваться предусмотренной CSS функцией `background-position` — в зависимости от расположения.

$$I = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

$$J = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09]$$

Соответственно здесь, это выполнение тех же действий только в обратную сторону. Для группировки всех слоев, которые должны ротироваться, нужно после конечных числовых значений поставить значения `group`:

$$D = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$E = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$F = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$G = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$H = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$I = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

$$J = 01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09 [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group$$

и если нужно закольцевать сгруппированный блок так, чтобы смена слоев не была видна глазу, в конце последней строчки указываем `total group`. После данных операций формулировка будет выглядеть следующим образом:

$$D = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$E = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$F = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$G = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$H = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$I = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

$$J = [01+02+ 03+ 04+05+06+07+08+09] group [total]$$

Формулировка показывает физическую структуру анимации, принципом которой служит ротация одного объекта, но принципиальной отличительной особенностью метода компьютерной анимации, предлагаемого

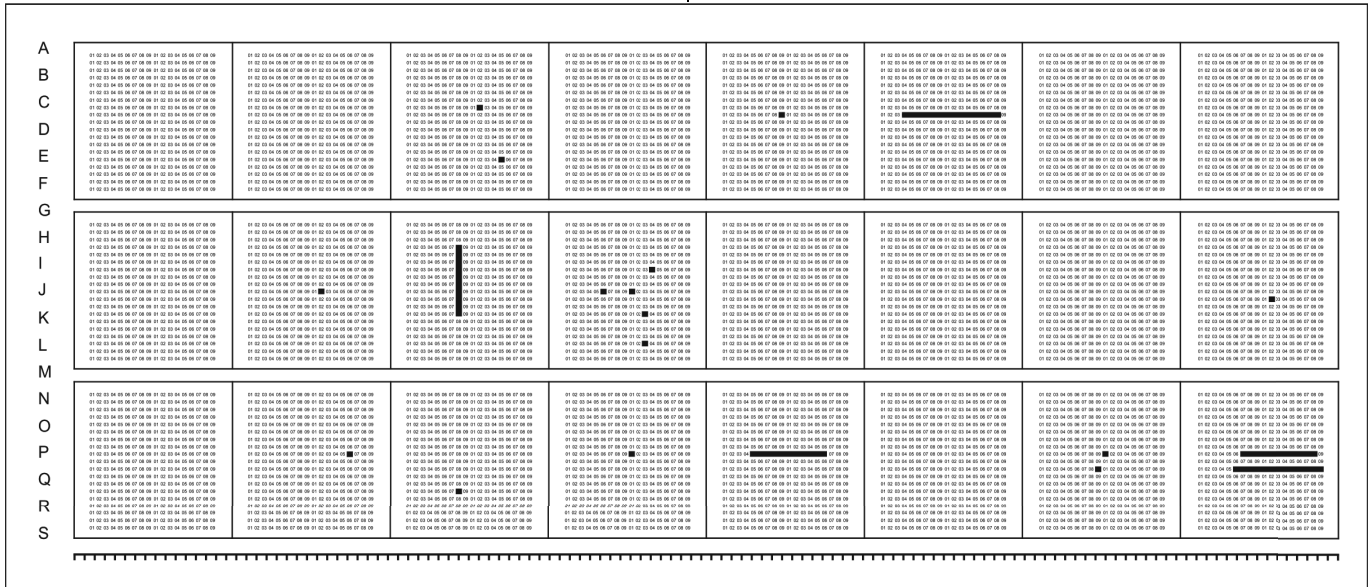


Рис. 5. Возможное распределение слоев модульной секции на плоскости ячейки закрасенные черным цветом — скрытые слои, запрограммированные на ротацию.

автором, является попытка универсализации действий на одном встраиваемом техническом модуле, то есть когда возникает необходимость примитивного выстраивания последовательности рядов, а также их смена и периодическое скрывание.

Аддитивное матричное представление дает возможность суммирования слоев, подлежащих анимационным действиям, слои которые при анимации не задействованы, скрываются¹ с помощью следующего кода:

$$D [0][1] = d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1] + d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1];$$

$$E [1][0] = d.e.f.g.h.i.j [1][0] * d.e.f.g.h.i.j [1][0] + d.e.f.g.h.i.j [1][0] * d.e.f.g.h.i.j [1][0];$$

$$F [0][1] = d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1] + d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1];$$

$$G [1][1] = d.e.f.g.h.i.j [1][1] * d.e.f.g.h.i.j [1][1] + d.e.f.g.h.i.j [1][1] * d.e.f.g.h.i.j [1][1];$$

$$H [0][1] = d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1] + d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1];$$

$$I [1][0] = d.e.f.g.h.i.j [1][0] * d.e.f.g.h.i.j [1][0] + d.e.f.g.h.i.j [1][0] * d.e.f.g.h.i.j [1][0];$$

¹ Также скрывание некоторых слоёв может производиться за счет пересчета некоторых данных и их вывода на *a*-канал. Обычно в параметрах web-изображений используется система цветов RGB и пиксели (в нашем случае формат и файл BMP/*bmp) должны производить *смешивание цветом пикселя* содержащегося в указанном формате с *отображаемым пикселем* и на пограничных слоях должна формироваться видимая степень прозрачности.

$$J [0][1] = d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1] + d.e.f.g.h.i.j [0][1] * d.e.f.g.h.i.j [0][1];$$

Где скрывание слоев в группе столбца [1][0]* / E [1][0] суммируется для дальнейшего отображения на холсте при повторном его отображении.

Рассмотрим типовой вариант сложной анимации с помощью модульной секции. Сложная анимация предполагает выполнение смены слоев с различной степенью геометрической направленности. С помощью аналогичной модульной структуры попробуем записать последовательность действий сложной анимации, целью которой является горизонтальная и вертикальная ротация логотипа, одновременно с которой должна выполняться смена последовательности букв. Чтобы выполнить горизонтальную и вертикальную ротацию, необходимо выделить слои, которые отвечают за сам логотип, их значение, как и в предыдущем, D, E, F, G, H, I, J=7,9. После того как слои выделены, нужно просчитать само движение. При просчёте движения для более ясного (наглядного) представления распределения слоёв внутри модульной секции допустимо представить их принадлежность друг к другу с помощью карты слоёв². В статье это удобнее показать на блок-схемах (рис. 6 и рис. 7 — обобщает процессы функционирования модульной секции) где слои модульной секции в сгруппированном виде, а также группы слоёв имеют принадлежность в соответствии с заданным алгоритмом действия. Пер-

² Карта слоёв может быть создана с помощью языков программирования Python либо JavaScript.

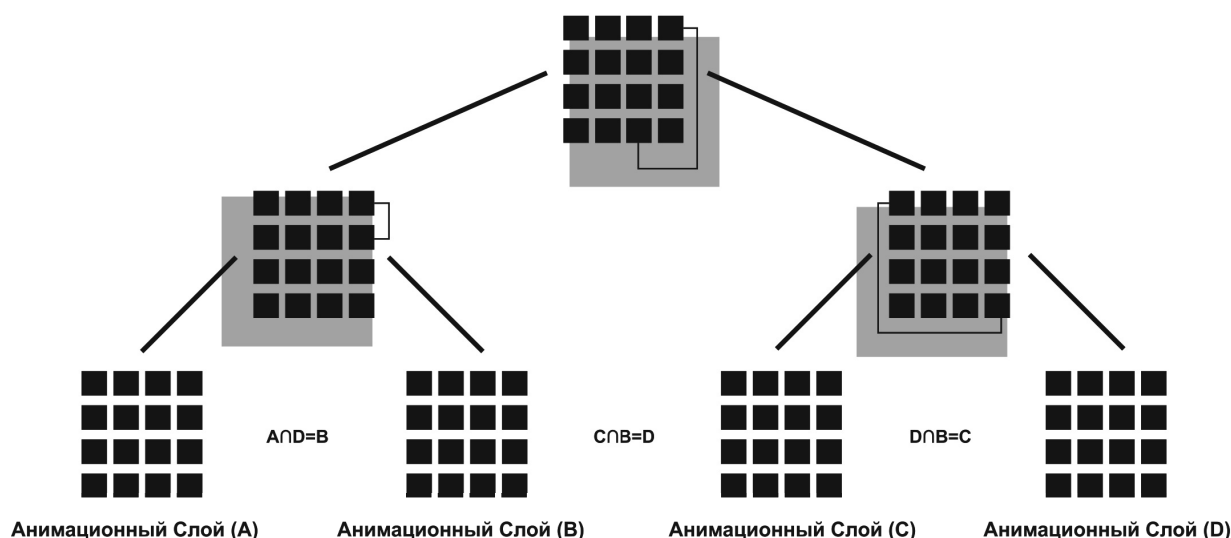


Рис. 6. Распределение слоёв модульной секции в сгруппированном виде. Отображает принадлежность слоёв друг к другу.

вый слой и вторая группа слоёв могут перемежаться пиксели и пиксельные группы внутри слоя при ротации изображения. Возможность применения модульной секции в web-дизайне открывает новые возможности по использованию анимации на web-сайтах. Фактически модульная секция упрощает представление и расположение слоёв внутри HTML-документа и способствует более эффективному использованию ресурсов анимации не нагружая страницу лишней технической информацией. При сохранении такого документа модульная секция описывается на одном из представленных на рис. 7 языков программирования и воспроизводится вместе с сохраненной web-страницей в браузерах имеющих поддержку HTML-5/<canvas>.

Объект «логотип», выполняющий закольцованную анимацию, должен сочетаться с объектом «текст», который должен сменять последовательность букв. В целом (встроенный) анимационный процесс можно описать следующим блоком формул:

$$L_{01}(m) = \begin{cases} 07, & \text{если } m \in [T_{L-05}, T_{I-1,5}) \\ 09, & \text{иным способом} \end{cases}$$

$$L_{01,05}(m) = (m - T_{L-05}) \frac{L_{01,05-1}(m)}{T_{08+G-2} - H_{03-0}} + (T_{08+I-1} - m) \frac{L_{I+01,D-01}}{T_{I+K-02} - T_{I-01}}$$

$$L_{0I}(m) = \sum_{f=18}^{13} G_{O+P-1,5}(m) N_{L+O-05}$$

Где L — слои группы скрытые от глаз оператора. T — время прохода группы от начала до конца. G — блок пикселей открытой группы. N — слои не задействованные в ротации. H — замыкающие промежуточную ротацию слои.

Геометрия вращения

$$D = F(T) - \frac{1}{2} [\text{sgn}(E \cdot H)I + \text{sgn}(E \cdot J)D + \text{sgn}(G \cdot F)H]$$

Столбцы (значения разделителя)¹

$$D(0,5;04)=E(0,5;04)=F(0,5;04)=G(0,5;04)=H(0,5;04)=I(0,5;04)=J(0,5;04)$$

$$D1=\text{osc}(\text{pitch}), E5=\text{env}(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5)$$

Матричное представление в соответствии с распределением слоя в скрытых ячейках $|_1$ и $|_2$ — произвольные фрагменты слоя модульной секции.

$$|_1 = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 8 & 4 & 2 & 1 \\ 0 & 4 & 4 & 3 \\ 0 & 0 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad u \quad |_2 = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 4 & 0 \\ 1 & 2 & 4 & 8 \end{bmatrix}$$

Вывод

¹ Столбцы значений разделителя используются как промежуточные интервалы между слоями с целью получения предписания (скрипта) для последующих действий.

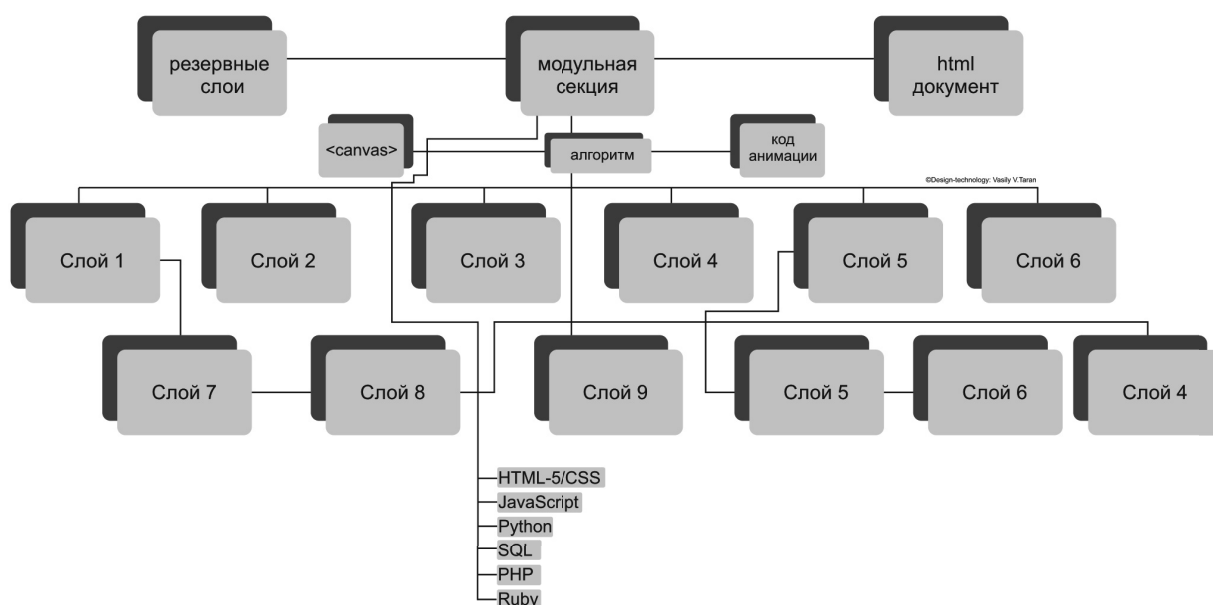


Рис. 7. Обобщенная инфраструктура модульной секции, наглядно демонстрирующая процессы анимации графической конструкции представленной в статье.

Примечание: на нижней ветке перечислены технологии, адаптируемые под модульную секцию и обладающие интегративными возможностями позволяющими взаимодействовать технологиям между собой на единой технологической площадке: HTML-5/CSS, JavaScript, Python, SQL, PHP, Ruby. К примеру, чтобы создать элементарную базу данных MySQL необходимо выполнить инструкцию PHP— `mysql_create_db` которая создаст базу данных. А инструкция `mysql_get_server_info` позволит узнать информацию о сервере, на котором происходит анимационный процесс.

Итак, мы рассмотрели различные аспекты создания как простой, так и сложной динамической анимации с помощью модульной секции с внутренней разметкой. Благодаря стараниям программистов, дизайнеров и различных специалистов в прикладной области компьютерных наук периодически появляются новые способы, способные упростить некоторые функции по созданию анимационных проектов. Разные программные решения вносят значительный вклад в прикладные компьютерные технологии.

В нашей статье предпринята попытка предложить универсальный подход к созданию анимационного дизайн-проекта путем использования модульной секции. Данный подход может быть полезен при описании анимации различными языками программирования, хорошо зарекомендовавшими себя в интернет-среде, а также при проектировании высоко нагруженных интернет-проектов (учитывая региональные скорости Интернета) для более эффективной работы в стрессовых условиях.

Попытка универсализации предложенного подхода к проектированию анимационного приложения

позволит упростить технические процедуры, применяемые при разработке различных дизайн-решений. Программный подход, в соответствии с изложенным принципом действия, может быть совершенно любым, и не заточен под конкретные языки программирования. Приоритетным здесь остается принцип действия такой конструкции. Это довольно удобно по той причине, что при дизайн-проектировании программистами могут применяться разные технические средства и языки, но суть подхода изменена не будет. Представленный в статье подход основывается на распределении и привязке слоёв друг к другу, а реализовывать привязку можно через любые языки. Конечно, в рамках нашей статьи мы ограничились так называемыми web-языками, однако эти принципы могут быть описаны и высокоуровневыми языками программирования в зависимости от поставленной задачи. Описанный подход даст возможность реализовывать анимационные проекты в интернет-среде кроссплатформенно. Применение общих положений анимации движения с помощью модульной секции является ещё одним шагом на пути к усовершенствованию непростых подходов к анимации различных дизайн-проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бенкен Е. С. PHP, MySQL, XML: программирование для Интернета. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 336 с.: ил. + CD-ROM (ISBN5-9775-0039-4)
2. Дронов В. А. HTML 5, CSS3 и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 416 с.: ил. — (Профессиональное программирование) ISBN978-5-9775-0596-3
3. Рекомендации по спецификациям HTML рабочей группы по веб-платформам Консорциума всемирной паутины [электронный ресурс] URL: www.w3.org/WebPlatform/WG/PubStatus#html
4. Справочник по функциям HTML — раздел HTML [интернет-версия] URL: www.htmlbook.ru/html
5. Справочник по функциям HTML — раздел CSS [интернет-версия] URL: www.htmlbook.ru/css
6. Спецификация HTML-5.3 рабочей группы по веб-платформам Консорциума всемирной паутины [электронный ресурс] URL: www.w3c.github.io/html/
7. Web-анимация рабочий проект Консорциума всемирной паутины 11.10.2018 [электронный ресурс] URL: www.w3.org/TR/2018/WD-web-animations-1-20181011/

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский международный университет

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

THERMAL AND ELECTRICAL PARAMETERS TESTING OF SWITCHING DC-DC CONVERTERS ICs

A. Shkolin
A. Drakin
L. Potapov
V. Zotin

Summary. The objective of this work was the development of an automated information-measuring complex for the electrical and thermal parameters testing of switching DC-DC converters ICs. The analysis of the capabilities of modern test equipment and the analysis of measuring circuits necessary for the parameters testing of the switching DC-DC converters ICs were determined, the requirements for the design of the corresponding tester were determined, limitations were identified when using existing industrially produced testers. A technical solution was obtained in which high metrological characteristics were achieved, which allowed, along with reliable determination of the electrical parameters of the microcircuits, to determine also the transient thermal response of the microcircuits, thermal resistance and crystal temperature. To control ICs "junction-to-case" thermal resistance, a method was suggested that compares initial sections of transient thermal response of the IC under test and reference integrated circuit.

Keywords: automated test equipment, integrated circuits (ICs), high frequency switching DC-DC converters, thermal resistance.

Школин Алексей Николаевич

*Н.с., Брянский государственный технический университет
ixe@yandex.ru*

Дракин Александр Юрьевич

*К.т.н., с.н.с., Брянский государственный технический университет
ada108@yandex.ru*

Потапов Леонид Алексеевич

*Д.т.н., профессор, Брянский государственный технический университет
l.a.pota39@yandex.ua*

Зотин Виталий Федорович

*К.т.н., доцент, с.н.с., Брянский государственный технический университет
v.f.zotin@gmail.com*

Аннотация. Статья посвящена разработке автоматизированного информационно-измерительного комплекса для контроля электрических и тепловых параметров микросхем импульсных преобразователей напряжения (ИПН). Проведен анализ возможностей современного тестового оборудования и анализ измерительных схем, необходимых для контроля параметров микросхем ИПН, определены требования к конструкции соответствующего тестера, выявлены ограничения при использовании существующих промышленно производимых тестеров. Получено техническое решение, в котором достигнуты высокие метрологические характеристики, которые и позволили наряду с достоверным определением электрических параметров микросхем определить также и переходную тепловую характеристику микросхем ИПН, тепловое сопротивление и температуру кристалла. Для контроля теплового сопротивления "кристалл-корпус" микросхем ИПН предложен способ, использующий сравнение начальных участков переходной тепловой характеристики контролируемой и эталонной микросхем.

Ключевые слова: автоматизированное тестовое оборудование, контроль параметров, высокочастотный импульсный преобразователь напряжения, тепловое сопротивление.

Введение

В современных технических устройствах широко используются интегральные микросхемы (ИМС) для управления импульсными источниками электропитания — импульсными преобразователями напряжения (ИПН). В состав этих ИМС входят ШИМ-контроллеры, драйверы силовых ключей и силовые ключи. Такая комбинация устройств приводит к тому, что при контроле параметров ИПН приходится измерять токи и напряжения, отличающиеся на несколько порядков, фиксировать временные интервалы, измеряемые в наносекундах, частоты генератора от десятков килогерц до мегагерц и т.п.

Существенной особенностью ИМС ИПН является большое число контролируемых параметров. Так для ИМС группы 1290ЕУх необходимо контролировать более 40 различных параметров, для чего необходимо реализовать 35 схем измерений.

Другая особенность ИПН обусловлена значительными величинами коммутируемых токов, что приводит к существенному нагреву ИМС. Поэтому необходимо также контролировать и тепловое сопротивление. В технических данных ИМС ИПН приводятся такие тепловые параметры как тепловое сопротивление "p-n переход-корпус" R_{thjc} и тепловое сопротивление "p-n переход-окружающая среда" R_{thja} .

Большое разнообразие модификаций ИМС ИПН и широкое их применение в различных технических устройствах и специальной технике обуславливает необходимость разработки высокопроизводительных тестеров для контроля электрических, временных и тепловых параметров.

Возможности существующих технических средств для контроля параметров ИМС ИПН

Для функционального и параметрического контроля цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых микросхем малой и средней степени интеграции, а также микросхем памяти на некоторых российских предприятиях применяется тестер FORMULA® 2K [1], разработанный и поставляемый компанией ФОРМ.

Тестер выполнен в виде двух блоков. В измерительном блоке расположены специализированные источники питания, генератор тестовых воздействий и блоки измерения статических параметров. Масса измерительного блока 25 кг. Вычислительный блок располагается отдельно от измерительного блока и управляет работой тестера с применением специализированного программного обеспечения (ПО) — пакета “Sinop”, разработанного компанией ФОРМ.

Часть тестов, необходимых для контроля параметров ИПН, связанных с заданием и измерением токов и напряжений, можно реализовать на тестере FORMULA® 2K. Однако ряд тестов требует доработки тестера путем устранения лишних блоков контроля цифровых ИМС, введения новых измерительных блоков. Но внесение изменений в конструкцию путем добавления модулей для расширения функционала не представляется возможным, так как компания Форм является разработчиком и поставщиком серийной продукции — тестеров с соответствующими названиями, которые внесены в Государственный реестр средств измерений РФ и конфигурируются модулями строго в соответствии с описанием типа средств измерений.

Аналогичная ситуация с тестерами FT-17HF и FT-17DT [2], разработанными компанией ООО “Совтест АТЕ” совместно с дочерней компанией “Совтест Микро” и тестерами аналоговых интегральных микросхем “Вектор-М” [3], разработанных в ЦНИИИА.

Холдингом “Информтест” выпускаются моноблоки семейства “Аист”, 6-ти слотовый моноблок AXIe в виде крейта с интегрированным персональным компьютером и сенсорным дисплеем и более 50 модульных приборов в мезонинном исполнении. Особенно перспективной представляется многофункциональная платформа

на базе моноблока в стандарте AXIe со встроенным компьютером и встроенным программным обеспечением (ПО) “Виртуальная лаборатория” разработки Информтест. Однако наполнить ее необходимыми для контроля параметров ИПН измерительными модулями пока не удается.

Тестовое оборудование для контроля теплового сопротивления ИМС практически отсутствует на российском рынке. Имеется значительное количество патентов [4...9 и др.] и публикаций [10, 11, 12, 18, 19 и др.]. За рубежом для контроля теплового сопротивления используют измерительный комплекс T3Ster [13], который выполнен на основе американского стандарта JESD51-1 [14]. В России имеется стандарт — ГОСТ 24461-80 [15], который определяет метод контроля теплового сопротивления “переход-корпус” R_{thjc} силовых диодов. Однако из-за высокой трудоемкости метод, определяемый этим стандартом, используется только в лабораторных условиях. Поиск других методов контроля теплового сопротивления “переход-корпус” R_{thjc} силовых диодов предпринимается рядом авторов [16,17 и др.]. Работ, посвященных методам контроля теплового сопротивления “переход-корпус” R_{thjc} для ИМС, практически нет.

Следует иметь в виду, что тепловое сопротивление “переход-корпус” R_{thjc} определяет надежность и срок службы ИМС ИПН. Повышенное значение теплового сопротивления R_{thjc} является существенным скрытым дефектом, который не обнаруживается при контроле электрических параметров, но может проявиться в процессе эксплуатации в виде досрочного выхода изделия из строя.

Техническая реализация тестера АТОМ-93

Для контроля различных параметров ИМС ИПН реализуются соответствующие схемы измерений. Например, времени нарастания, времени спада, схема измерения времени задержки распространения сигнала от управляющего входа до силового выхода ИМС, времени задержки распространения сигнала от одного до второго силового выхода ИМС (если их несколько) и др. Анализируя схемы измерения других параметров, можно сформулировать требования к источникам и измерителям, необходимым в составе такого тестера.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь несколько программируемых маломощных источников напряжений и два — три программируемых сравнительно мощных источника напряжений и токов со встроенными измерителями. При этом мощные источники целесообразно выполнить как четырехквadrантные устройства, для того, чтобы можно было за-

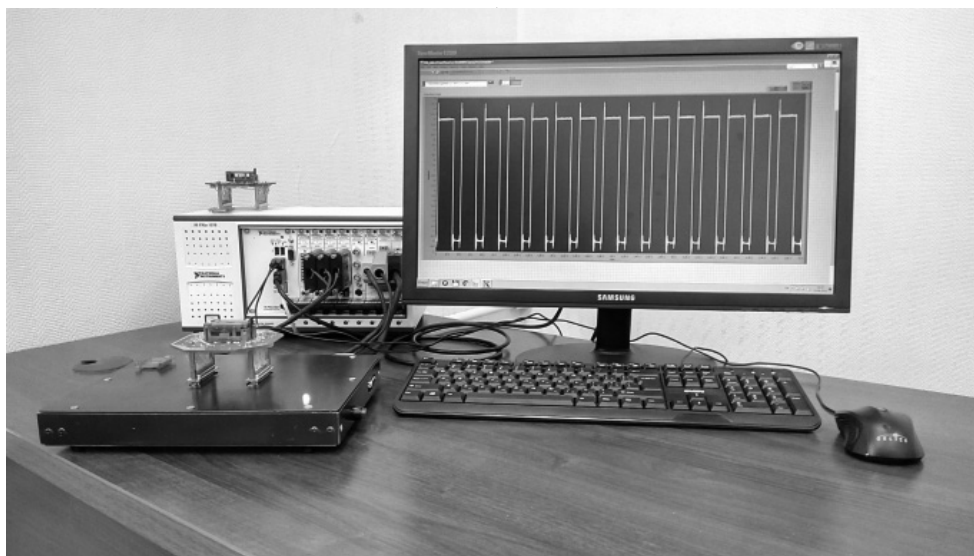


Рис.1. АТОМ-93 — тестер для контроля параметров микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения

давать не только напряжения и токи различной полярности, но и реализовать функции электронной нагрузки при стабилизации тока, напряжения или сопротивления. Необходимо иметь встроенный осциллограф и современный контроллер для программирования источников и составления тестовых программ, а также обработки результатов измерений. Конструкцию тестера целесообразно выполнить модульной, с изменяемой структурой для испытаний новых изделий.

Одним из мировых лидеров в разработке и изготовлении аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования является компания National Instruments. Основной аппаратной платформой, выпускаемой National Instruments, является магистрально-модульная платформа PXIe, для которой разработаны и изготавливаются необходимые модули — шасси, контроллеры, функциональные модули, интерфейсы и другое. Из большого числа источников напряжения и тока можно выделить модули PXIe-4139, PXIe-4137, PXIe-4142, которые могут обеспечить контроль электрических параметров ИПН.

Указанные источники/измерители имеют очень высокие метрологические параметры и обеспечивают весь необходимый диапазон задаваемых и измеряемых напряжений и токов при контроле параметров ИМС ИПН.

Для измерения временных величин и управления внешними устройствами возможно использовать таймер/генератор на базе модуля PXIe-6230, 64-канальный модуль управления реле PXI-2567 и модуль осциллографа PXIe-5114.

Такой тестер изготовлен (рис. 1) и прошел необходимые испытания. На рис. 1 видны компактные размеры тестера по сравнению с серийным монитором 23" и виден адаптер со снятой крышкой и расположенный на нем фронт-адаптер. Тестер универсален — он позволяет контролировать параметры большинства аналоговых микросхем и других электронных компонентов.

Тестеры как элементы автоматизированных информационно-измерительных систем контроля (АИИСК) являются многофункциональными устройствами. Состав конкретного оборудования внутри АИИСК зависит от её назначения и степени универсальности. Основными функциональными узлами тестера являются программируемые источники постоянного напряжения и тока; измерители напряжений и токов, имеющие в своем составе нормирующие устройства и АЦП; генераторы тестовых сигналов; измерители временных интервалов; коммутатор, обеспечивающий подключение выводов ИМС к источникам, измерителям, дополнительной нагрузке и т.п.

К программируемым источникам напряжения предъявляются основные требования: четырёхпроводное подключение нагрузки; ограничение максимального тока (часто программируемое); исключение значительных выбросов при установлении и сбросе; устойчивость к внешним перенапряжениям на выходе.

Типовая структурная схема источника напряжения приведена на рис. 2 [20]. В нее входят дифференциальный усилитель (ДУ), на вход которого подается сигнал задания напряжения $U_{зн}$; регулятор напряжения (РН),

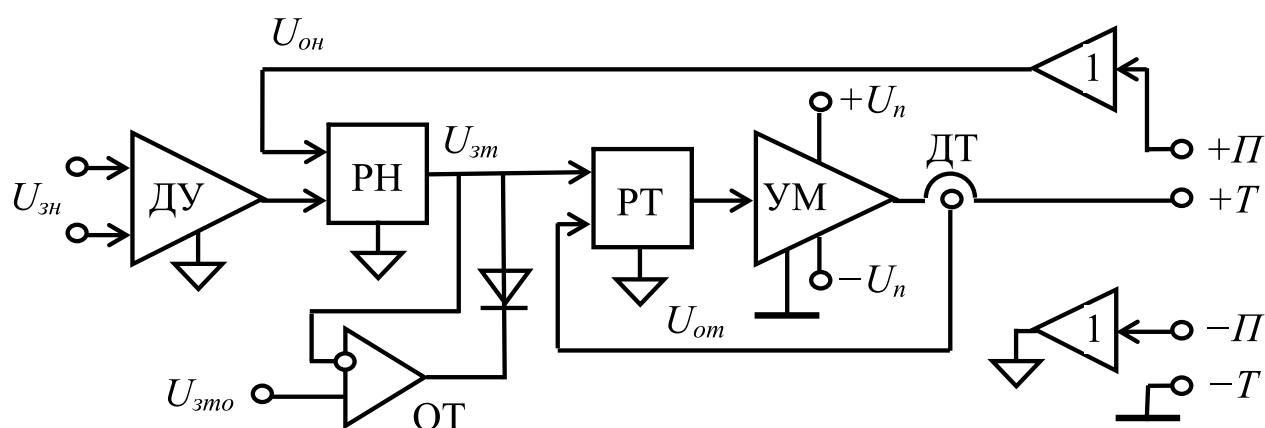


Рис. 2. Структурная схема программируемого источника напряжения

отрабатывающий сигнал обратной связи по напряжению $U_{он}$; ограничитель тока (ОТ), управляемый сигналом задания тока ограничения $U_{зто}$; регулятор тока (РТ), воспринимающий сигналы задания тока $U_{зм}$ и обратной связи по току $U_{ом}$; усилитель мощности (УМ); датчик тока (ДТ) и два повторителя напряжения. Такой источник напряжения построен по схеме двухконтурной системы регулирования напряжения с подчинённым контуром регулирования тока.

Сложности конкретной реализации регулятора тока и регулятора напряжения обусловлены переменным характером и величиной полного сопротивления нагрузки. Дополнительно к этому на практике часто сказывается влияние соединительных проводов в цепи обратной связи. Обычно удовлетворительный результат даёт применение регулятора тока интегрирующего типа, а регулятора напряжения — пропорционально-интегрирующего типа.

Используя прецизионные элементы в цепи обратной связи по току и формируя программно сигнал $U_{зто}$, получается программируемый «активный» источник тока с ограничением напряжения.

Определение параметров аналоговых ИМС тесно связано с такими видами измерений: измерение постоянных напряжений и токов, измерение амплитуды импульсов напряжения и тока, измерение эффективных (средних квадратичных) значений периодических сигналов напряжения и тока. При этом измерительный канал АИИСК зачастую базируется на использовании АЦП. В частности, измерение постоянных напряжений реализуется с помощью АЦП интегрирующего типа (в том числе сигма-дельта АЦП), обладающих высокой точностью и нечувствительностью к высокочастотным помехам. Однако они характеризуются значительным временем

преобразования, составляющим десятки и сотни миллисекунд.

Измерение амплитуды импульса при неизвестной заранее точке во времени (в которой производится замер), возможны два варианта реализации этого процесса: либо посредством применения «осциллографирования» импульса с последующей математической обработкой осциллограммы, либо с помощью пикового детектора. В первом случае необходимо применение специализированных и достаточно дорогостоящих АЦП, которые к тому же имеют, как правило, низкую разрядность (8–10 бит). Во втором случае требуется разработка устройства выборки-хранения (УВХ), отличного от стандартного УВХ.

Эффективное (среднее квадратичное) значение изменяющегося напряжения $u(t)$ с периодом повторения T определяется выражением

$$U_{эфф} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}.$$

Результат измерения формируется двумя основными способами [20]. В первом случае применяются устройства обработки аналоговых сигналов (перемножители для операций возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, а также фильтр низких частот в качестве интегратора). Во втором случае напряжение $u(t)$ «оцифровывается» с помощью быстродействующего АЦП на интервале, равном периоду T , при постоянном шаге дискретизации с последующим определением эффективного значения

$$U_{эфф} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (u_i)^2},$$

где N — количество выборок на периоде. Достоинством этого способа является возможность дополнительной обработки: цифровой фильтрации, интерполяции и др.

Для приведения уровней измеряемых сигналов к шкале АЦП (обычно шкала АЦП находится в пределах $\pm (1 \dots 10)$ В) применяются нормирующие устройства, в качестве которых могут выступать многодиапазонные измерители напряжения и тока [20].

Формирователи тестовых (входных) сигналов, входящие в состав АИИСК, характеризуются небольшой выходной мощностью при разнообразии формы сигнала, а часто и многоканальностью. Среди них выделяются формирователи логических (цифровых) сигналов и формирователи аналоговых сигналов различной формы. Для первого класса часто требуется программирование нулевого и единичного уровней, для второго — параметров гармонических сигналов, сигналов типа «ступенька» и импульсных сигналов. Устройство и функциональный состав формирователей тестовых сигналов, а также рекомендации по их разработке, приведены в [20].

Коммутатор, как отдельный блок АИИСК, обеспечивает сборку элементов схемы тестов, подключая выводы испытуемого изделия к источникам, измерителям, нагрузке и другим пассивным компонентам. В автоматизированных системах контроля коммутатор — набор коммутационных элементов, которые управляются дистанционно. В качестве таких элементов применяются электромеханические реле, герконовые реле, электронные и оптоэлектронные ключи.

Структура коммутатора может быть универсальной, построенной на матрице однотипных коммутационных элементов, что позволяет легко изменять схему теста и реализовать адаптацию к различным изделиям, однако она сопровождается такими недостатками, как большое количество ключей с одинаковыми характеристиками, увеличенный объём регистрового запоминающего устройства для хранения информации о состоянии ключей и соответственно более трудоёмкое программирование тестов.

Другим альтернативным решением является структура коммутатора, разработанная с учетом совместного применения коммутатора со специальным адаптером. Данный адаптер с контактирующим устройством разрабатывается для серий микросхем, близких по назначению и функционированию, включает группу коммутационных и других элементов, дополняющих коммутатор и позволяющих реализовать все схемы тестов [21].

При небольшом количестве необходимых коммутационных элементов коммутатор в составе тестера может

отсутствовать, и все схемы тестов реализуются за счёт элементов адаптера.

Для исключения отказов коммутатора и снижения погрешности измерения малых токов и напряжений, необходим тщательный выбор коммутационных элементов. Рекомендации по их выбору приведены в [20].

Немаловажным при разработке АИИСК являются вопросы разработки программного обеспечения (ПО). Среди обширного спектра существующих программных сред и продуктов разработчику необходимо оценить их по таким качествам: скорость разработки программного кода и возможности отладки; поддержка стандартных аппаратных интерфейсов; широкий математический аппарат, включающий в себя методы статистической обработки и решения дифференциальных уравнений; возможность построения АИИСК с разработанной аппаратурой; возможность реализации пользовательского графического интерфейса необходимого функционала. С учетом этого авторами были проанализированы следующие актуальные на сегодня программные продукты: LabVIEW и TestStand фирмы National Instruments, MatLab/Simulink фирмы MathWorks, Test Executive And Development Studio — ATEasy фирмы Marvin Test Solutions, XperTest отечественной компании «Совтест Микро» и др. В результате для решения поставленной задачи разработки АИИСК ИМС ИПН авторами была выбрана программная среда LabView.

Контроль тепловых сопротивлений ИМС ИПН с учетом моделирования тепловых процессов

Для определения температуры кристалла ИМС ИПН можно использовать прямое напряжение на $p-n$ переходе при малом измерительном токе. В ИМС ИПН такой $p-n$ переход часто доступен. например, для ИМС LM2676 он расположен между выводами 4 и 7, 4 и 6 и т.д.

Изготовленный тестер позволяет определить переходную тепловую характеристику (ПТХ) испытуемого ИПН — зависимость температуры $p-n$ перехода и, соответственно, температуры кристалла от времени нагрева. Для этого, как рекомендовано стандартом EIA/JEDEC JESD51 и реализовано в тестере T3Ster, подключают ИМС в номинальный режим короткими импульсами и измеряют в интервалах времени между импульсами напряжение на $p-n$ переходе при малом измерительном токе. Пользуясь установленной предварительно зависимостью $T(U_F)$ между температурой t и напряжением U_F на $p-n$ переходе, получают искомую зависимость $T_j(t)$.

Тепловое сопротивление “переход-окружающая среда” R_{thja} определяют как разность температур $p-n$

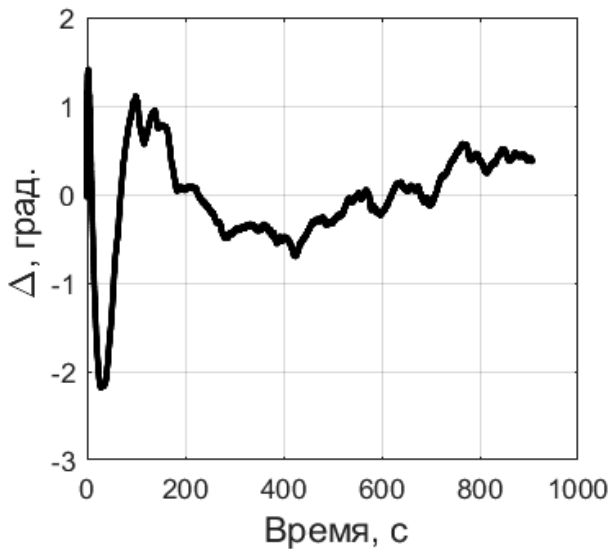


Рис. 5. Экспериментальная переходная тепловая характеристика

перехода в установившемся тепловом режиме и температуры окружающей среды T_{ar} отнесенную к мощности нагрева P

$$R_{thja} = (T_j - T_a) / P.$$

Тепловое сопротивление “переход-окружающая среда” зависит от многих факторов (условий крепления, условий охлаждения и др.) и поэтому требует их детального описания. Если условия эксплуатации ИМС соответствуют условиям определения R_{thja} , то по этому параметру можно определить температуру $p-n$ перехода и, соответственно, кристалла ИМС.

Более определяющим качество и надежность ИПН является тепловое сопротивление “переход-корпус” R_{thjc} . Завышенное тепловое сопротивление “переход-корпус” R_{thjc} , получившееся в результате нарушений технологического процесса, не изменить обдувом или другими способами охлаждения. Этот дефект, если его не выявили при контроле параметров, проявится в процессе эксплуатации и приведет к досрочному выходу ИПН из строя.

Тепловое сопротивление “переход-корпус” R_{thjc} определяют как разность температур $p-n$ перехода T_j в установившемся тепловом режиме и температуры корпуса T_c , отнесенную к мощности нагрева

$$R_{thjc} = (T_j - T_c) / P.$$

Однако измерять R_{thjc} непосредственно на тестере нерационально из-за большого времени достижения

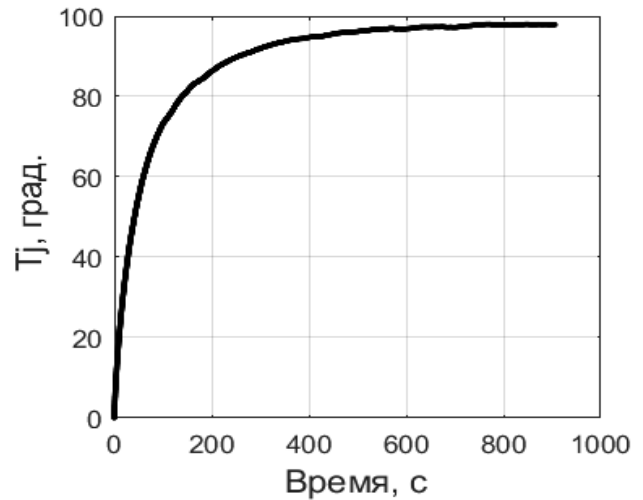


Рис. 6. Погрешность аппроксимации

установившегося режима (20...30 мин для микросхем в корпусе типа TO-220) и значительных погрешностях измерения температуры корпуса.

Контролировать тепловое сопротивление “переход-корпус” сравнительно быстро можно способом, предложенным авторами и заключающемся в сравнении начальных участков ПТХ испытуемого и эталонного ИПН, или его поведенческой модели.

Анализируя полученные экспериментально переходные тепловые характеристики (ПТХ) — зависимости $T(t)$ (пример ПТХ для температуры перегрева кристалла относительно температуры окружающей среды приведен на рис. 5), установлено, что эти зависимости для условий решаемой задачи успешно аппроксимируются двумя экспонентами. В частности, для нахождения аппроксимирующей зависимости применялся метод наименьших квадратов с использованием алгоритма оптимизации Левенберга-Марквардта.

При разогреве ИМС LM2676 в корпусе TO-220-7 ее ПТХ аппроксимируется уравнением $T_j(t) = 97,53 - 42 \exp(-0,048t) - 55,53 \exp(-0,0079t)$. Отклонения от экспоненты заметны только в начале ПТХ (рис. 6).

Полученная зависимость также позволяет сформировать и использовать модель с сосредоточенными параметрами, реализованную по схеме Фостера или схеме Кауэра [11, 23].

Меньшая тепловая постоянная времени $\tau_1=20$ с характеризует начальный участок ПТХ, а большая $\tau_2=130$

с характеризует время установившегося процесса $4 \cdot \tau_2 = 520$ с. За время, сопоставимое с постоянной времени τ_1 , тепловые потоки от кристалла до корпуса стабилизируются, возможное увеличение теплового сопротивления проявится и это время можно использовать для сравнения ПТХ эталонной и испытываемой ИМС.

В установившемся режиме ИМС LM2676 температура корпуса T_c будет ниже температуры кристалла T_j на $R_{thjc} \times P \approx 3$ °C, а при увеличенном в 2 раза тепловом сопротивлении $2R_{thjc}$ температура кристалла T_j станет на 6 °C выше температуры корпуса T_c . За время, равное τ_1 , эти цифры уменьшатся и будут измеряться 1,5...3,0 °C, что соответствует изменению прямого напряжения UF на $p-n$ переходе при малом измерительном токе 3...6 мВ. Выявить такое изменение напряжения вполне возможно средствами модуля PXIe-4139, который обладает необходимыми метрологическими характеристиками.

Предлагаемый способ контроля теплового сопротивления ИПН реализуется следующим образом. Сначала из партии ИМС, намечаемой для автоматизированного контроля, выбирают одну ИМС в качестве эталонной и определяют для нее любым способом (например, по [15]) тепловое сопротивление "переход-корпус" R_{thjc} и переходную тепловую характеристику. Далее калибруют тестер — измеряют напряжение на переходе UF_1 при малом измерительном токе, затем подключают эталонную ИМС в номинальном режиме на заданное время, отключают нагрев и измеряют напряжение на диоде UF_2 при малом измерительном токе после нагрева. Сохраняют в памяти тестера 4 величины: длительность нагрева, величину измерительного тока и 2 напряжения на переходе: UF_1 и UF_2 , до и после нагрева. Длительность нагрева устанавливают сравнимой с тепловой постоянной времени τ_1 на начальном участке ПТХ. В дальнейшем вся партия испытываемых ИМС проходит через этот же тестер при тех же условиях. Если у них разность $UF_1 - UF_2$ оказывается такой же, как у эталонной ИМС, и напряжение UF_1 отличается незначительно, то испытываемой ИМС присваивается значение теплового сопротивления R_{thjc} такое же, как у эталонной ИМС [22].

Следует иметь в виду, что применяемый иногда так называемый "контроль качества посадки кристалла", заключающийся в кратковременном нагреве кристалла за несколько миллисекунд или даже нескольких секунд, не позволяет определить даже пятикратное превышение теплового сопротивления.

Заключение

На основе проведенного анализа измерительных схем, необходимых для контроля параметров микросхем определена невозможность использования серийных тестеров и предложен подход, ориентированный на создание универсальной измерительной платформы, позволяющей реализовать измерение параметров практически любых электронных компонентов.

Для создания нового тестера принята магистрально-модульная платформа PXIe, продвигаемая компанией National Instruments для систем автоматизированного тестирования. Сформирован минимальный набор модулей, обеспечивающий формирование конструкции тестера и контроль всех необходимых параметров ИМС ИПН. Изготовлены промышленные образцы тестеров, которые успешно прошли испытания в производственных условиях.

Высокие метрологические характеристики модулей тестера позволили определять ПТХ ИПН, тепловое сопротивление "переход-окружающая среда" R_{thja} и температуру $p-n$ перехода T_j и, соответственно, кристалла. Для контроля теплового сопротивления "переход-корпус" R_{thjc} ИПН предложен способ, использующий сравнение ПТХ контролируемой ИМС с эталонной на начальном участке ПТХ.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 8.1729.2017/4.6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тестер FORMULA® 2K. URL: form.ru/products/chip/F2K.
2. Тестер микросхем FT-17. URL: http://sovtest-ate.com/equipment/ft_17/.
3. Тестер «Вектор-М». URL: <https://225535-ru.all.biz/tester-analogovyh-integralnyh-shem-vektor-m-g1473823>.
4. Пат. 2392631 РФ, МПК G01R31/26. Устройство для измерения теплового сопротивления переход-корпус полупроводникового прибора / И. А. Мальцев, А. А. Мальцев; опубл. 20.06.2010. Бюл. № 17.
5. Патент РФ 2300115, МПК G 01 R31/26. Способ определения теплового сопротивления переход-корпус силовых полупроводниковых приборов в корпусном исполнении / Н. Н. Беспалов (RU), М. В. Ильин (RU); опубл. 27.05.2007. Бюл. № 15.
6. Патент РФ № 2402783, МПК G01 R31/26. Способ измерения теплового импеданса полупроводниковых диодов / В. А. Сергеев, В. И. Смирнов, В. В. Юдин и др.; опубл. 2010. Бюл. № 30.
7. Мальцев И.А., Мальцев А. А. Тепловое сопротивление как показатель надежности мощных выпрямительных мостов // Силовая электроника. 2010. № 5. С. 54–55.

8. Патент 2529761 Российская Федерация, МПК G01R31/00. Способ измерения теплового сопротивления переход-корпус полупроводниковых приборов и устройство для его реализации / И. А. Мальцев, А. А. Мальцев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева–КАИ» (RU). — № 2013118507/28; заявл. 22.04.2013; опубл. 27.09.2014. Бюл. № 27.
9. Патент № 2516609 — РФ, МПК G 01 R31/26. Способ определения теплового сопротивления переход-корпус транзисторов с полевым управлением/ Беспалов Н. Н., Лысенков А.Е.; опубл. 20.05.2014. Бюл. № 14.
10. Сергеев В.А., Юдин В. В. Измерение тепловых параметров полупроводниковых изделий с применением амплитудно-импульсной модуляции греющей мощности // Метрология. 2010. № 4. С. 37–47.
11. Вяхирев В. Измерение тепловых характеристик полупроводниковых электронных компонентов // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 3.
12. Сергеев В. А. Методы и средства измерения тепловых параметров полупроводниковых приборов и интегральных схем // Электронная промышленность. 2004. № 1. С. 45–48.
13. T3Ster — Thermal Transient Tester. URL: www.mentor.com/micred.
14. IC Thermal Measurement Method — Electrical Test Method (Single Semiconductor Device) EIA/JEDEC JESD51–1 standard. URL: <http://www.jedec.org/download/search/jesd51-1.pdf>.
15. ГОСТ 24461–80 Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1990. 64 с.
16. Испытательно-измерительный комплекс аппаратуры для определения тепловых и электрических характеристик и параметров силовых полупроводниковых приборов. URL: lab-centre.ru/mess111.htm.
17. Измеритель теплового сопротивления светодиодов и светодиодных модулей. URL: <http://www.yselectro.ru/rus/catalog/category38/category42/izmeritel.shtml>.
18. Беспалов Н.Н., Голембиовский Ю. М., Ильин М. В. Метод определения тепловых характеристик силовых полупроводниковых приборов // Вестник СГТУ. 2007. № 2 (24) Вып. 1. С. 88–94.
19. P. Szabo et al. Transient junction-to-case thermal resistance measurement methodology of high accuracy and high repeatability // Therminic. Sophia Antipolis, Cote d'Azur, France. 29 Sept.-1 Oct. France. 2004. P. 134141.
20. Дракин А.Ю., Зотин В. Ф., Потапов Л. А. Контроль параметров аналоговых микросхем, силовых диодов и транзисторов // СПб.: Изд-во Лань, 2018. 284 с.
21. Патент РФ 185535, МПК G01R31/28. Тестер микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения / А. Ю. Дракин (RU), В. Ф. Зотин (RU), Л. А. Потапов (RU), А. Н. Школин (RU), И. Ю. Бутарев (RU); опубл. 07.12.2018. Бюл. № 34.
22. Патент РФ 2653962. Способ автоматизированного определения теплового сопротивления кристалл-корпус силовых полупроводниковых приборов в корпусе исполнения / Л. А. Потапов (RU); опубл. 15.05.2018. Бюл. № 14.
23. Zhou Z., Holland P. M., Iqic P. Compact thermal model of a three-phase IGBT inverter power module // 2008 26th International Conference on Microelectronics. Nis, Serbia and Montenegro: IEEE, 2008. P. 167–170.

© Школин Алексей Николаевич (ixe@yandex.ru), Дракин Александр Юрьевич (ada108@yandex.ru),
Потапов Леонид Алексеевич (I.a.pota39@yandex.ua), Зотин Виталий Федорович (v.f.zotin@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОЧНОГО ЧАСТОТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИНВАРИАНТНОСТИ К ПОВОРОТУ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ТЕКСТУР¹

APPLICATION OF BLOCK FREQUENCY REPRESENTATION OF IMAGES WITH ROTATION INVARIANCE ELEMENTS FOR TEXTURE COMPARISON

A. Shoberg
K. Shoberg

Summary. Article describes block frequency transforms executions on example of the discrete cosine transform. Two execution variants lead to invariance to process direction. The proposed approach is used to store images in compressed form. At the same time, elements of invariance to rotations are preserved. Transform results are used to compare images including textures. The proposed approach can be used for other integral transforms.

Keywords: integral transforms, frequency domain, image compression, invariance, texture.

Шоберг Анатолий Германович

К.т.н, доцент, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shoberg@rambler.ru

Шоберг Кирилл Анатольевич

Аспирант, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shoberg@bmail.ru

Аннотация. В статье описываются варианты выполнения блочных частотных преобразований на примере дискретного косинусного преобразования. Два варианта выполнения приводят к инвариантности к направлению обработки. Предложенный подход используется для хранения изображений в сжатом виде. При этом сохраняются элементы инвариантности к поворотам. Результаты преобразований используются для сравнения изображений в том числе текстур. Предложенный подход может быть на другие интегральные преобразования.

Ключевые слова: интегральные преобразования, частотное представление, сжатие изображений, инвариантность, текстуры.

Введение

Публикации по применению частотных преобразований ограничиваются рассмотрением на основе традиционной схемы [1,2,3]. В эффективной системе сжатия данных JPEG применяется блочный подход к выполнению дискретного косинусного преобразования [2]. Сжатие изображения решает проблему уменьшения объема данных, необходимых для представления цифрового изображения. Это процесс, предназначенный для получения компактного представления изображения, тем самым снижая требования к хранению / передаче изображения. Целью сжатия является максимально возможное уменьшение количества бит при сохранении максимально возможного разрешения и визуального качества восстановленного изображения [4].

При сжатии часто используется промежуточное декоррелирующее преобразование (например, ДКП [2]).

Чтобы производить последующие операции, например, сравнение с шаблоном, требуется произвести обратное преобразование.

В ряде работ [5,6,7,8] предложены различные алгоритмы обработки данных непосредственно в частотном домене. При этом для вычисления частотных составляющих повернутого изображения используются дополнительные арифметические операции. Для ДКП можно использовать смену знака или умножение на -1 для ряда составляющих.

В настоящей статье рассматриваются вопросы формирования блочного частотного преобразования с элементами инвариантности к повороту за счет смены направления обработки для части блоков в кодере системы сжатия. При этом вычислительная сложность алгоритма остается прежней. База сжатых изображений на основе предлагаемой методики используется для сравнения текстур.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00181

Варианты выполнения двумерного блочное дискретного косинусного преобразование и его модификация

Основой двумерного дискретного косинусного преобразования является двумерное преобразование Фурье. Существует некоторое количество способов получения соотношений, которые позволяют производить расширения, в том числе и симметричные. Здесь возможны варианты с перекрытиями и без таковых. Наиболее востребованный путь заключается в том, что к изображению вплотную пристраивают его зеркальные отражения. Перекрытия отсутствуют. Таким образом, из первоначального массива, содержащего $N_1 \times N_2$ элементов получается массив из $2N_1 \times 2N_2$ элементов. На этой основе строится прямое ДКП [1]

$$X(v, u) = C(u)C(v) \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m, n) \cdot \cos\left(\frac{\pi u(2n+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2m+1)}{2N}\right)$$

где $X(m, n)$, $X(v, u)$ – входной и выходной наборы дискретных данных;

m, n, v, u – индексы во входном и выходном наборах;

$C(u)$, $C(v)$ – коэффициенты, зависящие от типа преобразования.

Данное выражение имеет преимущество по сравнению с преобразованием Фурье – в косинусном преобразовании присутствуют только действительные числа и сокращена избыточность спектральных составляющих. Обратное преобразование определяется близким выражением

$$x(m, n) = \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{N-1} C(u)C(v)X(v, u) \cos\left(\frac{\pi u(2n+1)}{2N}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi v(2m+1)}{2N}\right)$$

Применяя блочный подход к выполнению преобразования с использованием двумерных базисных функций (частично рассмотренный в [9]), рассмотрим размещение соответствующих наборов.

Выделим из выражения преобразования базисную функцию $\Phi(v, u, m, n)$, представляющую собой произведение двух гармонических функций

$$\Phi(v, u, m, n) = \cos\left(\frac{\pi u(2n+1)}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi v(2m+1)}{2N}\right). \quad (1)$$

Для четного количества блоков L и K каждый размером $N \times N$ с учетом (1) можно записать прямое блочное ДКП в традиционной форме

$$X_T(v, u, l, k) = C(v)C(u) \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m, n, l, k) \Phi(v, u, m, n), \quad (2)$$

где $l = 0, 2, \dots, L$, $k = 0, 2, \dots, K$ – номера блоков по вертикали и горизонтали, соответственно;

$X_T(v, u, l, k)$ – результат блочного преобразования в традиционной форме для фиксированных l и k ;

$x(m, n, l, k)$ – исходные данные для блочного преобразования в традиционной форме для фиксированных l и k .

Выборка исходных данных в (2) для $x(m, n, l, k)$ будет осуществляться в соответствии с выражением

$$x(m, n, l, k) = \begin{cases} x(lN + m, kN + n) \\ x(lN + m, (k+1)N + n) \\ x((l+1)N + m, kN + n) \\ x((l+1)N + m, (k+1)N + n) \end{cases}. \quad (3)$$

Запись будет производиться в блок

$$X_T(v, u, l, k) = \begin{cases} X_T(lN + v, kN + u) \\ X_T(lN + v, (k+1)N + u) \\ X_T((l+1)N + v, kN + u) \\ X_T((l+1)N + v, (k+1)N + u) \end{cases}. \quad (4)$$

Восстановление осуществляется в соответствии с выражением

$$x(m, n, l, k) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} C(v)C(u)X_T(v, u, l, k) \Phi(v, u, m, n), \quad (5)$$

где результат соответствует (3), а для вычислений используется (4).

Возможная блочная модификация из [10], распространенная на произвольное количество блоков для выражения аналогичного (2) может быть рассмотрена для двух видов.

Предлагаемое прямое блочное преобразование 1 типа для групп из четырех блоков будет рассчитываться в соответствии

$$x(m, n, l, k) = \begin{cases} x((l+1)N - (m+1), (k+1)N - (n+1)) \\ x((l+1)N - (m+1), (k+1)N + n) \\ x((l+1)N + m, (k+1)N - (n+1)) \\ x((l+1)N + m, (k+1)N + n) \end{cases}, \quad (6)$$

где размещение для (2) будет производиться подобными группами (X_T меняется на X_{S1})

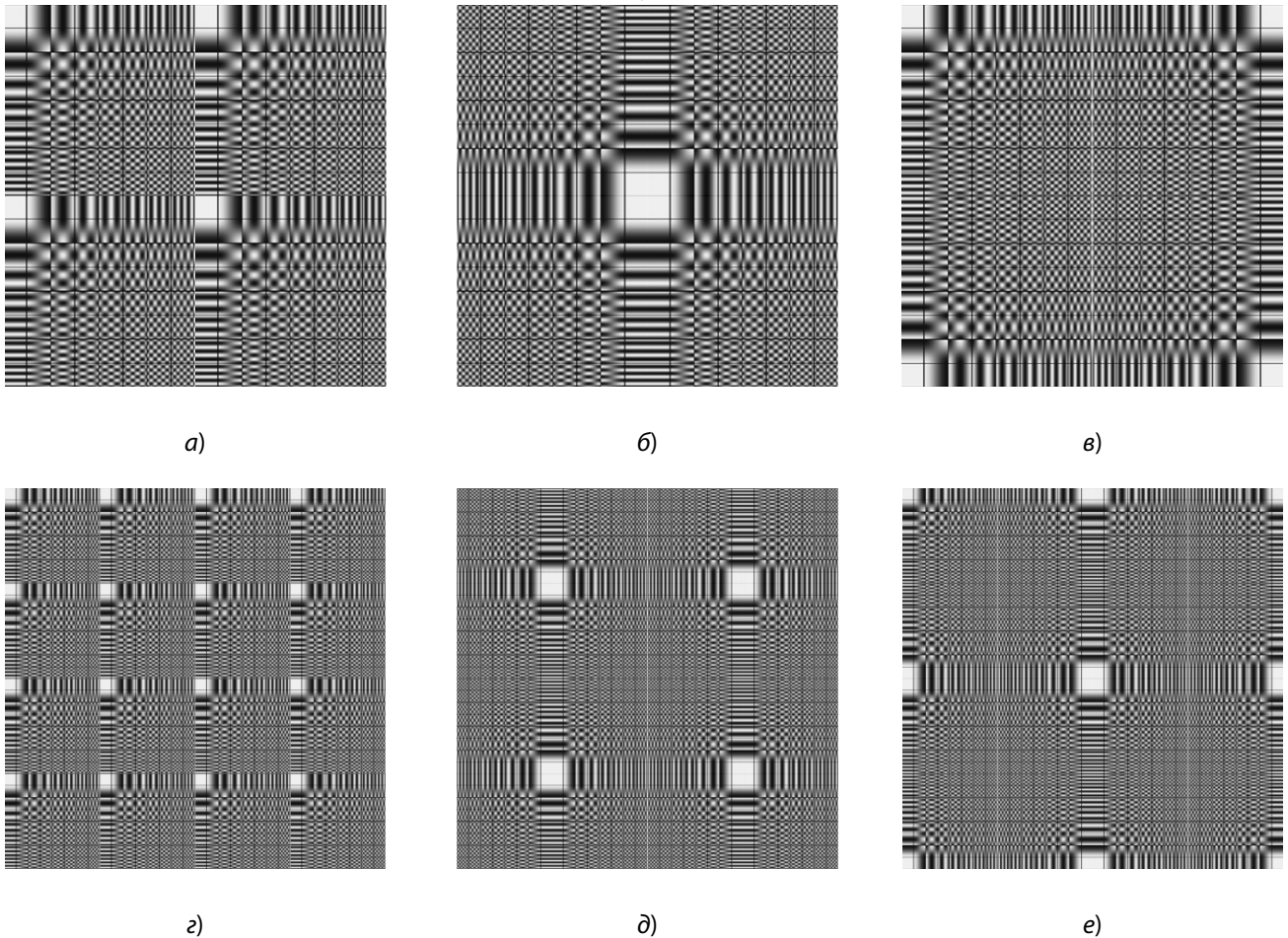


Рис. 1. Графическое представление наборов двумерных базисных функций ДКП на основе макроблоков

$$X_{S1}(v, u, l, k) = \begin{cases} X_{S1}((l+1)N - (v+1), (k+1)N - (u+1)) \\ X_{S1}((l+1)N - (v+1), (k+1)N + u) \\ X_{S1}((l+1)N + v, (k+1)N - (u+1)) \\ X_{S1}((l+1)N + v, (k+1)N + u) \end{cases} \quad (7)$$

Восстановление будет производиться по выражению (5) с такой же заменой.

Аналогичный подход используется для предлагаемого прямого и обратного блочного преобразования 2 типа. Используется выражение (2) для групп из четырех блоков в соответствии

$$x(m, n, l, k) = \begin{cases} x(lN + m, kN + n) \\ x(lN + m, (k+2)N - n) \\ x((l+2)N - m, kN + n) \\ x((l+2)N - m, (k+2)N - n) \end{cases} \quad (8)$$

запись будет производиться следующим образом

$$X_{S2}(v, u, l, k) = \begin{cases} X_{S2}(lN + v, kN + u) \\ X_{S2}(lN + v, (k+2)N - u) \\ X_{S2}((l+2)N - v, kN + u) \\ X_{S2}((l+2)N - v, (k+2)N - u) \end{cases} \quad (9)$$

На рис. 1 представлен ряд вариантов размещения наборов матриц двумерных базисных функций ДКП при увеличении их общего количества. На рис. 1, а представлен набор из четырех блоков для традиционного блочного преобразования (2), (3) и (4). На рис. 1, б и рис. 1, в наборы из 4-х блоков составлены в виде групп с элементами центральной симметрии. При этом рис. 1, б формируется на основе (6) и (7), а макроблок (группа из 4-х блоков) рис. 1 в, формируется на основе (8) и (9).

Увеличение количества макроблоков по вертикали и горизонтали для каждого из рассматриваемых вариантов (X_T , X_{S1} и X_{S2}) не влияет на симметрии в предлагаемых матрицах. Для традиционного блочного преобразования элементы центральной симметрии отсутствуют

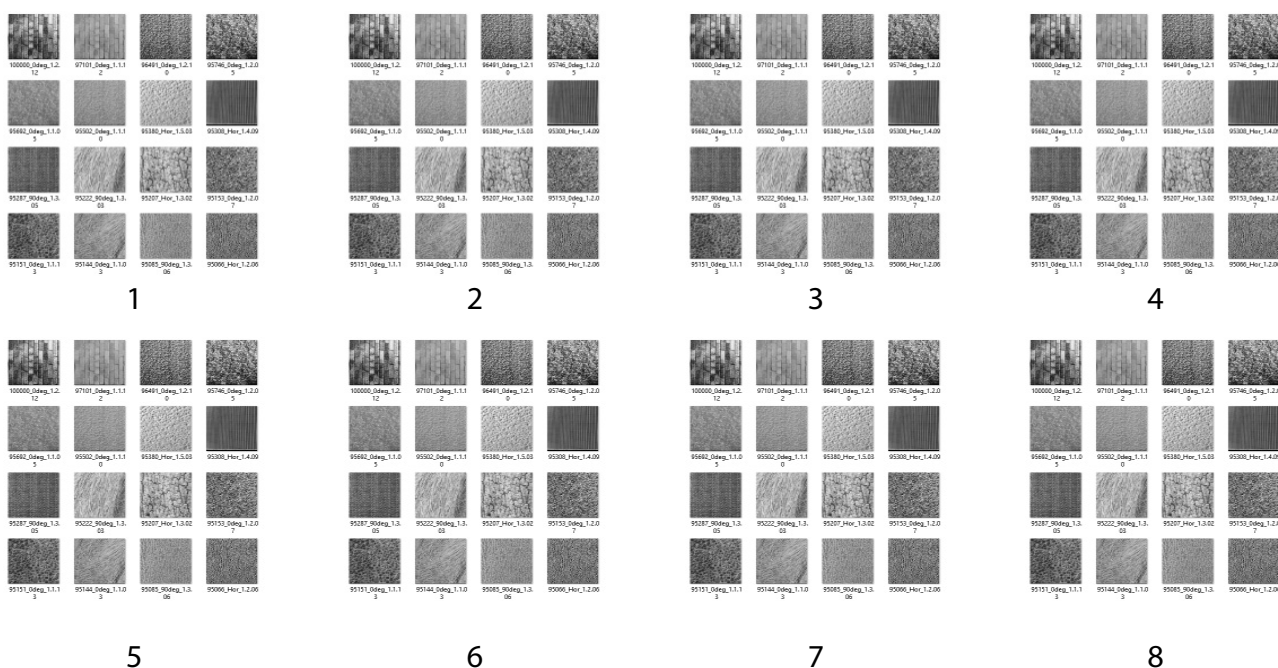


Рис. 2. Результат ранжирования по базе текстур (постоянная составляющая)

(рис. 1, г). Для вариантов на основе (6), (7) (рис. 1, д) и (8), (9) (рис. 1, е) элементы центральной симметрии по-прежнему присутствуют. Следует заметить, что на рис. 1, г повторяемость макроблоков составляет 1 блок, а для рис. 1, д и рис. 1, е повторение осуществляется через 2 блока.

Выражения (6), (7) и (8), (9) показывают, что они связаны между собой и отличаются смещением друг от друга на один блок по горизонтали и вертикали. Макроблок (рис. 1, б) присутствует в блочной матрице (рис. 1, е) по центру (смещение в блоках 1, 1), а макроблок (рис. 1, в) присутствует в центре рис. 1, д.

В рассматриваемых случаях для предлагаемых схем выполнения преобразования в целом увеличивается количество групп наборов матриц с элементами центральной симметрии. Изучение наборов элементов с наличием симметрии производится на основе «Теории групп». В минимальном случае следует отметить следующие положения.

В двумерном случае группы симметрий делятся на ряд классов, среди которых можно выделить:

- ◆ циклические группы, состоящие из поворотов вокруг неподвижной точки на углы, кратные $360^\circ/n$;
- ◆ бесконечные группы, которые получаются из одномерных групп симметрий добавлением переносов;
- ◆ диэдральные группы и мн. др.

Если рассматривать группы симметрий на примере квадрата, то он имеет четыре оси симметрии и одну центральную при которых при движении он отображается сам на себя. При этом некоторые вершины поменяются местами, а некоторые останутся неподвижными [11]. Таких движений 8, включающих 4 осевых симметрии и 4 поворота вокруг центра (0° , 90° , 180° , 270°). Эти восемь движений образуют некоммутлируемую группу симметрий квадрата. Четыре поворота вокруг центра образуют циклическую группу, которая является подгруппой группы симметрий квадрата. Эта группа коммутативна. Эти положения применимы при рассмотрении предлагаемой модифицированной схемы.

Так как для выражений (2) — (9) используются различные варианты размещения (местоположения результатов для различных частот не совпадают), для сравнения результатов можно использовать различные виды выполнения блочного преобразования с необходимым размещением результатов. Так блочное преобразование в традиционной форме с размещением результата в виде предлагаемого блочного преобразования 1 типа X_{TM1} для (2) следует использовать (3) с записью соответствующей (7). Для получения X_{TM2} (аналогично описанному) следует использовать (3) с записью соответствующей (9). В другом случае блочное преобразование 1 типа в предлагаемой форме с размещением результата в виде традиционного блочного преобразования X_{S1T} для (2) следует использовать (6) с записью соответствующей (4). Для получения X_{S2T} следует использовать (8)

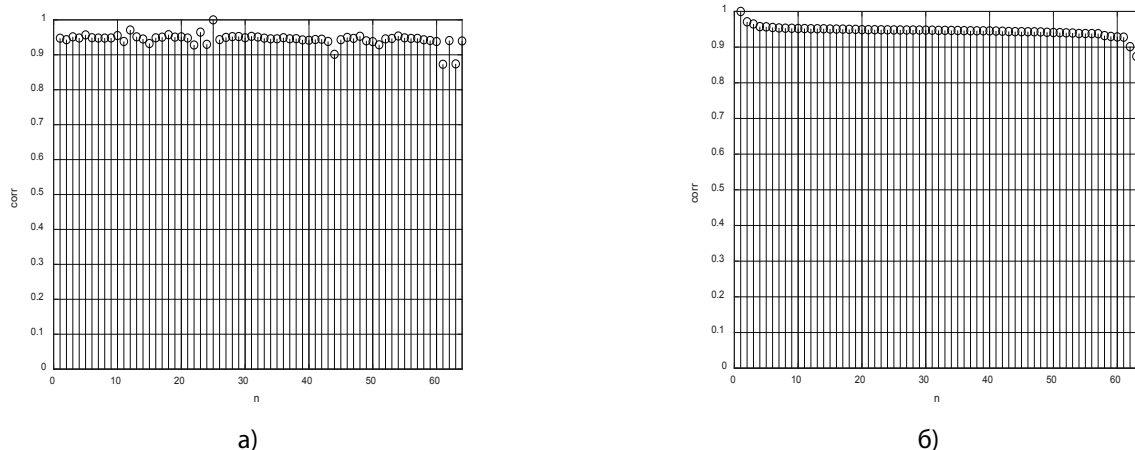


Рис. 3. Коэффициенты корреляции между образцом и изображениями в базе для постоянной составляющей

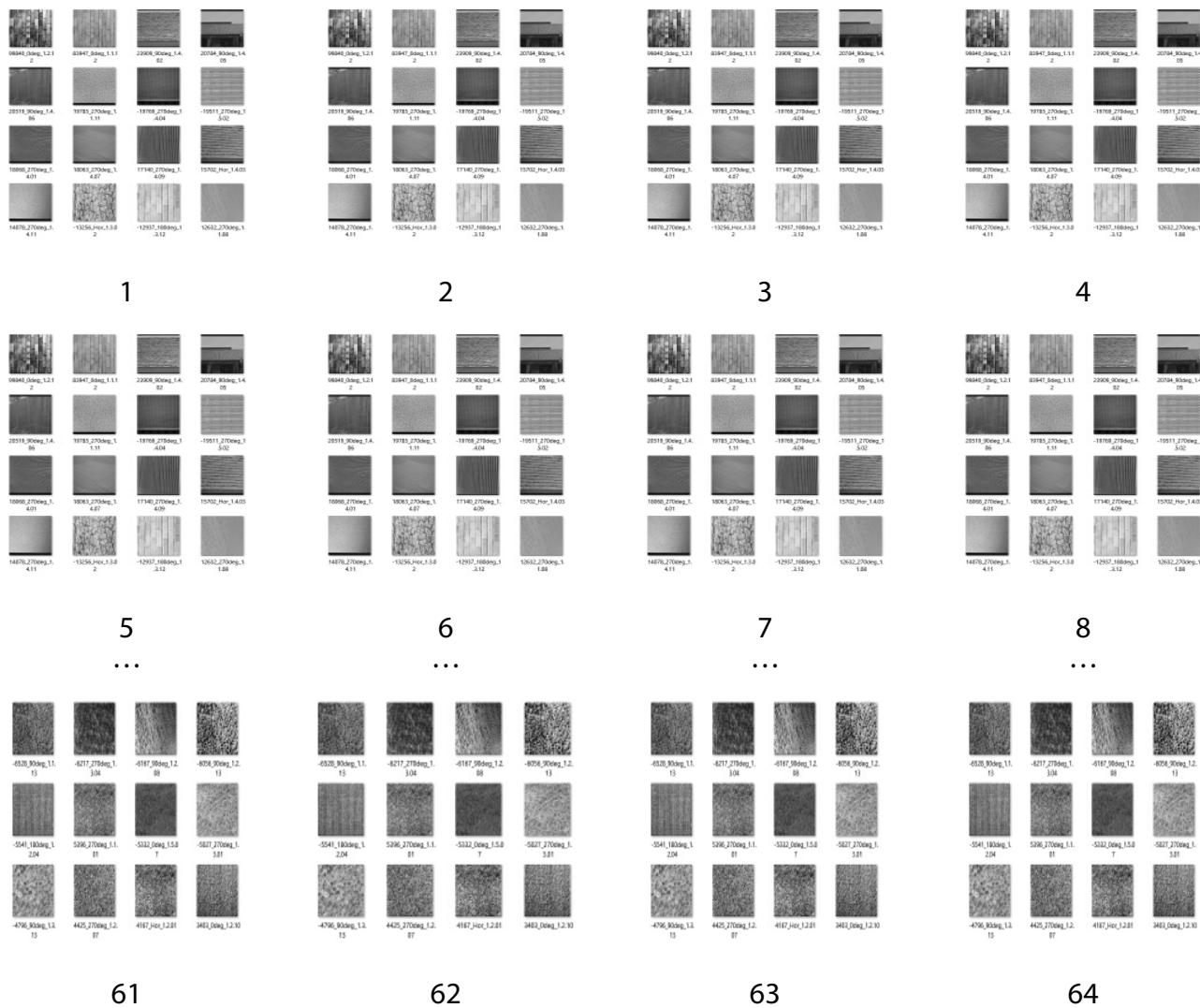


Рис. 4. Результат ранжирования по базе текстур (1 частотная составляющая)

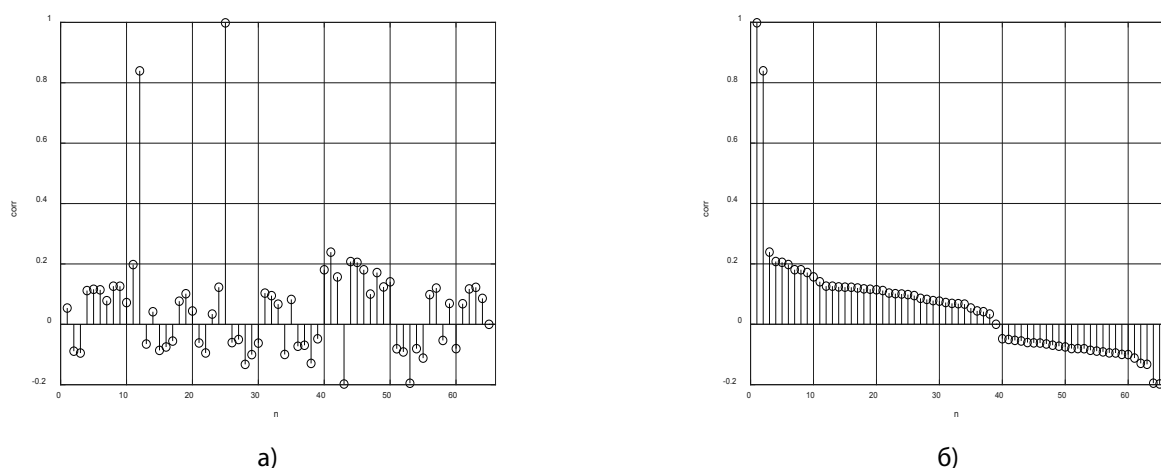


Рис. 5. Коэффициенты корреляции между образцом и изображениями в базе для постоянной — а, б и 1-й частотной составляющей — в, г

с записью соответствующей (4). Кроме того возможны виды $XS1S2$ — чтение (6), запись (9) и $XS2S1$ — чтение (8), запись (7).

Выражения (2) — (9) могут быть использованы для произвольных изображений или двумерных функций.

Результаты моделирования

На основе выражений, предложенных выше, производилось ДКП изображений блоками 8×8 (аналогично JPEG [2]) с выборкой и записью (6), (7). Производилось последовательное сравнение (на основе корреляции) образца с частотными представлениями изображений в базе данных. Использовались повороты на углы кратные 90° . Сравнения производились как по отдельным составляющим, так и по наборам частотных составляющих. В качестве исследуемых использовались в частности текстуры, как образцы с достаточно близкими характеристиками, и соответственно распознавание, которых достаточно затруднено.

Количество текстур в базе — 64 шт. Изображения представлены в 256 градациях яркости.

На рис. 2 представлены результаты сравнения с образцом по постоянной составляющей по всему изображению (представлены 8 текстур, имеющих максимальные значения корреляции с шаблоном). Образец для сравнения изображен на рис. 2, 1. Первые два изображения имеют максимальное соответствие. Текстура (рис. 2, 2) отличается от (рис. 2, 1) сниженным значением яркости. Образцы, представленные на рис. 2, 3–2, 7, могут рассматриваться как ошибочные. Изображение (рис. 2, 8) может рассматриваться, как близкое по ха-

рактеристикам (большое количество параллельных линий).

Зависимости, представленные на рис. 3, отражают значения коэффициента корреляции между образцом и текстурами из базы данных.

График на рис. 3, а показывает значения коэффициентов корреляции относительно положения изображения в базе данных, а график на рис. 3, б представляет те же значения в отсортированном по амплитуде виде. Для постоянной составляющей динамический диапазон изменения коэффициента корреляции составляет от 1 до 0.87 и составляет 0.13. Он имеет достаточно гладкий вид (рис. 3, б) без выбросов с высокими амплитудными характеристиками.

На рис. 4 показаны результаты ранжирования текстур, полученные в результате поиска по образцу с использованием 1-й частотной составляющей. В качестве образца использовалось тестовое изображение рис. 1, 1.

Максимальные соответствия по-прежнему имеют образец и его менее яркая копия (рис. 4, 1 и рис. 4, 2). Из первых 8 выбросом можно рассматривать только текстуру рис. 4, 6. Остальные изображения имеют достаточно сходную структуру (наличие регулярных прямых линий). При этом найдены также повернутые текстуры (рис. 4, 3 и рис. 4, 8). Текстуры, имеющие наименьшее сходство (нерегулярная структура), вынесены в конец списка (рис. 4, 61 — рис. 4, 64)

Графики на рис. 5, отражают значения коэффициента корреляции между образцом и текстурами из базы данных. Зависимость на рис. 5, а показывает значения

коэффициентов корреляции относительно положения изображения в базе данных, а график на рис. 5, 6 представляет те же значения в отсортированном по амплитуде виде.

Для 1-й частотной составляющей динамический диапазон изменения коэффициента корреляции значительно шире — от 1 до -0.2 и имеет резко выраженный нестационарный вид (рисунок 5, 6). По сравнению с постоянной составляющей динамический диапазон изменения коэффициента корреляции шире в 9.2 раза.

Заключение

Для блочных частотных преобразований при учете направления обработки возможны варианты выполнения, приводящие к различным результатам. Только часть из них имеет элементы инвариантности к направлению обработки. Их реализации бывают двух основных типов,

отличающиеся друг от друга смещением в размещении блоков базисных функций. Описанный подход может использоваться для произвольного четного количества блоков и для больших размерностей.

Предложенные выражения (6) — (9) показывают, что вычислительная сложность при реализации преобразований не изменяется, как для стандартных алгоритмов — $O(n^2)$, так и для их быстрых реализаций — $O(n \log(n))$. Это происходит вследствие того, что для каждого блока расчеты производятся независимо. Количество умножений и сложений остается прежним, изменяется только порядок выборки и записи элементов.

Описанные выражения могут быть использованы для компактного хранения данных различных размерностей, ускоренным поиском в частотной области с наличием повернутых экземпляров, как с использованием отдельных составляющих, так и их взвешенных наборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1989. — С. 448.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2005. — С.1072.
3. Шапиро Л., Стокман Дж., Компьютерное зрение. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. — С.721.
4. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: Диалог-МИФИ, 2002. — С. 384.
5. Chang T. and Kuo C.-C. J. Texture Analysis and Classification with Tree-Structured Wavelet Transform IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 2, No. 4, Oct., 1993. — PP. 429–441
6. Hsu Y.S., Prum S., Kagel J. H., Andrews A. C., Pattern recognition experiments in the Mandala/Cosine domain IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-5, No. 5, Sep. 1983. — PP. 521–529
7. Ngo C.-W., Pong T.-C., Chin R. T. Exploiting image indexing techniques in DCT domain Pattern Recognition 34 (2001), May, 2000. — PP. 1841–1851
8. Park, Y.S.; Park H. W. Design and analysis of an image resizing filter in the block-DCT domain. IEEE T. Circ. Syst. Vid. 2004, 14. — PP. 274–279.
9. Шоберг А. Г. Современные методы обработки изображений: мо-дифицированное вейвлет-преобразование. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. 2014. С. — 125.
10. Шоберг А. Г. Повышение устойчивости к повороту при разделимом частотном преобразовании изображений // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения, 2015, № 6(23). — С. 75–80.
11. Каргополов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. М: Наука, Физматлит, 1996. — С. 287.

© Шоберг Анатолий Германович (shoberg@rambler.ru), Шоберг Кирилл Анатольевич (shoberg@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОРГАНИЗАЦИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ДЕТЯМ С ПСИХИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗРЕШЕНИЯ

ORGANIZATION OF DENTAL CARE FOR CHILDREN WITH MENTAL ILLNESS: PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

*E. Alekseeva
A. Kovalevsky*

Summary. The article presents the data of dental examination of children with different degrees of mental retardation, the main indicators characterizing the dental condition of children. Legal normative documents regulating dental care for children with mental health disorders are also analyzed.

Keywords: mental retardation in children, caries, dental status in children.

Алексеева Екатерина Олеговна
Ассистент, Дальневосточный федеральный
университет
alekseeva.eo@dvfu.ru

Ковалевский Александр Мечиславович
Д.м.н., доцент, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская
академия им. С. М. Кирова» МО РФ

Аннотация. В статье приведены данные стоматологического обследования детей с различной степенью умственной отсталости, определены основные показатели, характеризующие стоматологическое состояние детей. Также проанализированы правовые нормативные документы, регулирующие стоматологическую помощь детям с нарушениями психического здоровья.

Ключевые слова: умственная отсталость у детей, кариес, стоматологический статус у детей.

Введение

Нестабильные социально-экономические, политические условия как в мире, так и в России приводят к снижению качества жизни людей, и, как следствие, влечет за собой повышение общей заболеваемости населения, росту психических расстройств. По данным ВОЗ к 2020 году психические расстройства войдут в первую пятерку заболеваний, которые ведут к потере трудоспособности. А значит, окажет негативное влияние на экономику страны, социальную сферу.

Поэтому в условиях финансово-экономической нестабильности важно определять уровень и качество жизни населения, а также состояние здоровья граждан в том числе и психическое. Так, ВОЗ в 2013 году утвердила «План действий ВОЗ по психическому здоровью 2013–2020 гг.» и отвела психическому здоровью одну из главенствующих ролей в формировании общего здоровья населения.

Показатели психической заболеваемости в Европейском регионе высоки и по данным ВОЗ составляет примерно 100 млн. испытывают депрессию и чувство тревоги, свыше 7 млн. — страдают болезнью Альцгеймера и другими видами деменции, около 4 млн. — шизофренией, 4 млн. — биполярными аффективными расстройствами, 4 млн. — пиначескими расстройствами.

Психические расстройства в Европе занимают третье место по значимости (после сердечно-сосудистых заболеваний и онкозаболеваний) и составляет 15,2% DALYs. Одной из наиболее трагических последствий психических заболеваний — самоубийство. Девять из десяти стран с высокими показателями самоубийства находятся на территории Европы. Согласно последним данным добровольно из жизни уходят около 150 тыс. человек ежегодно и примерно 80% из них мужчины [2]. В Европе самоубийство занимает второе место (после дорожно-транспортных происшествий) по причине смерти среди населения от 15–35 лет.

Распространенность психических заболеваний в России: Рост частоты возникновения ЧС, экономические изменения, сопровождающиеся снижением уровня и качества жизни людей, постоянная конкуренция на работе, смена ценностей и межрасовые конфликты — эти и многие другие факты влекут за собой увеличение чувство тревоги, депрессии, нарушение психического состояния. В России по данным ВОЗ, до 40% населения страдают нарушением психического здоровья различной степени тяжести. 17–21% населения России страдают различными расстройствами пищевого поведения, такими как анорексия, булемия. И доля больных от этих нарушений приходится на молодой возраст от 18–28 лет, что снижает общую трудоспособность населения в целом. Примерно 10% жителей России страдают от де-

прессивных расстройств, 2,3–3,1% диагностирована шизофрения, биполярным аффективным расстройством страдает 7% россиян [3].

В ответ на негативно меняющуюся экономически-социальную сферу в России растет разрыв между богатыми и бедными, что также усугубляет психологическое расстройство населения ввиду неудовлетворенности финансовой составляющей части населения. Индекс Джини, характеризующий доход населения и его дифференцировку в России составляет 24–26, а в таких регионах как Пермский край достигает 28–30. Для сравнения, в США этот индекс составляет 12–14, в странах Европейского Союза индекс Джини — 6–8. Чрезмерная поляризация богатых и бедных в стране ведет к повышению криминализации в стране, повышению нестабильности в экономической, социальной сфере и, как следствие, ведет к повышению числа суицидов и психическим расстройствам населения [3].

Вышеуказанные причины характерны и для Приморского края. Так, в 2017 году число больных с психическими расстройствами выявленных впервые увеличилось на 42,6% (по отношению к 2015 году) и составил 57,2 на 100 000 населения. Этот показатель на 39,5% выше показателя по России и на 8,9% выше показателя по ДВФО. Рост первичной заболеваемости взрослого населения в 2017 году увеличилась на 6,1%. Обращает внимание рост психических расстройств не психотического характера +8,6% в 2017 году и составил 228,6 на 100 тыс. населения (этот же показатель в 2015 году — 210,5 на 100 тыс. населения). Рост общей заболеваемости в Приморском крае в 2017 году вырос в двух возрастных группах: дети до 14 лет включительно и взрослые [1].

Наблюдается значительный рост первичной заболеваемости в возрасте 15–17 лет, прирост составил +53,1%, а величина показателя — 1001,4 на 100 тыс. населения (в 2015 году этот показатель составил 653,9 на 100 тыс. населения). Расстройства шизофренического спектра в данной возрастной категории в 2017 году составил 23,8 на 100 тыс. населения против 22,5 в 2015 году [2]. Рост заболеваемости подростков в Приморском крае происходит за счет психических расстройств не психотического характера. Темп прироста в данной диагностической группе составил +86,3%.

Рост пациентов с психическими расстройствами различной степени тяжести требует высококвалифицированной медицинской помощи, в том числе и стоматологической. Так, например, С. А. Мартынова установила, что стоматологический статус больных с психическими нарушениями различной степени тяжести характеризуется высоким индексом интенсивности кариеса зубов

и составил $16,56 \pm 0,91 - 21,56 \pm 0,81$, а распространенность заболеваний пародонта — 88%.

Н. И. Ломова и соавт. (2000 г.) выявили высокие показатели распространенности стоматологических заболеваний у детей с интеллектуальным дефицитом: кариеса зубов — 94,7%, заболеваний пародонта — 72,2%. Гигиеническое состояние полости рта составило 3,8 по Федорову-Володкиной и 1,8 по Грину-Вермиллиону и расценено как неудовлетворительное.

Таким образом, проблемы реализации профилактической и лечебной стоматологической помощи в современных условиях требуют совершенствования и адаптации к новым социально-экономическим условиям.

Цель работы: изучить стоматологический статус детей с умственной отсталостью различной степенью тяжести, выявить и проанализировать проблемы оказания стоматологической помощи детям данной категории.

Задачи: изучить нормативно-правовые акты, регулирующие порядок и объем стоматологической помощи детям, которые находятся в психоневрологических диспансерах, изучить и проанализировать обеспеченность кадрами и доступность стоматологической помощи для детей в психоневрологических диспансерах.

Материалы и методы

Были обследованы 35 детей, находящиеся на диспансерном учете с 2017 по 2018 г. в краевой психиатрической больнице в возрасте от 11–16 лет. Из них с диагнозом F70 (МКБ-10) «умственная отсталость легкой степени» — 35 детей. В качестве контрольной группы сравнения были обследованы 40 детей, в возрасте от 11–16 лет, не имеющих психических заболеваний и других хронических соматических заболеваний органов и систем.

Обследование имело комплексный подход и включало в себя:

1. Определение уровня гигиены полости рта (индекс Федорова-Володкиной, 1971 г.);
2. Определение наличия/отсутствия заболеваний слизистой оболочки полости рта;
3. Определить и проанализировать распространенность кариеса зубов.

Осмотр полости рта проводился согласно рекомендациям ВОЗ, с использованием стандартного набора стоматологических инструментов. Данные осмотра внесены в карту, рекомендованную ВОЗ. Осмотр проводился в соответствии с действующим законодательством РФ и с письменного согласия родителей. Статистическую

Таблица 1. Уровень гигиены полости рта у детей основных и контрольной групп

Группа обследуемых	Уровень гигиены	Хорошая гигиена полости рта	Удовлетворительный уровень гигиены полости рта	Неудовлетворительный уровень гигиены полости рта	Плохой и очень плохой уровень гигиены полости рта
1		6–8%	10–12%	43–55%	35–41%
2		23–26%	35–52%	15–17%	4–5%

обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010, «Statistika 6.0».

Работа также основана на углубленном изучении законодательных актов, нормативно-правовых документов, регулирующих характер, порядок и объем оказания стоматологической помощи детям с психическими заболеваниями.

Результаты исследования и их обсуждения

В первую группу были включены дети, не имеющие психических заболеваний, не состоящие на учете у других специалистов с хроническими и/или острыми патологиями органов и систем. Результаты первичного осмотра показали, что интенсивность кариозного процесса увеличивается при снижении умственных способностей.

Результаты

оценки уровня гигиены полости рта (табл. 1.) выявило, что у детей с умственной отсталостью 55% имеют неудовлетворительный уровень гигиены против 8% детей контрольной группы (т.е. не имеющих психических заболеваний). Такой высокий процент неудовлетворительной гигиены полости рта среди детей с умственной отсталостью, объясняется затруднением усвоения информации о полости рта. Нами выявлено, что при снижении интеллекта нарастает страх перед стоматологом, отсутствует мотивация к чистке зубов. Так, например, 48,3% детей с умственной отсталостью не чистят зубы вообще и не видят смысла, 41,7% респондентов чистят зубы 1 раз в день, еще 10% опрошенных затруднились дать ответ на этот вопрос.

При оценке состояния слизистой оболочки полости рта у детей с психическими заболеваниями были выявлены повреждения в 80% случаях:

- ◆ ангулярный хейлит — 76% детей;
- ◆ травматические поражения слизистой оболочки полости рта — 67% детей;
- ◆ стоматит различной этиологии — 14% детей.

У детей контрольной группы при обследовании слизистой полости рта были выявлены единичные случаи вирусного стоматита — 2,5% детей.

Анализируя одни из основных показателей стоматологического здоровья – распространенность, нами было выявлено: КПУ детей с умственной отсталостью составил $1,6 \pm 0,22$, что превысил в 2 раза показатель у психически здоровых детей КПУ $0,8 \pm 0,12$.

Одним из основных нормативно-правовых актов, регулирующих отношения, возникающие в сфере охраны здоровья граждан является ФЗ № 323-ФЗ от 21.11.2011 (ред. от 27.12.2018) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». В ст. 10. Закона отражена основополагающая мысль всего здравоохранения РФ: «доступность и качество медицинской помощи обеспечиваются наличием необходимого количества медицинских работников и уровнем их квалификации». По данным Госдоклада по Приморскому краю за 2017 год укомплектованность государственных учреждений здравоохранения составила 82,7%, из них сертификат специалиста имели 99,4%. Дополнительное профессиональное образование, в том числе на циклах профессиональной подготовки и циклах повышения квалификации прошли 29,7% докторов за 2017 год. За последние 10–15 лет социально-экономическая ситуация в Приморском крае не раз менялась, наблюдался «отток» высококвалифицированных медицинских работников. Однако, за последние 6 лет, при помощи программы «Земский доктор» лечебные учреждения края пополнились 243 врачами различных специализаций. Укомплектованность высококвалифицированными кадрами гарантирует качественную, своевременную медицинскую помощь, в том числе и детям, страдающим психическими заболеваниями [1, 5].

В Законе РФ № 3185–1 от 02.07.1992 (ред. от 19.07.2018) «О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее отказе» ст. 5 говорится, что «все лица, страдающие психическими расстройствами, при оказании психиатрической помощи имеют право на все виды лечения», в том числе и на стоматологическую помощь. Наличие психического заболевания и/или пребы-

вание в психоневрологических стационарах не должно являться препятствием для оказания высококвалифицированной стоматологической помощи [7].

В Приморском крае стоматологическую помощь детям с психическими заболеваниями оказывают специалисты краевых стоматологических учреждений. Согласно Приказа Министерства здравоохранения РФ № 33 от 06.02.01 «О введении специальности «стоматология профилактическая», гигиенист стоматологический осуществляет проведение профилактических мероприятий в учреждениях социальной защиты граждан, образования. К сожалению, не все психоневрологические диспансеры, школы — интернаты для детей с ограниченными возможностями имеют в штате врача стоматолога и/или гигиениста стоматологического [8].

Выводы

Таким образом, проведенное исследование выявило высокую кариозную активность у детей с умственной отсталостью различной степени. Также было установле-

но, что у детей с психическими нарушениями снижена мотивация к гигиене полости рта, что ведет к распространению кариозного процесса с вовлечением тканей пародонта.

Краткий анализ нормативно-правовых документов показал, что права на оказание высококвалифицированной помощи, в том числе и стоматологической, гражданам с психическими заболеваниями закреплено юридически. Однако, нехватка врачей-стоматологов и гигиенистов стоматологических в учреждениях стационарного типа, ведет к увеличению стоматологической заболеваемости среди данной категории граждан.

Дети с психическими заболеваниями требуют более тщательного подхода как в лечении стоматологической заболеваемости так и профилактическом уходе. Развитие комплексного лечения стоматологических заболеваний и профилактических мероприятий снизит распространенность кариеса среди детей с психическими заболеваниями и поможет социально адаптироваться к условиям жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Госдоклад «Состояние здоровья населения и организации здравоохранения на территории Приморского края в 2017 году»,
2. Стоматологический статус населения Дальневосточного региона/ Г.И. Оскольский, И. Д. Ушницкий, Е. Б. Завгородняя, А. В. Юркевич, Н. М. Машина, В. И. Баишева // Эндотонтия Today. — 2012 -№ 3. С. 10–14,
3. Проблемы организации стоматологической помощи в детских психоневрологических учреждениях в современных условиях/ Н. В. Тарасова, В. Г. Галонский// Российский стоматологический журнал. — 2012 — № 4. С. 45–50,
4. Комплексная оценка состояния здоровья детей с различной степенью умственной отсталости и организация реабилитационной помощи/ И. Р. Лебедева// Автореф. дис. . . . канд. мед. наук. — Томск, 2009.
5. ФЗ РФ № 323-ФЗ от 21.11.2011 (ред. от 27.12.2018) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».
6. ФЗ РФ № 3185-1 от 02.07.1992 (ред. от 19.07.2018) «О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее отказе».
7. Приказ Министерства здравоохранения РФ № 33 от 06.02.01 «О введении специальности «стоматология профилактическая»,
8. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 ноября 2012 г. №10н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям со стоматологическими заболеваниями» (с изменениями и дополнениями)

© Алексеева Екатерина Олеговна (alekseeva.eo@dvfu.ru), Ковалевский Александр Мечиславович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

NEW APPROACHES IN THE SURGICAL TREATMENT OF FRACTURES OF THE DISTAL HUMERUS

Al Abdallah Mohammad
E. Solod
N. Zagorodniy
M. Abdulhabirov
A. Lazarev
M. Dzhanibekov

Summary. Intra — and periarticular fractures of the distal humerus comprise from 0.5% to 15.3% of all fractures of the humerus and 3.5–5% of all fractures in adults. In recent years, the growing injury, including the localization. Treatment of fractures of the elbow joint is complex and not fully resolved problem of modern traumatology and orthopedics. This is due to the peculiarities of the structure and biomechanics of the elbow joint, predisposition to the occurrence of heterotopic ossification and the development of posttraumatic contractures. Incorrect healing of fractures leads to complications, so you need the exact matching of fragments. Treatment of intra — and periarticular fractures of the distal humerus remains a topical problem in traumatology. Common, both domestic and foreign authors, is the tactics of surgical treatment of such damage. This article presents one of methods of osteosynthesis of the lower third of the humerus is subcutaneous-subfascial osteosynthesis.

Keywords: distal humerus, subcutaneous-subfascial osteosynthesis, fracture, treatment.

Аль Абдаллах Мохаммад

Аспирант, Российский университет дружбы народов
toha.abdullah24@gmail.com

Солод Эдуард Иванович

Д.м.н., профессор, Российский университет дружбы народов, Центральный научно-исследовательский институт

Травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова
doctorsolod@mail.ru

Загородний Николай Васильевич

Д.м.н., профессор, Российский университет дружбы народов, Центральный научно-исследовательский институт

Травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова,
Руководитель Клиники эндопротезирования
zagorodniy51@mail.com

Абдулхабилов Магомед Абдулхабилович

К.м.н., доцент, Российский университет дружбы народов
abdulhabirov@yandex.ru

Лазарев Анатолий Федорович

Д.м.н., профессор, Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова
lasarev.anatoly@gmail.com

Джанибеков Мусса Хасанбаевич

Аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова
inko_1@bk.ru

Аннотация. Внутри- и околосуставные переломы дистального отдела плечевой кости составляют от 0,5% до 15,3% всех переломов плечевой кости и 3,5–5% от всех переломов костей у взрослых. В последнее время травматизм растет, в том числе и данной локализации. Лечение переломов локтевого сустава является сложной и до конца не решенной проблемой современной травматологии и ортопедии. Это связано с особенностями строения и биомеханики локтевого сустава, предрасположенностью к возникновению гетеротопической оссификации и развитию посттравматических контрактур. Неправильное сращение переломов ведет к возникновению осложнений, поэтому необходимо точное сопоставление отломков. Лечение внутри- и околосуставных переломов дистального отдела плечевой кости до настоящего времени остается актуальной проблемой в травматологии. Общепринятой, как отечественными, так и зарубежными авторами, является тактика оперативного лечения таких повреждений. В данной статье представлен один из способов остеосинтеза нижней трети плечевой кости — подкожно-субфасциальный остеосинтез.

Ключевые слова: дистальный отдел плечевой кости, подкожно-субфасциальный остеосинтез, перелом, лечение.

Внутри- и околоуставные переломы дистального отдела плечевой кости составляют от 0,5% до 15,3% всех переломов плечевой кости и 3,5–5% от всех переломов костей у взрослых [1]. В последнее время травматизм растет, в том числе и данной локализации. Лечение переломов локтевого сустава является сложной и до конца не решенной проблемой современной травматологии и ортопедии. Это связано с особенностями строения и биомеханики локтевого сустава, предрасположенностью к возникновению гетеротопической оссификации и развитию посттравматических контрактур. Неправильное сращение переломов ведет к возникновению осложнений, поэтому необходимо точное сопоставление отломков.

Лечение внутри- и околоуставных переломов дистального отдела плечевой кости до настоящего времени остается актуальной проблемой в травматологии. Общепринятой, как отечественными, так и зарубежными авторами, является тактика оперативного лечения таких повреждений.

Еще в 60-х годах прошлого века Каплан А. В. разработал общие принципы диагностики, лечения и показаний к оперативному лечению. Предложенные им способы остеосинтеза и разработанные им пластины способствовали внедрению в практику методов хирургического лечения внутри и околоуставных переломов дистального отдела плечевой кости

По мнению С. П. Миронова проблема восстановления локтевого сустава является наиболее сложной в современной травматологии и ортопедии, а поиск новых подходов к её решению весьма актуален. Лечение внутри- и околоуставных переломов дистального отдела плечевой кости до настоящего времени остается актуальной проблемой в травматологии. Общепринятой, как отечественными, так и зарубежными авторами, является тактика оперативного лечения таких повреждений [7].

В настоящее время описано около 30 различных возможных доступов к области локтевого сустава [3,4]. Известно множество техник остеосинтеза внутри- и околоуставных переломов дистального отдела плечевой кости. Однако, в своих работах А. В. Бабовников [2] и D. Ring [5] указали на то, что большое количество возможных способов лечения привело к широкому их применению без учета показаний и противопоказаний. При этом увеличилось количество послеоперационных осложнений из-за неадекватного доступа и техники оперативного вмешательства. В дальнейшем это привело к трудностям в реабилитации и восстановлении застарелого или неправильно сросшегося повреждения. Горшунов Д. Е своей работе отметил,

что неправильный выбор доступа приводит к ограничению возможности полноценной ревизии сустава и периартикулярных тканей, что затрудняет или делает невозможным дальнейшее выполнение необходимых манипуляций и оперативных приемов, и приводит к возникновению интра- и послеоперационных осложнений [6].

Следует заметить, что при любом доступе существует риск повреждения сосудов и нервов. Поэтому необходимо дальнейшее изучения оперативных доступов, определить наиболее безопасный и прогностически благоприятный доступ, выработать определенный алгоритм в технике операций при внутри и околоуставных переломах в области нижней трети плеча.

В связи с этим тема актуальна и требует дальнейшего изучения.

Цель исследования: оценить эффективность подочно — субфасциального остеосинтеза околоуставных переломов дистального отдела плечевой кости.

Материалы и методы

Произведен анализ лечения 32 пациентов с околоуставными переломами дистального отдела плеча в условиях 1-го травматолого-ортопедического отделения ЦИТО им. Н. Н. Приорова. Из них 10 пациентам была выполнен подочно–субфасциальный остеосинтез диафиза плечевой кости за период с 2002 г. по 2018 г. Возраст пациентов составлял от 18 до 73 лет. Операции производились в срок от 1 до 3 недель после травмы.

Использованы следующие методы исследования: клинический, лучевой (МРТ, КТ, Rg), статистический.

Для остеосинтеза внутри- и околоуставных переломов использовали LCP-пластины, спицы Киршнера, позиционные винты.

Методика операций

Производят проксимальный и дистальный разрез относительно области перелома («технологические окна»), осуществляют под контролем ЭОПа закрытую репозицию перелома. Далее формируют канал для пластины (Рис. 1), учитывая расположение сосудисто–нервных пучков. В сформированный канал укладывают пластину, под контролем ЭОПа. Через которые проводят винты и фиксируют пластину.

С первого дня после операции назначено ЛФК для сохранения объема движений в локтевом суставе, а также тонуса мышц конечности.

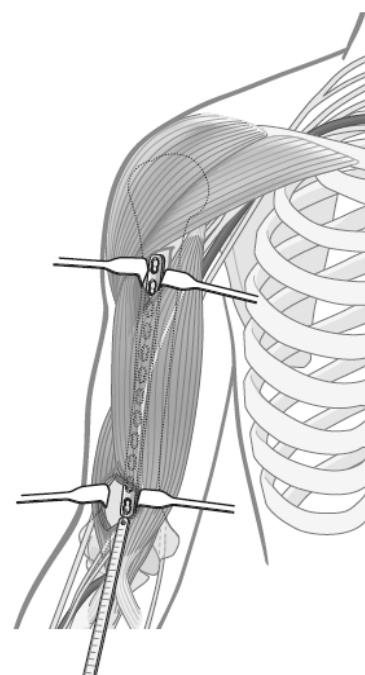
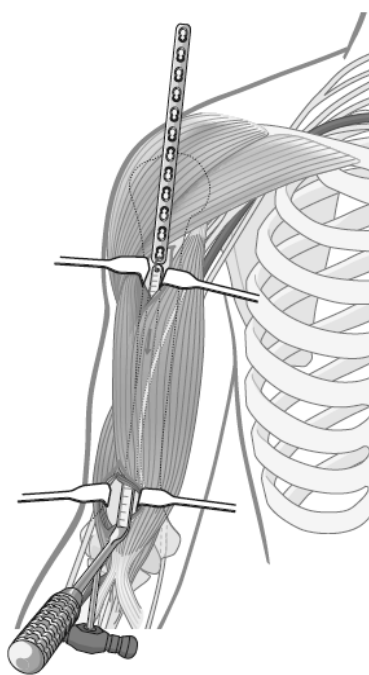
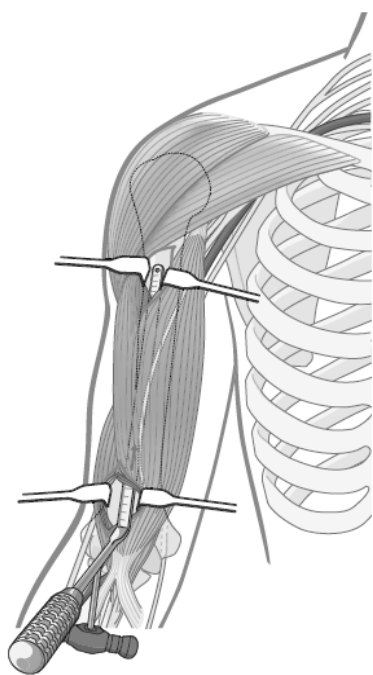


Рис. 1. Методика операции. Подкожно — субфасциальный стеосинтез плечевой кости. Передний доступ.

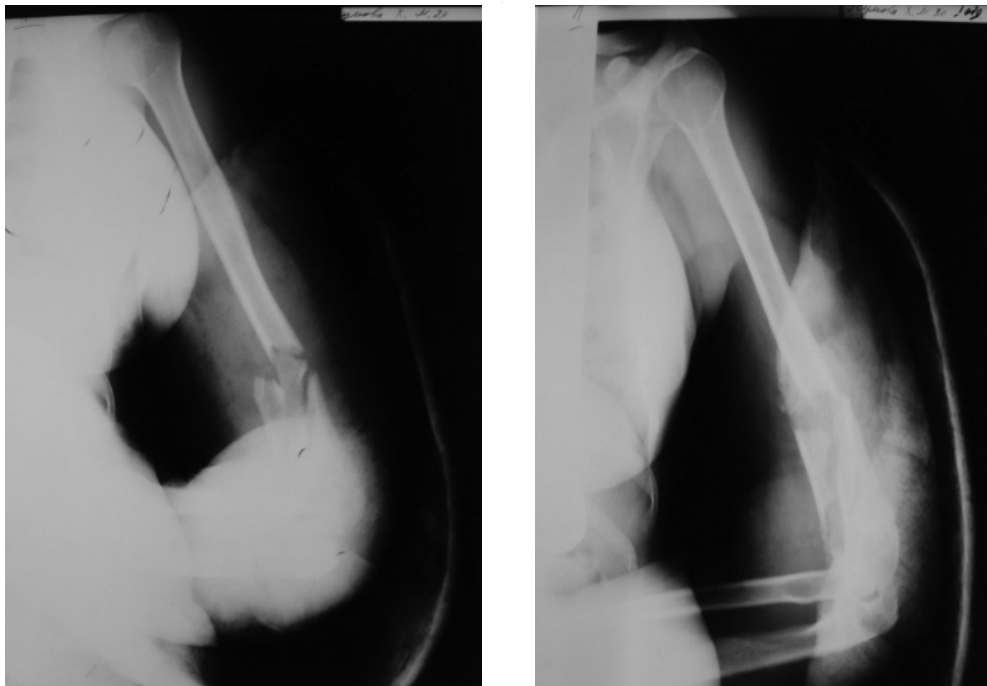


Рис. 2. Рентгенограммы правого плеча.

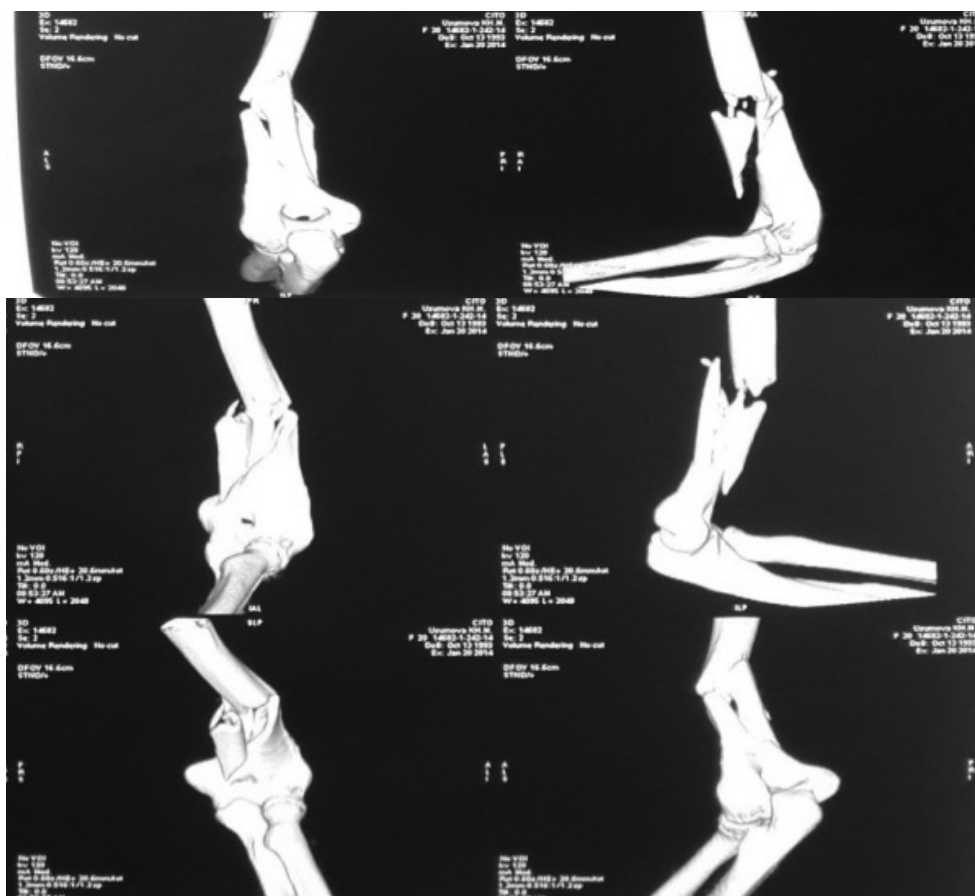


Рис. 3. КТ правого плеча.



Рис. 4. Остеосинтез левой плечевой кости метафизарной пластиной и винтами.

В послеоперационном периоде больные проходили курс физиотерапии и лечебной физкультуры.

Результаты

Средний срок стационарного лечения пациентов составил 14 дней. При оценке результатов лечения оценивали степень восстановления функции локтевого сустава. В процессе динамического наблюдения мы выделяли три периода: ранний послеоперационный — до 14 дней с момента операции, среднесрочный — 6 месяцев и более с момента операции и отдаленный — от года и больше. У пациентов исследуемой группы на 1–2 сутки после операции назначалось ЛФК (пассивные движения и изометрические нагрузки).

В настоящее время существует несколько систем оценки функциональных результатов лечения переломов дистального отдела плечевой кости [8, 9, 10]. Строгость критериев оценки в различных системах значительно отличается. Мы использовали в нашем анализе наиболее строгую систему оценки функциональных результатов лечения (Jupiter et al., 1985) [8]. Отличная оценка даётся при ограничении разгибания до 15 градусов и сгибания до 130 градусов; хорошая — при ограничении разгибания до 30 градусов, сгибания до 120 градусов; удовлетворительная оценка — ограничение разгибания до 40 градусов, сгибания до 90–120 градусов; плохая оценка — при ограничении разгибания более 40 градусов и сгибания менее 90 градусов. Учитываются также субъективные симптомы и рентгенологические данные для полной оценки результата лечения.

Используя данную систему оценки, отличные результаты лечения получены у 4 пациентов (40%), хорошие — у 5 пациентов (50%), удовлетворительные — у 1 (10%). Таким образом, отличные и хорошие функциональные результаты лечения были достигнуты в 90% случаев, плохих результатов в изучаемой группе не зафиксировано.

Пациентка У. 20 лет, диагноз: оскольчатый перелом левой плечевой кости в нижней трети со смещением отломков. Со слов пациентки травму получила в результате ДТП 15.01.14 г. Назначен план обследования: анализы под наркоз, ЭКГ, рентгенограммы грудной клетки, левого плеча (рис. 2), КТ правого плеча (рис. 3), консультация терапевта, невролога, анестезиолога.

21.01.2014 г. произведена операция: открытая репозиция, остеосинтез левой плечевой кости метафизарной пластиной и винтами. (рис. 4)

В положении пациентки на животе произведена обработка кожных покровов р-рами антисептиков. Левый локтевой сустав согнут под углом 90°. Обнажено место перелома, дистальный метаэпифиз левой плечевой кости. При ревизии определяется многооскольчатый характер перелома, имеются 3 крупных костных отломков, мышелки плеча целые. Произведено выделение локтевого нерва, и выделение медиального мышелка. Выполнена периневральная новокаинизация нерва. Произведена репозиция перелома левого плеча. Осколки отрепонированы, между собой временно фиксированы спицами, затем 2 кортикальными винтами. На плечевую кость уложена экстраартикулярная медиальная

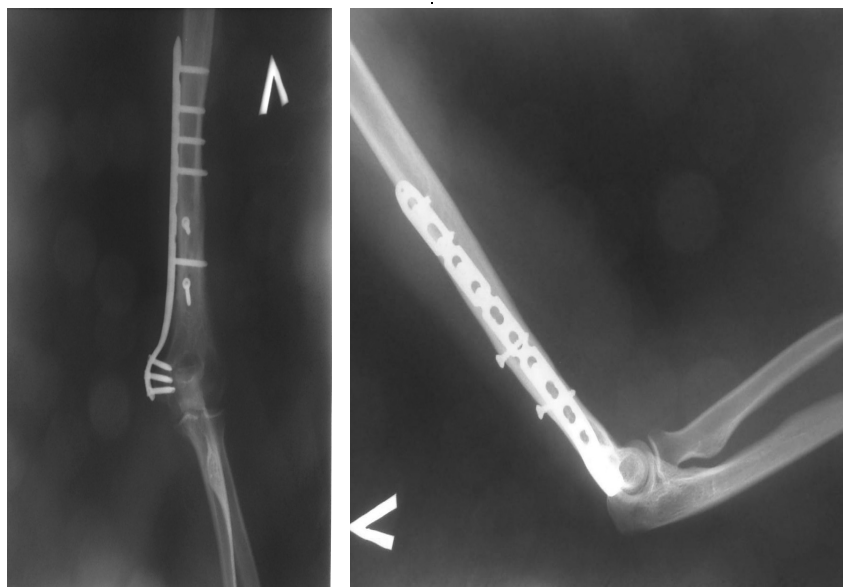


Рис. 5. Сросшийся перелом нижней трети левой плечевой кости, состояние после металлоостеосинтеза пластиной.

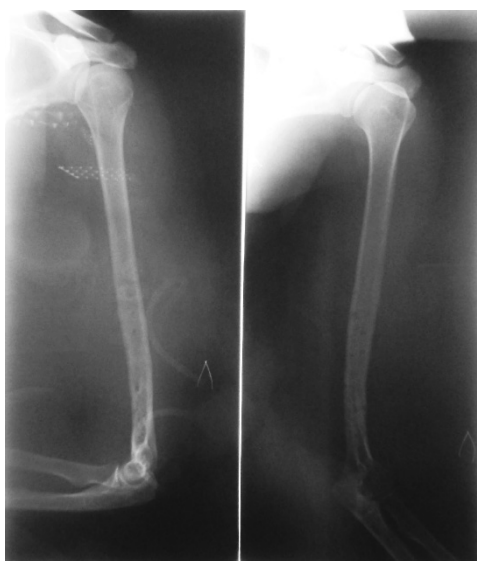


Рис. 6. Рентгенограммы после удаления металлоконструкций из левой плечевой кости.

дистальная пластина LCP. Костные фрагменты были фиксированы через пластину винтами. Произведена мягкотканая прослойка между пластиной и локтевым нервом.

С первого дня после операции назначено ЛФК для сохранения объема движений в левом локтевом суставе, а также тонуса мышц конечности. Через 14 дней после операции раны зажили первичным натяжением. 03.02.2014 г. пациентка выписана на амбулаторное долечивание по месту жительства с рекомендациями.

Через 1 год после операции на контрольных снимках полное сращение переломов.(рис.5)

13.03.15 г. Произведено удаление металлоконструкций. (рис. 6) После удаления металлофиксаторов объем движений в левом локтевом суставе полный. (рис. 5) 07.07.2006 г. Выписана на 14 суток после операции.

Пациентка Б. 26 лет поступила с диагнозом: оскольчатый перелом нижней трети правой плечевой кости со смещением отломков. Со слов пациентки травма



Рис. 7. Внешний вид пациентки.

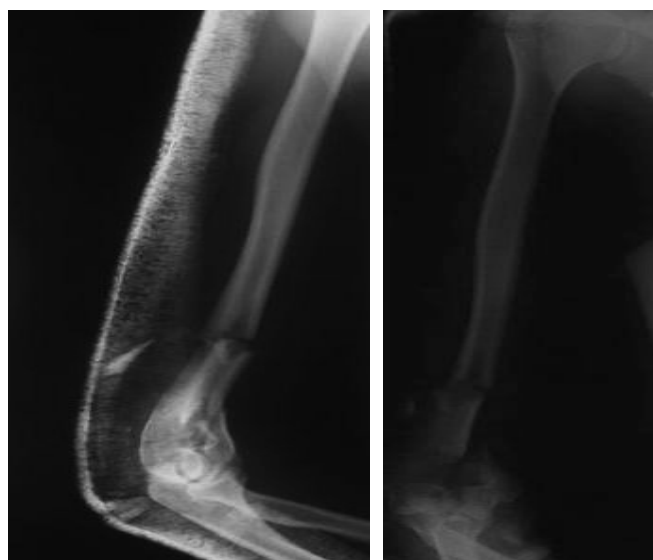


Рис. 8. Оскольчатый перелом нижней трети диафиза, перелом мыщелков правой плечевой кости.

от 10.06.07 в результате ДТП. Больной произведена ПХО ран области правого плеча, наложена гипсовая лонгета. 27.06.2007 г. под наркозом произведена операция: остеосинтез правой плечевой кости диафизарной пластиной LCP и винтами, перкутантный остеосинтез мыщелков канюлированными винтами. Послеоперационное течение гладкое, заживление ран первичным натяжением, швы сняты на 13 –е сутки после операции.

Ход операции. Произведен разрез кожи в области наружного мыщелка правой плечевой кости. Произведено формирование туннеля по задне-наружной поверхности плечевой кости. Затем произведен разрез кожи по задней поверхности нижней трети правого плеча. Произведен послойный доступ через сухожилие трехглавой мышцы к области перелома. Сформирован

туннель по наружно-задней поверхности плечевой кости в проксимальном направлении. По сформированному каналу введена пластина LCP на 12 отверстий. Далее выполнен разрез кожи в проекции проксимальной части пластины. Произведен доступ к проксимальной части пластины через мышцы. Пластина уложена по оси плеча. Произведена репозиция отломков на пластине. Достигнуто удовлетворительное положение отломков в области перелома, устранены основные смещения. Пластина зафиксирована в дистальной части 4 винтами LCP. Произведена дополнительная фиксация проксимальной части пластины 3 винтами. Под контролем ЭОП-а через блок сустава перкутанно проведены два канюлированных винта. При рентгеноскопии положение отломков удовлетворительное, подвижности отломков нет.

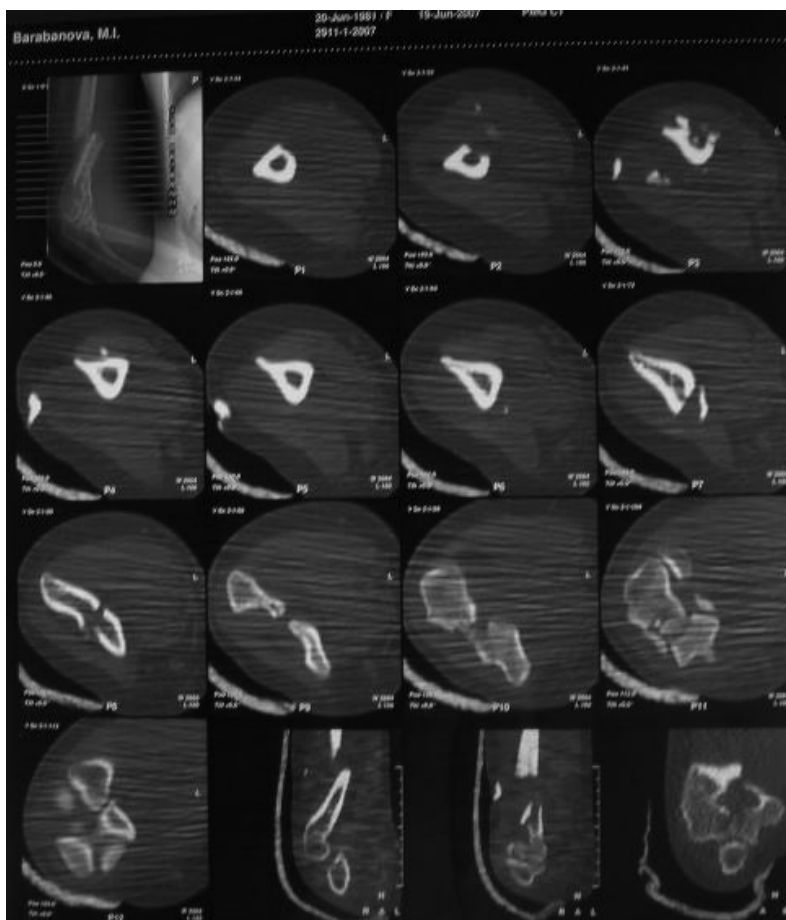


Рис. 9. КТ исследование правого плечевого сустава.

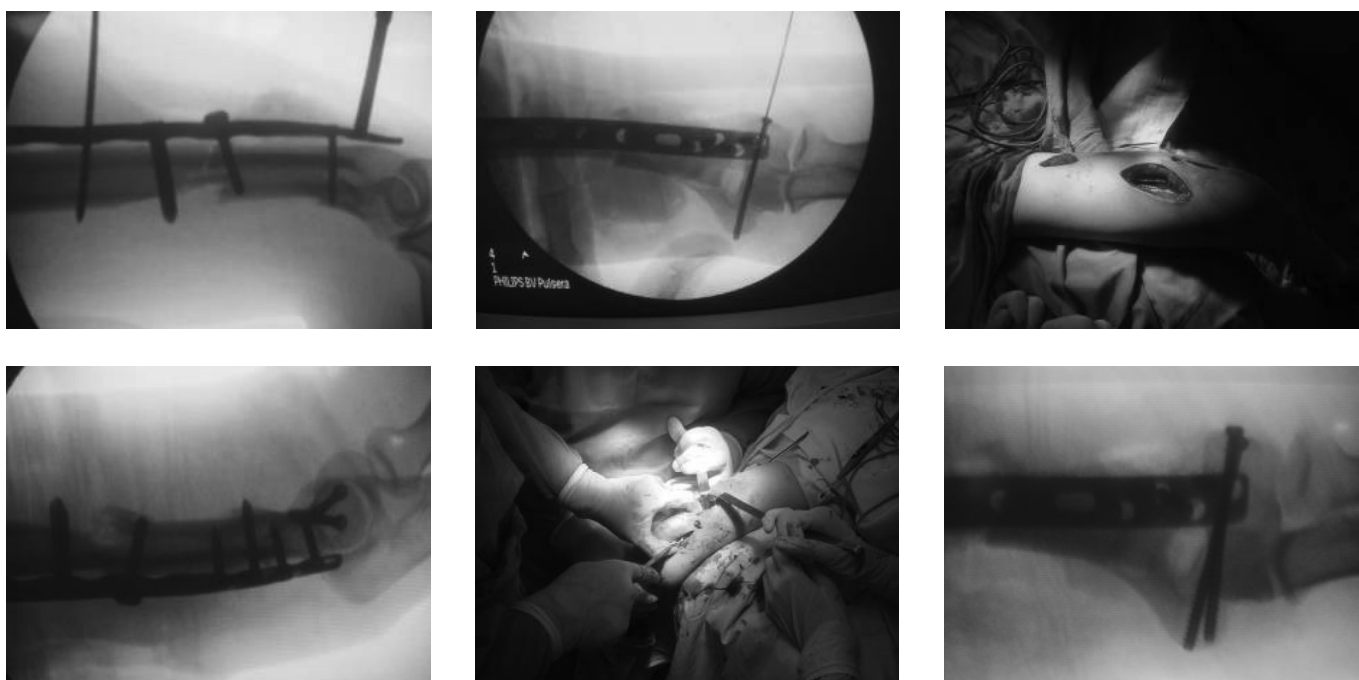


Рис. 10. Ход операции.

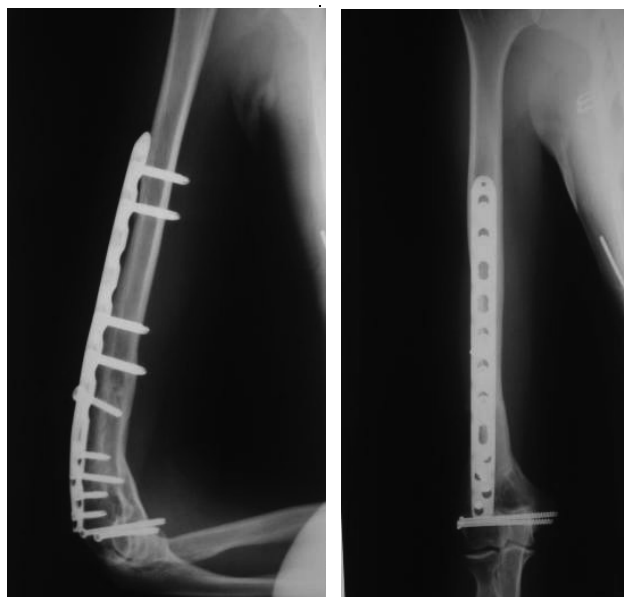


Рис. 11. Сросшиеся переломы диафиза и мыщелков правой плечевой кости. 1 год 3 месяца после остеосинтеза.



Рис. 12. Функциональный результат через 1 год 3 месяца после остеосинтеза правой плечевой кости.

24.09.08 г. произведено удаление металлофиксаторов. Через 10 дней пациентка выписана домой.

Обсуждение

Существует несколько методов фиксации, а именно: фиксация пластиной, внутрикостный остеосинтез и наружная фиксация. Выбор методики основывается на со-

стоянии мягких тканей, месте и конфигурации перелома, качестве кости, диаметре костномозгового канала, условиях и доступных ресурсах, умении и опыте хирургов. В то время как внешняя фиксация, как правило, используется для открытых переломов или закрытых травм с обширным повреждением мягких тканей, то применение пластины и внутрикостного остеосинтеза может применяться для большинства переломов диафиза плечевой



Рис. 13 Rg после удаления металлофиксаторов.

кости. Интрамедуллярный внутрикостный остеосинтез может быть выполнен через относительно мелкие отверстия, что вызывает меньшие повреждения мягких тканей. Но в некоторых случаях проведение интрамедуллярного остеосинтеза невозможно. Противопоказанием для данного способа фиксации является небольшой диаметр костномозгового канала ($< 6-7$ мм), что увеличивает риск возникновения ожога кости; выраженная деформация костномозгового канала плечевой кости, инфекционная контаминация костномозгового канала. В данных случаях может быть предложен подкожно-субфасциальный остеосинтез. С другой стороны, фиксация пластиной — технически требовательная процедура, требующая длительного обнажения кости и рассечения мягких тканей, но способная обеспечить стабильную фиксацию. Для того, чтобы воспользоваться всеми плюсами, и избежать минусов открытого наложения пластины, таких как излишнее обнажение мягких тканей и как следствие их деваскуляризация, пластина может быть введена с использованием техники MIPO (minimally invasive plate osteosynthesis — минимально инвазивный остеосинтез пластиной). По нашему мнению, проблема в применении MIPO при переломе диафиза плеча состоит в наличии рядом проходящих крупных нервов и плечевых сосудов, которые при их травмировании могут привести к серьезным последствиям. Анатомические исследования показали, что область между передней поверхностью диафиза плечевой кости и плечевой мышцей является так называемой «безопасной зоной», которую не пересекают никакие крупные нервы и сосуды, за счет чего эта область пригодна для применения техники MIPO [11].

По нашему опыту основными причинами осложнений после хирургического лечения переломов плеча

являются: неадекватный хирургический доступ, технические ошибки в ходе выполнения остеосинтеза, неадекватный выбор фиксатора, нестабильная фиксация, длительность и травматичность первичной операции.

Подкожно — субфасциальный остеосинтез является одним из малоинвазивных методов остеосинтеза. На наш взгляд, данный метод остеосинтеза позволяет уменьшить травматичность операции, уменьшить сроки реабилитации и восстановления функций верхней конечности. При этом обеспечить стабильность фиксации.

Однако, всегда существует риск повреждения сосудов и нервов в ходе операции, поэтому необходимо формировать канал для пластины с учетом возможных осложнений, правильно подбирать размер пластины для обеспечения стабильности фиксации. Данный метод остеосинтеза противопоказан при гнойных осложнениях, при многооскольчатых переломах и при внутрисуставных переломах, когда невозможно обеспечить достаточную стабильность остеосинтеза.

Таким образом, данный способ остеосинтеза относится к малоинвазивным методикам остеосинтеза, что соответствует основным требованиям и тенденциям в лечении переломов в травматологии и ортопедии и должен использоваться повсеместно в лечении переломов плечевой кости.

Выводы

В ходе клинических наблюдений нами было выявлено, что подкожно — субфасциальный остеосинтез обеспечивает стабильную фиксацию отломков. Данная

техника остеосинтеза может быть предложена при переломах нижней трети плечевой кости, в частности, и при переломах длинных трубчатых костей, в общем, и может быть предложен при невозможности проведения интрамедуллярного внутрикостного остеосинтеза. Подкожно — субфасциальный остеосинтез позволяет уменьшить размеры доступа, избежать деваскуляризации тканей, что в свою очередь обеспечивает лучшее сраще-

ние переломов, а минимизация хирургического доступа обеспечивает меньшую травматизацию мышц и обуславливает раннее начало реабилитации и возможность раннего начала ЛФК. «Технологические окна» позволяют обойтись без выделения локтевого нерва в ходе оперативного вмешательства при переломах нижней трети плечевой кости, нивелируют риски повреждения сосудов и нервов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автореф. Лечение переломов дистального отдела плеча накостными фиксаторами. Аль-Дорами Мансур Али Мунассар. Москва, 2010; 3.
2. Бабовников А. В. Алгоритм лечения осложненных переломов локтевого сустава. Здравоохранение и медицинские технологии. 2007;4:1–19.
3. Петров Г. Г., Жила Н. Г., Боляев Ю. В., Бондаренко Р. В. Оперативные доступы при переломах костей локтевого сустава у детей. Дальневосточный медицинский журнал. 2001;(2):110–114.
4. Huang J.L. [Treatment of humeral supracondylar fracture in children with internal fixation using Kirschner wires and biodegradable tension band through double small incisions]. Zhongguo Gu Shang. 2011 Aug;24(8):675–7.
5. Ring D., Jupiter J. B., Gulotta L. Articular fractures of the distal part of the humerus. J. Bone Joint Surg. 2003;85-A(2):232–238.
6. Горшунов Д. Е. Профилактика осложнений после функционально-восстановительных операций на локтевом суставе [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Н. Новгород; 2007. 203с.
7. Миронов С. П., Бурмакова Г. М. Повреждения локтевого сустава при занятиях спортом. Москва; 2000.
8. Jupiter, J.B., Neff, U., Horzach, P., Allgover, M. Intercondylar fractures of the humerus: an operative approach. J Bone Joint Surg Am 1985; 67:226–239).
9. Aitken and Rorabeck (Aitken GK, Rorabeck CH. Distal humerus fractures in the adults. Clin Orthop 1986;207:191–7).
10. Caja, V.L., Moroni, A., Vendemia, V., Sabato, C., Zinghi, G. Surgical treatment of bicondylar fractures of the distal humerus. Injury 1994; 25:433–8).
11. Tong G. O., Bavonratanevech S. — Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) — 2007;9–21;146–156.

© Аль Абдаллах Мохаммад (moha.abdullah24@gmail.com), Солод Эдуард Иванович (doctorsolod@mail.ru), Загородний Николай Васильевич (zagorodniy51@mail.com), Абдулхабилов Магомед Абдулхабилович (abdulhabirov@yandex.ru), Лазарев Анатолий Федорович (lasarev.anatoly@gmail.com), Джанибеков Мусса Хасанбаевич (inko_1@bk.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

PROSPECTS AND RISKS OF IN VITRO FERTILIZATION

E. Berdyugin

Summary. Today, when the problem of infertility and reproductive losses is quite acute, the relevance of the use of assisted reproductive technologies, including IVF, is beyond doubt. In this regard, we analyzed the experience of using in vitro fertilization (IVF) in modern obstetrics and gynecology, reproduction, assessed the prospects and risks of the further development of this technology.

The results obtained allow us to highlight a number of advantages and risks of the IVF procedure. The advantages include the fact that IVF is a tool that allows a sterile married couple to conceive and carry out a child, allows to improve the characteristics of biological material. IVF does not affect children's health outcomes. The risks of the procedure include: repeated unsuccessful attempts of in vitro fertilization in many couples, failure to transfer several embryos, the negative impact of high doses of hormones used during the procedure, a high risk of fetal hypoxia, bioethical controversy.

Keywords: in vitro fertilization, IVF technology, infertility, pregnancy, reproductive technologies, artificial insemination.

Бердюгин Евгений Сергеевич

Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет имени академика
И. П. Павлова
slak4@rambler.ru

Аннотация. Сегодня, когда довольно остро стоит проблема бесплодия и репродуктивных потерь, актуальность применения вспомогательных репродуктивных технологий, в том числе экстракорпорального оплодотворения (ЭКО), не вызывает сомнений. В связи с этим нами был проанализирован опыт применения ЭКО в современном акушерстве и гинекологии, репродуктологии, оценены перспективы и риски дальнейшего развития данной технологии.

Полученные результаты позволяют выделить ряд преимуществ и рисков процедуры ЭКО. К преимуществам относят то, что ЭКО является средством, позволяющим бесплодной семейной паре зачать и выносить ребенка, позволяет улучшить характеристики биологического материала. ЭКО не влияет на показатели здоровья детей. К рискам процедуры относят: неоднократные безуспешные попытки экстракорпорального оплодотворения у многих пар, неудачи переноса нескольких эмбрионов, негативное влияние высоких доз гормонов, применяемых при проведении процедуры, высокий риск развития гипоксии плода, биоэтические споры.

Ключевые слова: экстракорпоральное оплодотворение, технология ЭКО, бесплодие, беременность, репродуктивные технологии, искусственное оплодотворение.

Введение

В настоящее время актуальной проблемой акушерства, гинекологии, репродуктологии является проблема бесплодия и репродуктивных проблем. Эта проблема имеет не только медицинскую, но и социальную значимость. В общей популяции частота бесплодия превышает 9%, отмечается тенденция к дальнейшему росту. В соответствии с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), бесплодной считается пара репродуктивного возраста, неспособная к зачатию и вынашиванию ребенка в течение года или более регулярных незащищенных половых контактов. Как показывает практика, абсолютные показатели бесплодия в отдельных странах и регионах получить крайне проблематично, так как не все пары обращаются по этому поводу в медицинские учреждения. Тем не менее, по данным ВОЗ этот показатель колеблется в пределах 5–10% репродуктивной популяции человека.

В соответствии со статистическими данными, полученными во время мониторинга демографической ситу-

ации Росстатом, Минздравом РФ, Фондом ООН в области народонаселения, в настоящее время в России насчитывается не менее 3 млн. человек, не способных к зачатию по объективным медицинским параметрам. Прежде всего, зачатию препятствуют анатомические, генетические, эндокринные, иммунологические показатели. Во время мониторинга проводился опрос, в соответствии с которым 5% респондентов ответили, что им или партнерам когда-либо ставили диагноз «бесплодие» [6, с.104–105].

В связи с широким распространением бесплодия все больше пар вынуждены обращаться в репродуктивные центры и использовать для зачатия вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ). Одной из таких технологий является экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) и перенос эмбрионов (ПЭ). ЭКО относится к высокотехнологичным процедурам оказания медицинской помощи. При этом нужно учитывать, что ЭКО имеет ряд перспектив для дальнейшего развития и распространения. Тем не менее, данная процедура по-прежнему сопряжена с определенными рисками, что может ограничивать ее применение [8, с.32].

Цель исследования — проанализировать опыт применения экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) в современном акушерстве и гинекологии, репродуктологии, оценить перспективы и риски дальнейшего развития данной технологии.

Материалы и методы

Исходя из поставленной цели, нами был проведен обзор литературы и теоретический анализ проблемы ЭКО. 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 проводилось обобщение и анализ анамнестических данных и клинических случаев применения технологии ЭКО.

Результаты и обсуждения

Перспективы ЭКО. Основная перспектива состоит в том, что ЭКО является средством, позволяющим бесплодной семейной паре зачать и выносить ребенка. При помощи ЭКО представляется возможным получить сперматозоиды и яйцеклетки от бесплодной пары, провести их оплодотворение и культивирование с дальнейшим переносом эмбрионов в полость матки матери. Кроме того, можно провести отбор лучших и наиболее жизнеспособных эмбрионов. Преимущество состоит в том, что эмбрионы и половые клетки могут быть заморожены для дальнейшего отсроченного применения. Они могут храниться длительные годы до тех пор, пока не будут разморожены.

После того, как яйцеклетка будет оплодотворена, возможно проведение биопсии клеточного материала эмбриона с дальнейшим проведением предимплантационной генетической диагностики (ПГД). Это позволяет получить информацию о возможных генетических отклонениях [6, с.108–109].

ЭКО является одним из способов лечения бесплодия у пациенток с сахарным диабетом 1 и 2 типов в анамнезе. Сахарный диабет представляет собой заболевание, при котором нарушаются обменные процессы в организме, гормональный фон, что влечет за собой ряд неблагоприятных последствий, в том числе бесплодие. Так, у женщин, страдающих сахарным диабетом, часто встречаются такие патологии, как ановуляция, непроходимость маточных труб, мужской фактор бесплодия. Возможны и другие причины. Как правило, женщины при СД нуждаются в стимуляции овуляции или ЭКО [5, с.426].

ЭКО проводится двумя основными методами. Классическое ЭКО — это способ, при котором смешивают

выделенные яйцеклетки с суспензией сперматозоидов. Второй способ — ИКСИ, или ICSI, *Intra Cellular Sperm Injection* — способ оплодотворения, при котором производится инъекция единичного сперматозоида в цитоплазму яйцеклетки. Широкое применение находят различные методы очистки сперматозоидов, например, применяется очистка сперматозоидов путем центрифугирования, что позволяет выделить наиболее активные сперматозоиды, отделить их от плазмы и слизи. В свою очередь, как отмечается некоторыми исследователями, специальная очистка оказывает активирующий эффект на сперматозоиды, а при легких факторах мужского бесплодия может решить эту проблему [6, с. 108–109].

На пятый день оплодотворенная яйцеклетка переносится в полость матки. Предварительно проводится генетическая диагностика. Это обусловлено тем, что перенесенные ранее эмбрионы погибают. Генетическую экспертизу проводят в связи с тем, что примерно 10–15% беременностей, полученных в результате ЭКО, прерываются в связи с тем, что развитие эмбриона замирает либо происходит выкидыш. В большинстве случаев это обусловлено генетическими аномалиями. Однако их можно предотвратить, если своевременно провести генетическую экспертизу [6, с.111].

Также в последнее время остро стоит вопрос о том, какое воздействие оказывает процедура ЭКО на здоровье детей, родившихся в результате этой процедуры. В настоящее время все чаще переносят только один эмбрион, в связи с чем крайне важно своевременно выявить факторы риска невынашивания, и устранить их. Определенный интерес представляют исследования Пыхтиной Л. А. Так, Л. А. Пыхтиной было выполнено клиническое обследование детей первого года жизни, которые родились от одноплодной беременности после ЭКО (n=121). Было показано, что состояние здоровья новорожденных во многом зависит от состояния здоровья матери и самого новорожденного ребенка. Основные факторы, определяющие состояние новорожденного — акушерско-гинекологический анамнез, особенности течения беременности. Исследование показало, что ни один социальный фактор, в том числе процедура ЭКО, не оказывает влияния на состояние здоровья ребенка [9, с.56].

Риски ЭКО. Несмотря на огромные возможности ЭКО, существуют все же определенные риски и проблемы. Например, многие пары проходят многократные попытки ЭКО, однако имплантации эмбриона при этом не наступает. Причин неудачных попыток ЭКО может быть много. Чаще всего основными из них являются тромбофилия, нарушения в системе гемостаза, аутоиммунные процессы. Эти же причины зачастую являются и факторами развития бесплодия [8, с.32].

Согласно данным европейского консорциума по IVF-мониторингу (EIM) при европейском сообществе репродукции человека и эмбриологии (ESHRE), в среднем частота наступления беременности в программе ЭКО составляет 28,4% [3]. В свою очередь, повышение частоты наступления беременности — это чрезвычайно важная проблема в данной области медицины [11].

По мнению ряда авторов [1; 4; 10; 12; 13; 14], процедура ЭКО может быть неудачной в том случае, если у женщины отмечается повышенная склонность к тромбообразованию, нарушена свертываемость крови. Также причиной неудач ЭКО может стать наличие аутоантител. В частности, основная роль в патогенезе отводится антифосфолипидным аутоантителам.

Также нужно учитывать, что программа ЭКО подразумевает применение высоких доз гормонов. Широко используются гормоны гипофиза, в частности, синтетические аналоги гонадолиберина и гонадотропинов. Они стимулируют выработку половых гормонов, способствуют приживанию эмбриона. Известно, что использование гормонов может повлиять на систему гемостаза женщины. В частности, нарушается система свертывания крови, трансформациям подлежит и противосвертывающая, фибринолитическая система. Все это может привести к неудачам ЭКО, эндокринным нарушениям. Кроме того, гормонотерапия может негативно отразиться на общем гормональном фоне женщины, может стать причиной эндокринных нарушений, длительных воспалительных процессов [8, с.33].

В ходе отдельных клинических исследований были определены основные показатели здоровья детей, рожденных после процедуры ЭКО. Проводилось сравнение основных показателей (показатели физического развития и соматического здоровья, состояние наружных половых органов) у детей, рожденных в результате ЭКО и у детей, рожденных в результате естественного оплодотворения. Основные антропометрические показатели детей не отличались. Тем не менее было показано, что дети, родившиеся в результате ЭКО, испытывали значительно более высокий уровень внутриутробной гипоксии плода по сравнению с детьми, родившимися в результате естественного зачатия. Также у них значительно чаще отмечалась физиологическая незрелость, перинатальное поражение ЦНС [2, с.13].

Еще одна проблема, которая может определенным образом ограничивать применение ЭКО — биоэтические споры, ведущиеся вокруг данной технологии. С одной стороны, резко возрастает число пар, не способных зачать, с другой стороны, процедура ЭКО позволяет решить многие проблемы бесплодных пар. С точки зрения разрешения этических конфликтов важная роль от-

водится позиции Русской православной Церкви (РПЦ). Так, в документе, который называется «Основы социальной концепции Русской Православной Церкви», еще в 2000 году была сформулирована позиция церкви в отношении ЭКО. Данная технология признается как один из допустимых видов медицинской помощи бесплодным парам. При этом РПЦ считает, что применение данной технологии возможно только в том случае, если для оплодотворения используется сперма мужа. Это рассматривается как процедура, не нарушающая целостности семьи и брака.

Однако данный документ все же осуждает уничтожение избыточных и дефектных эмбрионов, редукцию многоплодной беременности, донорство половых клеток, суррогатное материнство, клонирование человека [7, с.108–109].

Заключение

Сегодня, когда довольно остро стоит проблема бесплодия и репродуктивных потерь, актуальность применения вспомогательных репродуктивных технологий, в том числе ЭКО, не вызывает сомнений. Тем не менее, данная технология имеет как свои преимущества и перспективы дальнейшего развития, так и риски, которые могут ограничивать ее применение. Поэтому нами был проведен обзор литературы и теоретический анализ проблемы ЭКО. Полученные результаты позволяют выделить ряд преимуществ и перспектив процедуры ЭКО:

1. Основная перспектива состоит в том, что ЭКО является средством, позволяющим бесплодной семейной паре зачать и выносить ребенка.
2. После оплодотворения яйцеклетки есть возможность провести предимплантационную генетическую диагностику (ПГД), которая позволит на ранних стадиях определить наличие различных генетических аномалий.
3. ЭКО является одним из способов лечения бесплодия у пациенток с сахарным диабетом 1 и 2 типов в анамнезе.
4. Очистка сперматозоидов и яйцеклеток позволяет улучшить характеристики биологического материала.
5. Был проведен анализ показателей здоровья детей, рожденных от процедуры ЭКО. Показано, что социальные факторы и факторы, обусловленные проведением процедуры ЭКО, статистически не значимы.

В ходе анализа литературных данных нами были выделены факторы риска, сопряженные с процедурой ЭКО:

1. Некоторые пары проводят неоднократные безуспешные попытки экстракорпорального оплодотворения и переноса нескольких эмбрионов,

в результате которых может не произойти имплантация эмбрионов. Причины данных неудачных попыток, как и причины бесплодия, могут быть самыми разными. Повышение частоты наступления беременности — чрезвычайно важная проблема в данной области медицины.

2. В программу ЭКО включено применение массивных доз гормональных препаратов, в т.ч. аналогов гонадолиберина и гонадотропинов, что сопряжено с выработкой эндогенных яичниковых гормонов и способно негативно влиять на параметры системы гемостаза. Гормонотерапия также может негативным образом отразиться на общем гормональном фоне женщины, может стать причиной эндокринных нарушений, длительных воспалительных процессов.
3. В ходе отдельных клинических исследований были определены основные показатели состояния здо-

ровья у доношенных новорожденных, которые рождены с применением ЭКО. Установлены факторы высокого риска развития гипоксии у плода у детей, которые рождены в результате ЭКО.

4. Еще одна проблема, которая может определенным образом ограничивать применение ЭКО — биоэтические споры, которые ведутся вокруг этой технологии. В связи с этим, кроме медицинских показателей, важно отношение РПЦ к проблеме искусственного оплодотворения. Так, РПЦ не выступает против ЭКО как допустимого средства оказания медицинской помощи бесплодным супружеским парам при условии использования спермы мужа, так как это не нарушает целостности брачного союза. Вместе с тем, РПЦ выступает против уничтожения избыточных эмбрионов, замораживания, применения донорского материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беременность высокого риска. Под ред. А. Д. Макацарии, Ф. А. Червенака, Бицадзе В. О., Макацария А. Д., Хизроева Д. Х. и др. Тромбофилия как важнейшее звено в патогенезе осложнений беременности // Практическая медицина. — № 5. — 2012. — С. 22–29.
2. Елгина С.И., Ушакова Г. А., Рудаева Е. В., Никулина Е. Н. Основные показатели состояния здоровья доношенных новорожденных, рожденных с применением вспомогательных репродуктивных технологий // Фундаментальная и клиническая медицина. — Т. 2. — № 3. — С. 13–20.
3. Значение оценки овариального резерва в лечении бесплодия у женщин старшего репродуктивного возраста / Т. А. Назаренко [и др.] // Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2005. — № 2. — Режим доступа: <http://www.mediasphera.aha.ru/journals/reproduction>. — Дата доступа: 24.06.2019.
4. Макацария Н.А., Хизроева Д.Х., Бицадзе В. О., Стулёва Н. С., Машкова Т. М., Абрамян Р. Р. Антифосфолипидные антитела у пациенток с неудачами ЭКО // Акушерство, гинекология и репродукция. — № 4. — 2014. — С. 93.
5. Мишарина Е.В., Тиселько А. В., Ярмолинская М. И., Коган И. Ю., Абашова Е. И., Боровик Н. В. Экстракорпоральное оплодотворение как метод лечения бесплодия у женщин с сахарным диабетом 1 типа // Сахарный диабет. — № 21 (5). — 2018. — С. 425–430.
6. Никифоров Д.В., Рябчикова Е. И., Овсянникова Т. В., Попова Ж. Ю. ЭКО: длинная история короткой встречи // Наука из первых рук. — № 2. — 2015. — С. 105–111.
7. Протоиерей Сергей Лепин ЭКО: можно или нельзя? // Христианское чтение. — № 1. — 2015. — С. 107–122.
8. Стулева Н. С. Беременность и роды после экстракорпорального оплодотворения и переноса эмбриона у женщины с многократными неудачами ЭКО в анамнезе и с сочетанной формой тромбофилии (циркуляцией антифосфолипидных антител и генетической тромбофилией) // Акушерство. Гинекология. Репродукция. — Т. 9. — № 4. — 2015. — С. 31–35.
9. Факторы риска и прогнозирование нарушений здоровья у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после экстракорпорального оплодотворения / Л. А. Пыхтина, О. М. Филькина, Н. Д. Гаджимурадова, А. И. Малышкина, С. Б. Назаров // Анализ риска здоровью. — 2017. — № 1. — С. 56–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.07.
10. Хизроева Д.Х., Стулёва Н. С., Михайлиди И. А. Значение определения протеина С в акушерской практике // Практическая медицина. — № 7(13). — 2014.
11. Эффективность ЭКО и частота многоплодной беременности в зависимости от числа и качества переносимых эмбрионов у женщин разного возраста / О. Л. Тишкевич [и др.] // Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2008. — № 2. — Режим доступа: <http://www.mediasphera.aha.ru/journals/reproduction>. — Дата доступа: 22.06.2019.
12. Brenner B. Haemostatic changes in pregnancy. *Thromb. Res.* 2004; 114 (5–6): 409–414.
13. Kovac M., Mitic G. et al. Thrombophilia in women with pregnancy-associated complications: fetal loss and pregnancy-related venous thromboembolism. *Gynecol. Obstet. Invest.* 2010; 69 (4): 233–8.
14. Mazhar S.B., Emanuel A. Haematological defects in recurrent pregnancy loss. *Haematology Updates.* 2011: 56–60.

© Бердюгин Евгений Сергеевич (slak4@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ГЛУБОКИЙ ИНФИЛЬТРАТИВНЫЙ ЭНДОМЕТРИОЗ РЕКТОВАГИНАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ С ВОВЛЕЧЕНИЕМ КИШКИ

REVIEW OF LITERATURE ABOUT DEEP INFILTRATIVE ENDOMETRIOSIS OF RECTOVAGINAL DIVISION WITH

**E. Galliamov
L. Aminova
A. Unanyan
V. Alimov
A. Murzina
E. Gallyamov
E. Golubenko
A. Garina
G. Gololobov**

Summary. the urgency of the problem of deep infiltrative endometriosis is due to the complexity of diagnosis, the lack of a unified classification of the disease and, as a consequence, the lack of a unified strategy for the management of such patients. The international experience of gynecologists was compiled with the aim of comparing the knowledge accumulated at the present stage about the problem of deep infiltrative endometriosis of the rectovaginal septum with the involvement of the intestine.

Keywords: deep infiltrative endometriosis, laparoscopy, multidisciplinary surgery, classification of endometriosis.

Галлямов Эдуард Абдулхаевич

Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Аминова Лиана Назимовна

К.м.н., КБ № 2 АО Группа компаний «Медси», Москва

Унанян Ара Леонидович

Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Алимов Владимир Александрович

Врач акушер-гинеколог, КБ № 2 АО Группа компаний «Медси», Москва

Мурзина Анна Геннадьевна

Врач акушер-гинеколог, КБ № 2 АО Группа компаний «Медси», Москва

Галлямов Эдуард Эдуардович

Врач хирург-онколог ФГБУ Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России, Москва

Голубенко Екатерина Олеговна

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Гарина Анастасия Олеговна

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Гололобов Григорий Юрьевич

ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Аннотация. актуальность проблемы глубокого инфильтративного эндометриоза обусловлена сложностью диагностики, отсутствием единой классификации заболевания и, как следствие, отсутствием единой стратегии ведения таких пациенток. Международный опыт врачей гинекологов, описанный в приведенных ниже публикациях, собран с целью сопоставления накопленных на современном этапе знаний о проблеме глубокого инфильтративного эндометриоза ректовагинальной перегородки с вовлечением кишки.

Ключевые слова: глубокий инфильтративный эндометриоз, лапароскопия, мультидисциплинарная хирургия, классификация эндометриоза.

Эндометриоз — процесс, при котором за пределами полости матки происходит доброкачественное разрастание ткани, по морфологическим и функциональным свойствам подобной эндометрию [1].

Глубоким инфильтративным эндометриозом принято называть эндометриодные очаги, которые углубляются на 5 мм и более ретроперитонеально или вовлекают кишечник, мочевой пузырь, мочеточник или влагалище [2].

По распространенности эндометриоз является наиболее частым пролиферативным заболеванием у женщин после миомы матки. Распространенность эндометриоза у женщин репродуктивного возраста составляет от 5 до 15%; Значительно увеличена распространенность эндометриоза среди женщин, страдающих бесплодием и хронической тазовой болью: 20–48% и 70% соответственно [3,4,5]. Глубокий инфильтративный эндометриоз позидиматочного пространства наиболее часто поражает в первую очередь крестцово-маточные связки. Их изолированное поражение встречается при этом в 83% случаев [6]. В случае распространения процесса в латеральном направлении может поражаться мочеточник [1–2%], в 16,8% случаев поражаются влагалище, кишечник или мочевого пузыря [7].

Диагностика эндометриоза трудна, в связи с чем, как правило, диагноз эндометриоза ставится через длительный срок после манифестации первых симптомов. В среднем период от манифестации до установки диагноза составляет от 3,3 до 11,7 лет [8,9]. Длительный период течения заболевания без адекватного лечения приводит к социальной инвалидизации женщин, больных эндометриозом, ввиду невозможности реализовать репродуктивную функцию, постоянных болевых ощущений, что уменьшает сферу интересов с концентрацией на боли [1,10].

Морфологически очаг эндометриоза состоит из железистых клеток, клеток стромы, гладкомышечных клеток, также в эндометриодных очагах происходит нейро- и ангиогенез, обнаруживаются сосуды и нервные волокна [1–5].

Эндометриодные клетки экспрессируют рецепторы к эстрогенам [ER α/β] и прогестерону [PR A/B] и поэтому отвечают на гормональную терапию [11].

На сегодняшний день существует несколько классификаций эндометриоза, при этом каждая отдельно взятая классификация имеет определенные недостатки [2].

Классификация МКБ 10 является общепризнанной, однако в то же время наиболее обобщенной, не позволяющей сформировать адекватную концепцию лечения:

МКБ 10 — Международная классификация болезней 10-го пересмотра

- N80.0 Эндометриоз матки, Аденомиоз,
- N80.1 Эндометриоз яичников,
- N80.2 Эндометриоз маточных труб,
- N80.3 Эндометриоз тазовой брюшины,

N80.4 Эндометриоз ректовагинальной перегородки и влагалища,

- N80.5 Эндометриоз кишечника,
- N80.6 Эндометриоз кожного рубца,
- N80.8 Другой эндометриоз,
- N80.9 Эндометриоз неуточненный. [1]

Одной из наиболее используемых в Российской Федерации классификаций является вариант стадирования заболевания на 4 стадии, в соответствии с объемом поражения тканей в определенных локализациях. Классификация предложена в 1993 г. В Научном центре акушерства, гинекологии и перинатологии им. В.И. Кулакова акад. Адамян Л. В.

Для внутреннего эндометриоза:

- ◆ стадия I — патологический процесс ограничен подслизистой оболочкой тела матки;
- ◆ стадия II — патологический процесс переходит на мышечные слои;
- ◆ стадия III — распространение патологического процесса на всю толщу мышечной оболочки матки до ее серозного покрова;
- ◆ стадия IV — вовлечение в патологический процесс, помимо матки, париетальной брюшины малого таза и соседних органов.

Аденомиоз может быть диффузным, очаговым или узловым и кистозным. Характерное отличие от миомы матки — отсутствие капсулы и четких границ.

Для эндометриодных кист яичников:

- ◆ стадия I — мелкие точечные эндометриодные образования на поверхности яичников, брюшине прямокишечно-маточного пространства без образования кистозных полостей;
- ◆ стадия II — эндометриодная киста одного яичника размером не более 5–6 см с мелкими эндометриодными включениями на брюшине малого таза. Незначительный спаечный процесс в области придатков матки без вовлечения кишечника;
- ◆ стадия III — эндометриодные кисты обоих яичников [диаметр кисты одного яичника более 5–6 см и небольшая эндометриома другого]. Эндометриодные гетеротопии небольшого размера на париетальной брюшине малого таза. Выраженный спаечный процесс в области придатков матки с частичным вовлечением кишечника;
- ◆ стадия IV — двусторонние эндометриодные кисты яичников больших размеров [более 6 см] с переходом патологического процесса на соседние органы — мочевого пузыря, прямую и сигмовидную кишку. Распространенный спаечный процесс.

REVISED AMERICAN SOCIETY FOR REPRODUCTIVE MEDICINE CLASSIFICATION OF ENDOMETRIOSIS 1985

Patient's Name _____ Date: _____

Stage I (Minimal) 1-5 Laparoscopy _____ Laparotomy _____ Photography _____
 Stage II (Mild) 6-15 Recommended Treatment _____
 Stage III (Moderate) 16-40 _____
 Stage IV (Severe) >40 _____
 Total _____ Prognosis _____

Peritoneum	ENDOMETRIOSIS	< 1 cm	1 – 3 cm	> 3 cm
		Superficial	1	2
	Deep	2	4	6
Ovary	R Superficial	1	2	4
	Deep	4	16	20
	L Superficial	1	2	4
	Deep	4	16	20
POSTERIOR CULDESAC OBLITERATION		Partial 4		Complete 40
Ovary	ADHESIONS	< 1/3 Enclosure	1/3-2/3 Enclosure	> 2/3 Enclosure
	R Filmy	1	2	4
	Dense	4	8	16
	L Filmy	1	2	4
	Dense	4	8	16
	R Filmy	1	2	4
	Dense	4	8	16
	L Filmy	1	2	4
Tube	Dense	4*	8*	16

*If the fimbriated end of the fallopian tube is completely enclosed, change the point assignment to 16.

Additional Endometriosis: _____

Associated Pathology: _____

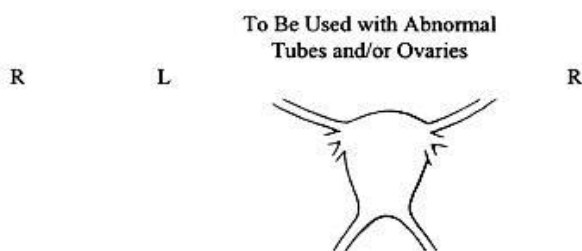
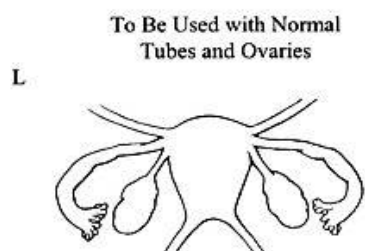


Рис. 1. Пересмотренная Американским обществом Репродуктивной Медицины классификация эндометриоза.

Для эндометриоза ретроцервикальной локализации — клиническая классификация, определяющая объем вмешательства и тактику лечения [Адамян Л. В., 1993]:

- ♦ стадия I — эндометриозные очаги располагаются в пределах ректовагинальной клетчатки;
- ♦ стадия II — прорастание эндометриозной ткани в шейку матки и стенку влагалища с образованием мелких кист и в серозный покров ректосигмоидного отдела и прямой кишки;

- ♦ стадия III — распространение патологического процесса на крестцово-маточные связки, серозный и мышечный покров прямой кишки;
- ♦ стадия IV — вовлечение в патологический процесс слизистой оболочки прямой кишки с распространением процесса на брюшину прямокишечно-маточного пространства с образованием спаечного процесса в области придатков матки. Несомненно, истинную степень тяжести заболевания опре-

ENDOMETRIOSIS FERTILITY INDEX (EFI) SURGERY FORM

LEAST FUNCTION (LF) SCORE AT CONCLUSION OF SURGERY

Score	Description	Left	Right
4	= Normal	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	= Mild Dysfunction	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	= Moderate Dysfunction	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	= Severe Dysfunction	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	= Absent or Nonfunctional	<input type="text"/>	<input type="text"/>
To calculate the LF score, add together the lowest score for the left side and the lowest score for the right side. If an ovary is absent on one side, the LF score is obtained by doubling the lowest score on the side with the ovary.		Lowest Score	Left + Right = LF Score
		<input type="text"/>	<input type="text"/> = <input style="border: 1px dashed black;" type="text"/>

ENDOMETRIOSIS FERTILITY INDEX (EFI)

Historical Factors			Surgical Factors				
Factor	Description	Points	Factor	Description	Points		
Age	If age is ≤ 35 years	2	LF Score	If LF Score = 7 to 8 (high score)	3		
	If age is 36 to 39 years	1		If LF Score = 4 to 6 (moderate score)	2		
	If age is ≥ 40 years	0		If LF Score = 1 to 3 (low score)	0		
Years Infertile	If years infertile is ≤ 3	2	AFS Endometriosis Score	If AFS Endometriosis Lesion Score is < 16	1		
	If years infertile is > 3	0		If AFS Endometriosis Lesion Score is ≥ 16	0		
Prior Pregnancy	If there is a history of a prior pregnancy	1	AFS Total Score	If AFS total score is < 71	1		
	If there is no history of prior pregnancy	0		If AFS total score is ≥ 71	0		
Total Historical Factors			Total Surgical Factors				
EFI = TOTAL HISTORICAL FACTORS + TOTAL SURGICAL FACTORS:			<input type="text"/>	+	<input type="text"/>	=	<input style="border: 2px solid black;" type="text"/>
			Historical		Surgical		EFI Score

ESTIMATED PERCENT PREGNANT BY EFI SCORE

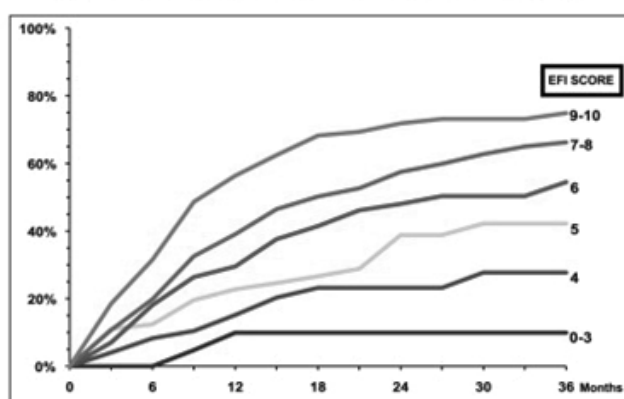


Рис. 2. Подсчет индекса фертильности [EFI], согласно классификации Американского общества репродуктивной медицины

деляют той клинической картиной, которая характеризует течение ее конкретного варианта.

Однако не всегда имеется корреляция между выраженностью симптоматики, локализацией и распространенностью патологического процесса [1].

Использование сочетания классификаций Американского общества репродуктивной медицины [ASRM] с подсчетом индекса фертильности [EFI] позволяет после выполненной по поводу эндометриоза операции оценить репродуктивный прогноз [12] (рисунок 2). При этом данная классификация не отражает тяжести глу-

бокого инфильтративного эндометриоза и выраженности болевого синдрома, что ограничивает ее применение [1, 12]. Например, максимальное число баллов при глубоком инфильтративном эндометриозе составляет 46, тогда как для эндометриозидных кист в сочетании с тубоовариальным спаечным процессом – 106 баллов. Данная классификация сфокусирована на оценке поражения яичников, маточных труб и брюшины, что действительно удобно для оценки фертильности. При этом оценка поражений ретроперитонеального пространства, кишечника, мочеточников, мочевого пузыря, а также выраженность аденомиоза — не находит реального отражения в этой бальной системе [13].

Классификация **ENZIAN**, предложенная в 2005 г., служит для оценки глубокого инфильтративного эндометриоза, позволяет на предоперационном этапе сориентироваться в отношении объема операции. Данная классификация сформулирована на основании стадирования TNM при раке шейки матки. Стадирование проводится в трёх измерениях:

А — краниокаудальном — Дугласово углубление, ректовагинальная перегородка, влагалище;

В — медиолатеральном — крестцово-крестцово-маточные связки, кардинальные связки, стенки полости малого таза и внешнее вовлечение мочеточника;

С — медиодорсальном — прямая кишка и ректосигмоидный отдел.

При использовании данной классификации прослеживается связь между анатомическим расположением патологического очага и клиническими симптомами, в особенности болью и дисменореей. Несмотря на это около 36% случаев, диагностированных по классификации AFS как глубокий инфильтративный эндометриоз при использовании классификации ENZIAN не являются таковым [2].

Диагностика глубокого инфильтративного эндометриоза ректовагинальной перегородки включает:

- ◆ Анализ жалоб пациентки,
- ◆ Данные физикального осмотра,
- ◆ Данные инструментальных исследований
- ◆ УЗИ органов малого таза,
- ◆ МРТ органов малого таза,
- ◆ колоноскопии,
- ◆ цистоскопии,
- ◆ экскреторной урографии.

К основным жалобам относятся боли, ассоциированные с менструацией и усиливающиеся циклически, в соответствии с менструальным циклом (62%). Также часто встречаются боли при половых контактах, приводящие к снижению либидо (55%), явления хронической тазовой боли (57%). При вовлечении кишечника частыми

являются жалобы на вздутие живота (96%), жидкий стул при менструации (27%), задержки стула в этот период (16%), болезненную дефекацию [14]. Также одной из основных групп жалоб пациенток с эндометриозом является бесплодие (40%) [14,15]. Сочетание жалоб на боли при дефекации во время менструации и выраженной диспареунии обладает чувствительностью 74,5%, специфичностью 68,7% [16].

Расстройства эмоциональной сферы считаются характерными для 60% пациенток с эндометриозом, проявляются они в повышении эмоциональной лабильности, депрессивными расстройствами [8]. Глубокий инфильтративный эндометриоз, как правило, сопровождается выраженной болевой симптоматикой и только 5–10% случаев заболевания протекают бессимптомно [1,8].

При осмотре пациентки наиболее информативным является *двуручное влагалищно-абдоминальное исследование*, при котором ректовагинальный эндометриоз легко выявляется [8]. При этом можно определить размеры предполагаемого очага, взаимоотношения с окружающими тканями.

Ректовагинальное исследование позволяет уточнить степень вовлечения передней стенки прямой кишки в эндометриодный инфильтрат, оценить подвижность слизистой кишки или заподозрить ее поражение эндометриозом [17,18].

Проведенное после осмотра трансвагинальное УЗИ позволяет уточнить локализацию и размеры очага [чувствительность 70–91%, специфичность 98%] [19]. Также для уточнения характера эндометриозидного очага ретроцервикального пространства может быть использовано *трансвагинальное УЗИ с наполненной водой прямой кишкой* [20].

При неясных случаях или при необходимости уточнения диагноза может быть выполнено *МРТ органов малого таза* [чувствительность 69%, специфичность 75%] [21]. Чувствительность и специфичность МРТ диагностики эндометриоза мочевого пузыря, Дугласова углубления, ректосигмоидного отдела кишечника, мочеточников сравнительно выше всех других методов исследования [22].

Для уточнения степени поражения кишечника, мочевого пузыря или мочеточников могут быть выполнены *колоноскопия, цистоскопия, экскреторная урография* [1,8,9].

Окончательным звеном и «золотым стандартом» диагностики эндометриоза является *лапароскопия с гистологической верификацией диагноза* [1,8,9,10]

Лечение глубокого инфильтративного эндометриоза ректовагинальной перегородки

Эндометриоз можно разделить на симптомный и бессимптомный. Бессимптомные формы эндометриоза не требуют лечения, а только наблюдаются. Показанием для перехода от выжидательной тактики к активным лечебным мероприятиям является появление симптомов или рост эндометриодных очагов [5].

При симптомном эндометриозе лечебную стратегию определяет ведущая симптоматика.

Направления лечебного подхода можно разделить на 3 группы:

1. Лечение связанного с эндометриозом бесплодия.
2. Лечение связанной с эндометриозом боли.
3. Лечение пораженной эндометриозом функции органов таких как кишечник, мочевого пузыря, мочеточники.

Руководствуясь одним из принципов, что удаление эндометриодных очагов приводит к купированию симптоматики [13] можно объединить группы лечения болевого синдрома и нарушения функции смежных органов в одну. Различия в лечебном подходе в этих группах заключаются в том, что при нарушении функции органов выбор варианта хирургического подхода может смещаться в сторону более радикального.

I. При лечении связанного с эндометриозом бесплодия на первом этапе рекомендуется оперативное лечение [23].

Хирургическое лечение является эффективным методом лечения ассоциированного с эндометриозом бесплодия, увеличивая процент спонтанных беременностей как при легких, так и при тяжелых формах эндометриоза с вовлечением кишки [24,25].

При этом, наряду с тем, что множество публикаций проводит четкую корреляцию между глубоким инфильтративным эндометриозом и болями, на сегодняшний день недостаточно данных о взаимосвязи глубокого инфильтративного эндометриоза и бесплодия. [26]. Исходя из этого, при операциях по поводу бесплодия при выявлении глубокого инфильтративного эндометриоза рекомендуется в первую очередь восстановление нормальных анатомических взаимоотношений с максимальным сохранением функции органов таза [27], что предполагает удаление эндометриодных кист, коагуляция очагов эндометриоза расположенных вблизи мочеточников и на стенках полых органов без их тотального иссечения [1,18].

После выполнения операций по поводу ассоциированного с эндометриозом бесплодия не рекомендуется назначение адъювантной гормональной терапии, так как это не увеличивает процент спонтанных беременностей [28].

В одном из исследований оценивается эффективность операций по поводу глубокого инфильтративного эндометриоза перед ВРТ. 169 пациенток были разделены на 2 группы: 105 сразу было выполнено ЭКО, 54 ЭКО было выполнено после хирургической резекции эндометриоза. Процент успешных беременностей был в 2,45 раза выше в группе подвергнутой хирургическому вмешательству [29]. Связать это можно с несколькими факторами. Глубокий инфильтративный эндометриоз чаще является мультифокальным и у 61% пациенток с данной патологией имеется более 1 очага [30]. Редко глубокий инфильтративный эндометриоз проявляется изолированной формой, чаще сочетается с поверхностным эндометриозом или эндометриодными кистами [31]. Поверхностные очаги эндометриоза продуцируют воспалительные цитокины и хемокины, таким образом затрагивается система регуляции гормонов, нарастает оксидативный стресс, инактивируя функцию сперматозоидов и маточных труб [32]. Эндометриодные кисты при этом взаимодействуют с процессами фолликулогенеза, как следствие приводят к получению поврежденных яйцеклеток и «пустых» фолликулов [33].

Заслуживает внимания вопрос о вынашивании беременности, процессе родоразрешения и послеродового периода в случае наступившей беременности у женщин с глубоким инфильтративным эндометриозом. На сегодняшний день недостаточно данных о количестве потерь беременности, осложнений эндометриоза при беременности, уровне болевого синдрома при физиологических изменениях анатомических соотношений органов во время беременности, процессов инволюции матки в послеродовом периоде [34].

II. Лечение ассоциированной с эндометриозом боли включает консервативную терапию и хирургическое лечение.

Консервативное лечение предполагает выбор препаратов среди НПВС, комбинированных оральных контрацептивов, гестагенов, а-ГнРГ.

Медикаментозная терапия может быть назначена или как эмпирическая терапия для лечения болей у пациенток с отсутствием кистозных форм эндометриоза или как адъювантная терапия у пациенток после оперативного лечения по поводу эндометриоза. При консервативном лечении ассоциированной с эндометриозом боли, через 3 месяца оценивается эффективность, в случае недостаточной эффективности — рекомендуется замена препарата или оперативное лечение. [1,9,35].

Отдельно
по подгруппам препаратов

НПВП: могут быть применены для лечения дисменорреи и хронической тазовой боли в период обследования, подготовки к оперативному лечению, но не более 3х месяцев ввиду значимой вероятности осложнений со стороны желудочно-кишечного тракта [36].

Гестагены: Могут быть рекомендованы к приему в качестве терапии первой линии. При назначении препарата целью лечения является не только устранение болевого синдрома, но и подавление менструаций, что приводит к регрессу уже имеющихся эндометриоидных поражений [1,8,9,37]

КОК: подходят для лечения ассоциированной с эндометриозом боли [38]. Около 80% пациенток, принимающих КОК удовлетворены терапией в течение 2 летнего периода наблюдений [10,13].

аГнРГ: эффективны в отношении лечения ассоциированной с эндометриозом боли, однако длительность из использования ограничена 6 месяцами ввиду частого развития побочных явлений. Отдельно заслуживает внимания возможность использования аГнРГ в послеоперационном периоде при тяжелых вариантах эндометриоза в качестве подготовки к ВРТ [39].

Другие препараты, такие как ингибиторы ароматазы, антагонисты ГнРГ описаны для применения однако применяются редко в связи с большим количеством побочных действий.

Хирургическое лечение боли связанной с эндометриозом. Показанием к оперативному лечению по поводу эндометриоза является неэффективное лечение боли ассоциированной с эндометриозом при консервативной терапии, бесплодие, эндометриоидные кисты, нарушение функции соседних органов: мочевого пузыря, мочеточников, кишки [1].

К ключевым аспектам предоперационного ведения пациенток относятся сообщения, что риски рецидива эндометриоза снижаются в 2 раза при выполнении операции на 5–12 день менструального цикла [1], а также отмечено снижение рисков рецидивирования эндометриоза при отсутствии гормональной терапии накануне оперативного вмешательства [10].

Сочетание оперативного вмешательства и адьювантной гормональной терапии являются наиболее эффективным сочетанием в отношении купирования симптомов заболевания и профилактики рецидивов [8].

Основные принципы
операций при эндометриозе

- ◆ Хирургическое удаление всех эндометриоидных очагов является «золотым стандартом» в подавлении симптомов заболевания [9].
- ◆ Золотым стандартом хирургического лечения эндометриоза является лапароскопический доступ [1,8,9,10].
- ◆ При наличии данных об отсутствии поражения слизистой прямой кишки может выполняться «шейвинг» эндометриоидных поражений, целью которого является избежание вскрытия просвета толстой кишки [1].

Глубокий инфильтративный эндометриоз Дугласова углубления встречается у 20% пациенток с эндометриозом и может вовлекать влагалище, прямую кишку, шейку матки, ректовагинальную перегородку и в некоторых случаях полностью облитерировать Дугласово пространство [40].

Иссечение эндометриоидных очагов области крестцово-маточных связок демонстрирует высокую эффективность в отношении купирования симптомов хронической тазовой боли, но в 0,8% случаев данный вид вмешательств ассоциирован с серьезными интраоперационными осложнениями [21,20].

Хирургическая тактика при данном варианте поражения предполагает проведение диссекции по медиальному краю мочеточника каудально до уровня крестцово-маточной связки. При диссекции важно стараться избежать травмы гипогастрального нерва, повреждение которого приводит к расстройству мочеиспускания и часто требует длительного периода катетеризации мочевого пузыря. Также следует избегать травмы маточной вены, расположенной вблизи от впадения гипогастрального нерва в нижнее гипогастральное сплетение [41].

При хирургическом лечении ретроцервикального эндометриоза с вовлечением кишки на сегодняшний день сформулирован следующий подход:

- ◆ среди всех известных хирургических техник в отношении ведения эндометриоза кишки нельзя выделить наиболее эффективную.
- ◆ Более радикальное лечение должно применяться в случае выявления крупных эндометриоидных поражений кишки, вовлекающих сигмовидную кишку и вызывающих ее значимый стеноз.
- ◆ При сегментной резекции толстой кишки более значимы не «чистые» края резекции, а кровоснабжение и иннервация анастомозируемых участков кишки.

- ◆ Лечение эндометриоза кишки должно обязательно учитывать потребности и репродуктивные планы пациентки.
- ◆ Финальное решение об окончательном объеме операции часто приходится принимать интраоперационно. Пациентки с тяжелым инфильтративным эндометриозом должны быть предупреждены об этом. В операции должен участвовать опытный хирург, и вмешательство должно проводиться в специализированном учреждении [42].

Универсального подхода к операциям по поводу глубокого инфильтративного эндометриоза с вовлечением толстой кишки на сегодняшний день не существует [20].

Множество публикаций отражает эффективность хирургического подхода к лечению хронической тазовой боли ассоциированной с эндометриозом кишки, в виду уменьшения болевого синдрома и общего улучшения качества жизни [43]. Другие публикации показывают сопоставимую эффективность в отношении лечения диспареунии между хирургическим и консервативным лечением при применении норэтистерона ацетата при ректовагинальном эндометриозе [26,27]. При этом хирургическое лечение обеспечивает более быстрое купирование симптомов диспареунии и более редкое их рецидивирование.

С точки зрения хирургической техники операции при эндометриозе толстой кишки делятся на 3 типа:

- ◆ «шейвинг»,
- ◆ дисковидная резекция
- ◆ сегментарная резекция кишки [44].

При выборе техники необходимо учитывать степень поражения кишки, размер эндометриоидного очага [при этом удобна для использования классификация ENZIAN] [28].

Некоторые публикации показывают тенденцию к увеличению числа осложнений и дисфункций кишки и мочевого пузыря при более радикальных вмешательствах. Поэтому при хирургическом лечении эндометриоза кишки техникой «первой линии» рекомендуют считать «шейвинг», затем дисковидную резекцию и сегментарную резекцию [45].

При неудовлетворительном результате шейвинга — выполнять дисковидную резекцию кишки как с наложением интракорпорального шва, так и с использованием трансанального эндостеплера. Сегментарную резекцию кишки рекомендуется выполнять только в отдельных случаях, когда имеется мультифокальное поражение кишки или поражение носит стенотический характер [30].

Другая группа авторов на основании 248 хирургических вмешательств по поводу эндометриоза кишки с сегментарной резекцией кишки сообщает о высокой эффективности вмешательств в отношении купирования болевого синдрома и восстановлении функции кишки. При этом авторы сообщают о 8% серьезных послеоперационных осложнений и 50% рецидивов в течение первого года наблюдений, однако рецидивы при этом не вовлекают кишечник [46]. Авторы отдельно указывают на необходимость выполнения подобного рода вмешательств в специализированных центрах специалистами высокой квалификации с навыками колоректальной хирургии и урологии [47].

В литературных источниках сообщается, что частота рецидивирования сегментарной резекции кишки, дисковидной резекции и после шейвинга составляет 17.2%, 11.7%, и 7.9% соответственно. При этом авторы обращают внимание, что очевидно формы эндометриоза, при которых требуется сегментарная резекция кишки являются более агрессивными, нежели когда требуется шейвинг [25].

По другим данным частота рецидивов симптомов после операций по поводу глубокого инфильтративного эндометриоза с вовлечением кишки составляет от 4 до 54% в течение 2–5 лет. При этом в течение 1 года наблюдения в отношении купирования болевого синдрома после операции удается достичь показателя 71–94% [48].

Другая группа авторов приводит данные о сравнении результатов шейвинга, дисковидной и сегментарной резекции кишки. Шейвингу при этом были подвергнуты 500 пациенток, среди них процент перфораций кишки составил 1,4%, а частота рецидивирования около 7%. Среди этих пациенток 84% смогли забеременеть, 78% из них — самостоятельно [40].

Дисковидная резекция кишки сопровождается низким числом осложнений 0–12,5%. При сегментарной резекции удлинялось операционное время, увеличивалась кровопотеря, длительность послеоперационной лихорадки, и необходимость длительной катетеризации мочевого пузыря. При этом при дисковидной резекции в 10,4% случаев происходили прямокишечные кровотечения, требующие гемотрансфузии [49].

Интересное сопоставление проведено в отношении сравнения показателей радикальности операций и их эффективности. В группе с дисковидной резекцией кишки «положительный» [пораженный] край резекции определялся при гистологическом исследовании в 43,8%, при сегментарной резекции — в 20% — при этом статистически значимых отличий в эффективности купирования

болей и частоте рецидивирования выявлено не было [46].

Средние значения осложнений при эндометриозе кишки составляют 13,9%, варьируя от 2,8% — при шейвинге, до 29,6% в группе резекций [15].

Процент выведения колостом или илеостом после резекций кишки по поводу эндометриоза составляет от 1,6% до 96% — широта вариабельности обусловлена предпочтениями хирурга и особенностями пациентов. Также к наиболее распространенным осложнениям сегментарных резекций кишки относятся задержки мочи, требующие катетеризации мочевого пузыря (0–17,5%), ранения мочевыводящих путей (0–2%), несостоятельности анастомоза (0–4,8%), тазовые абсцессы (0–4,2%) — и частота этих осложнений выше, нежели в группе шейвинга и дисковидной резекций кишки. Вероятность формирования ректо-вагинальных свищей была выше в группе сегментарных резекций и составляла до 18,1% [25].

Выводы

1. Использование сочетания классификаций ASRM с подсчетом индекса фертильности EFI и классификации ENZIAN позволяет отразить клинико-анатомическую характеристику заболевания наиболее полно, с адекватной оценкой репродуктивного прогноза.
2. Хирургическое лечение глубокого инфильтративного эндометриоза ректовагинальной перегородки, в том числе с вовлечением кишки является эффективным как в отношении лечения болей, так и при лечении ассоциированного с эндометриозом бесплодия.
3. Ввиду редкой встречаемости изолированной формы глубокого инфильтративного эндометриоза, а также патогенетических аспектов заболе-

вания, оперативное вмешательство может быть рекомендовано на первом этапе как при планировании спонтанной беременности, так и при подготовке к циклу ЭКО.

4. При поражении эндометриозом ректовагинальной перегородки, крестцово-маточных связок и дугласова углубления, без значимого вовлечения толстой кишки и мочеточников следует с последовательным выбором анатомических ориентиров стремиться к радикальной операции с акцентом на нервосохранности, что обеспечивает эффективное купирование симптомов и низкий процент осложнений.
5. При вовлечении в эндометриоз инфильтрат кишечника, при отсутствии значимого стеноза кишки, необходимо стремиться к консервативной хирургии с соблюдением приоритета шейвинга, дисковидной резекции кишки и затем сегментарной резекции кишки, что обеспечивает лучшее соотношение между эффективностью операций и минимальным количеством осложнений.
6. В литературе не отражены четкие показания к выбору конкретного варианта хирургического лечения эндометриоза кишки среди шейвинга, дисковидной и сегментарной резекции, что приводит к выводу, что неполноценное или неудачное выполнение предыдущего этапа приводит к необходимости выполнения последующего. С этим связаны высокие требования к опыту операционной бригады и оснащению медицинского учреждения.
7. Необходимо продолжение работы в разработке классификации, учитывающей как ведущие клинические проявления заболевания, так и более глубокие анатомические характеристики, позволяющие четко определять объем оперативных вмешательств, тактику и стратегию лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клинические рекомендации министерства здравоохранения РФ. Эндометриоз. 2016 г. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Endometriosis. 2016
2. Neil P Johnson, Lone Hummelshoj, G David Adamson, Jörg Keckstein, Hugh S Taylor, Mauricio S Abrao, Deborah Bush, Ludwig Kiesel, Rulla Tamimi, Kathy L Sharpe-Timms, Luk Rombauts, Linda C Giudice, World Endometriosis Society Sao Paulo Consortium; World Endometriosis Society consensus on the classification of endometriosis, Human Reproduction, Volume 32, Issue 2, 1 February 2017, Pages 31 <https://doi.org/10.1093/humrep/dew293>
3. Leyendecker G, Herberth M, Kunz G, Mall G: Endometriosis results from the dislocation of basal endometrium. Hum Reprod. 2002; 17: 2725–36.
4. Bulun SE: Endometriosis. N Engl J Med 2009; 360: 268–79.
5. Leyendecker G, Kunz G, Noe M, Herberth M, Mall G. Endometriosis: a dysfunction and disease of the archimetra. Hum Reprod Update 1998; 4: 752
6. Chapron C, Fauconnier A, Vieira M et al. Anatomical distribution of deeply infiltrating endometriosis: surgical implications and proposition for a classification. Hum. Reprod. 18[1]157–161 [2003].
7. Kondo W, Bourdel N, Tamburro S et al. Complications after surgery for deeply infiltrating pelvic endometriosis. BJOG 118[3], 292–298 [2011].
8. ArrudaMS, PettaCA, AbraoMS, Benetti-PintoCL[2003]Timeelapsdfrom onset of symptoms to diagnosis of endometriosis in a cohort study of Brazilian women. Hum Reprod 18: 756–759.

9. Ballard K, Lowton K, Wright J [2006] What's the delay? A qualitative study of women's experiences of reaching a diagnosis of endometriosis. *Fertil Steril* 86:1296–1301.
10. Donnez O, Roman H. Choosing the right surgical technique for deep endometriosis: shaving, disc excision, or bowel resection? *Fertil Steril*. 2017 Dec;108[6]:931–942. doi: 10.1016/j.fertnstert.2017.09.006
11. Leyendecker G, Wildt L, Mall G: The pathophysiology of endometriosis and adenomyosis: tissue injury and repair. *Arch Gynecol Obstet* 2009; 280: 529–38.
12. Revised American Society for Reproductive Medicine scoring system for all women with endometriosis. Reprinted with permission from Elsevier from *Fertil Steril* 1997;67:817–821.
13. Ota Y, Andou M, Ota I. Laparoscopic surgery with urinary tract reconstruction and bowel endometriosis resection for deep infiltrating endometriosis. *Asian J Endosc Surg*. 2018 Feb;11[1]:7–14. doi: 10.1111/ases.12464. Epub 2018 Feb 14.
14. Halis G, Mechsner S, Ebert AD. The diagnosis and treatment of deep infiltrating endometriosis. *Dtsch Arztebl Int*. 2010;107[25]:446–55; quiz 456.
15. National German Guideline [S2k]: Guideline for the Diagnosis and Treatment of Endometriosis Long Version — AWMF Registry No. 015–045
16. Chapron C, Barakat H, Fritel X, Dubuisson JB, Breart G, et al. [2005] Presurgical diagnosis of posterior deep infiltrating endometriosis based on a standardized questionnaire. *Hum Reprod* 20: 507–513.
17. Bazot M, Lafont C, Rouzier R, Roseau G, Thomassin-Naggara I and Darai E. Diagnostic accuracy of physical examination, transvaginal sonography, rectal endoscopic sonography, and magnetic resonance imaging to diagnose deep infiltrating endometriosis. *Fertil Steril* 2009; 92:1825–1833.
18. Koninckx PR, Meuleman C, Oosterlynck D and Cornillie FJ. Diagnosis of deep endometriosis by clinical examination during menstruation and plasma CA-125 concentration. *Fertil Steril* 1996; 65:280–287.
19. ESHRE guideline: management of women with endometriosis. Dunselman GA, Vermeulen N, Becker C, Calhaz-Jorge C, D'Hooghe T, De Bie B, Heikinheimo O, Horne AW, Kiesel L, Nap A, Prentice A, Saridogan E, Soriano D, Nelen W, European Society of Human Reproduction and Embryology. *Hum Reprod*. 2014 Mar; 29[3]:400–12.
20. Karolina Afors, Rouba Murtada, Gabriele Centini, Rodrigo Fernandes, Carolina Meza, Jesus Castellano, Arnaud Wattiez IRCAD, Hopitaux Universitaires, 1 Place de l'Hopital, 67091 Strasbourg, France; Employing Laparoscopic Surgery for Endometriosis
21. Bianchi PH, Pereira RM, Zanatta A, Alegretti JR, Motta EL, Serafini PC Extensive excision of deep infiltrative endometriosis before in vitro fertilization significantly improves pregnancy rates. *J Minim Invasive Gynecol*. 2009 Mar-Apr; 16[2]:174–80.
22. Lindheim SR, Glenn T, Gagneux P, Maxwell RA, YaklicL, et al. [2018] Current Challenges in the Diagnosis of Deep Infiltrating Endometriosis. *Androl Gynecol: Curr Res* 6:1.
23. Somigliana E, Infantino M, Candiani M, Vignali M, Chiodini A, Busacca M, Vignali M Association rate between deep peritoneal endometriosis and other forms of the disease: pathogenetic implications. *Hum Reprod*. 2004 Jan; 19[1]:168–71.
24. Stepniewska A, Pomini P, Guerriero M, Scioscia M, Ruffo G and Minelli L. Colorectal endometriosis: benefits of long-term follow-up in patients who underwent laparoscopic surgery. *Fertil Steril* 2010; 93:2444
25. Carneiro MM, Costa LMP, Ávila I. To operate or not to operate on women with deep infiltrating endometriosis [DIE] before in vitro fertilization [IVF]. *JBRA Assist Reprod*. 2017;21[2]:120–125. Published. doi:10.5935/1518–0557.20170027
26. Ávila I, Filogônio IDS, Costa LMP, Carneiro MM. Anatomic distribution of deep infiltrating endometriosis and its relationship to pelvic pain. *J Gynecol Surg*. 2016;32:99103–99103. doi: 10.1089/gyn.2015.0092
27. Stepniewska A, Pomini P, Bruni F, Mereu L, Ruffo G, Ceccaroni M, Scioscia M, Guerriero M and Minelli L. Laparoscopic treatment of bowel endometriosis in infertile women. *Hum Reprod* 2009; 24:1619–1625.
28. de Ziegler D, Borghese B, Chapron C. Endometriosis and infertility: pathophysiology and management. *Lancet*. 2010 Aug 28; 376[9742]:730–8.
29. Deep infiltrating endometriosis is a determinant factor of cumulative pregnancy rate after intracytoplasmic sperm injection/in vitro fertilization cycles in patients with endometriomas. Ballester M, Oppenheimer A, Mathieu d'Argent E, Touboul C, Antoine JM, Nisolle M, Darai E *Fertil Steril*. 2012 Feb; 97[2]:367–72.
30. Impact of ovarian endometrioma on ovarian responsiveness and IVF: a systematic review and meta-analysis. Yang C, Geng Y, Li Y, Chen C, Gao Y *Reprod Biomed Online*. 2015 Jul; 31[1]:9–19.
31. Abo C1, Moatassim S1, Marty N1, Saint Ghislain M1, Huet E2, Bridoux V2, Tuech JJ2, Roman H3. Postoperative complications after bowel endometriosis surgery by shaving, disc excision, or segmental resection: a three-arm comparative analysis of 364 consecutive cases. *Fertil Steril*. 2018 Jan;109[1]:172–178.e1. doi: 10.1016/j.fertnstert.2017.10.001.
32. Malzoni M, Di Giovanni A, Exacoustos C, Lannino G, Capece R, Perone C, Rasile M, Iuzzolino D. Feasibility and Safety of Laparoscopic-Assisted Bowel Segmental Resection for Deep Infiltrating Endometriosis: A Retrospective Cohort Study With Description of Technique. *J Minim Invasive Gynecol*. 2016 May-Jun;23[4]:512–25. doi: 10.1016/j.jmig.2015.09.024. Epub 2015 Oct 8.
33. Donnez J, Squifflet J. Complications, pregnancy and recurrence in a prospective series of 500 patients operated on by the shaving technique for deep rectovaginal endometriotic [2010]. nodules. *Hum. Reprod*. 25[8], 1949–1958 [2010].
34. Fanfani F, Fagotti A, Gagliardi ML et al. or Segmental rectosigmoid resection for deep infiltrating endometriosis: a case–control study. *Fertil. Steril*. 94[2], 444–449 [2010].
35. Mechsner S, Bartley J, Loddenkemper C, Salomon DS, Starzinski-Powitz A, Ebert AD: Oxytocin receptor expression in smooth muscle cells of peritoneal endometriotic lesions and ovarian endometriotic cysts. *Fertil Steril*. 2005; 83 [Suppl 1]: 1220–31.
36. Mechsner S, Schwarz J, Thode J, Loddenkemper C, Salomon DS, Ebert AD: Growth-associated protein 43-positive sensory nerve fibers accompanied by immature vessels are located in or near peritoneal endometriotic lesions. *Fertil Steril* 2007; 88: 581–7.
37. Halis G, Mechsner S, Ebert AD. The diagnosis and treatment of deep infiltrating endometriosis. *Dtsch Arztebl Int*. 2010;107[25]:446–55; quiz 456.

38. Dunselman GA, Vermeulen N, Becker C, Calhaz-Jorge C, D'Hooghe T, De Bie B, Heikinheimo O, Horne AW, Kiesel L, Nap A, Prentice A, Saridogan E, Soriano D, Nelen W. ESHRE guideline: management of women with endometriosis. *Hum Reprod.* 2014 Mar;29[3]:400–12. doi: 10.1093/humrep/det457.
39. Vercellini P, Frontino G, De Giorgi O, Pietropaolo G, Pasin R and Crosignani PG. Continuous use of an oral contraceptive for endometriosis-associated recurrent dysmenorrhea that does not respond to a cyclic pill regimen. *Fertil Steril* 2003; 80:560–563.
40. Brown J, Kives S and Akhtar M. Progestagens and anti-progestagens for pain associated with endometriosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 3: CD002122.
41. Brown J, Pan A and Hart RJ. Gonadotrophin-releasing hormone analogues for pain associated with endometriosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2010: CD008475.
42. Healey M., Ang W. C., Cheng C. et al. Surgical treatment of endometriosis: a prospective randomized double-blinded trial comparing excision and ablation // *Fertil Steril.* — 2010. — Vol. 94. — P. 2536–2540.
43. Slack A, Child T, Lindsey J et al.: Urological and colorectal complications following surgery for rectovaginal endometriosis. *BJOG* 2007; 114: 1278–82.
44. Gabriel B, Nassif J, Trompoukis P, Barata S, Wattiez A. Prevalence and management of urinary tract endometriosis: a clinical case series. *Urology* 78[6], 1269–1274 [2011].
45. Donnez J, Nisolle M, Gillerot S et al. Rectovaginal septum adenomyotic nodules: A series of 500 cases. *Br J Obstet Gynaecol.* 1997; 104: 1014–1018.
46. Vercellini P, Somigliana E, Consonni D et al. Surgical versus medical treatment for endometriosis-associated severe deep dyspareunia: I. Effect on pain during intercourse and patient satisfaction. *Hum Reprod.* 2012; 27: 3450–3459.
47. Vercellini P, Frattaruolo MP, Somigliana E et al. Surgical versus low-dose progestin treatment for endometriosis-associated severe deep dyspareunia II: Effect on sexual functioning, psychological status and health-related quality of life. *Hum Reprod.* 2013; 28: 1221–1230.
48. S. Rimbach,1 U. Ulrich,2 and K. W. Schweppe3. Surgical Therapy of Endometriosis: Challenges and Controversies *Geburtshilfe Frauenheilkd.* 2013 Sep; 73[9]: 918–923. doi: 10.1055/s-0033–1350890 PMID: PMC3858988 PMID: 24771943
49. Mabrouk M, Spagnolo E, Raimondo D et al. Segmental bowel resection for colorectal endometriosis: is there a correlation between histological pattern and clinical outcomes? *Hum. Reprod.* 27[5], 1314–1319 [2012].

© Галлямов Эдуард Абдулхаевич, Аминова Лиана Назимовна, Унанян Ара Леонидович, Алимов Владимир Александрович,
Мурина Анна Геннадьевна, Галлямов Эдуард Эдуардович, Голубенко Екатерина Олеговна,
Гарина Анастасия Олеговна, Гололобов Григорий Юрьевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России

КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА У ПАЦИЕНТОВ С МЕСТНОЙ ФОРМОЙ ОДОНТОГЕННОЙ ГНОЙНОЙ ИНФЕКЦИИ, РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

CLINICAL AND LABORATORY
ASPECTS OF THE PREOPERATIVE
PERIOD IN PATIENTS WITH A LOCAL
FORM OF ODONTOGENIC PURULENT
INFECTION DEVELOPING AGAINST
THE BACKGROUND OF CHRONIC
PATHOLOGY OF THE RESPIRATORY
SYSTEM

**A. Gromov
S. Ivanov
S. Frolov
A. Shchenin**

Summary. The article analyzes complaints, General condition and clinical symptoms in patients with local form of odontogenic infection on the background of chronic obstructive pulmonary disease/bronchial asthma/chronic obstructive bronchitis upon admission to the hospital. The compensated condition of life support systems is observed. The leading factor determining the severity of the condition of patients in this group is the nature and prevalence of the underlying disease — odontogenic inflammation of the maxillofacial region, which determines the tactics of treatment and the main characteristics of the preoperative period.

Keywords: odontogenic infection, background pathology, chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma, maxillofacial area, purulent process, respiratory system.

Громов Александр Леонидович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Иванов Сергей Викторович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Фролов Сергей Серафимович

Челюстно-лицевой хирург, Курская областная клиническая больница Министерства здравоохранения Российской Федерации

Щенин Андрей Валентинович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
schenin-92@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы жалобы, общее состояние и клиническая симптоматика у пациентов с местной формой одонтогенной инфекции на фоне хронической обструктивной болезни легких/бронхиальной астмы/хронического обструктивного бронхита при поступлении в стационар. Наблюдается компенсированное состояние систем жизнеобеспечения. Ведущим фактором, определяющим тяжесть состояния пациентов данной группы, является характер и распространенность основного заболевания — одонтогенного воспалительного процесса челюстно-лицевой области, определяющего тактику лечения и основные характеристики предоперационного периода.

Ключевые слова: одонтогенная инфекция, фоновая патология, хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма, челюстно-лицевая область, гнойный процесс, дыхательная система.

Местная форма одонтогенной инфекции (МФОИ) развивается не только в условиях соматического здоровья, но и на фоне дыхательной патологии: хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), туберкулеза легких, бронхиальной астмы (БА), хронического обструктивного бронхита (ХОБ). В целом, заболевания органов дыхания и/или сердечно-сосудистой системы диагностированы у 64,3% больных с одонтогенными абсцессами и флегмонами [1]. Кроме того, болезни дыхательной и сердечно-сосудистой систем являются

коморбидными процессами, так как взаимосвязаны патогенетически [3]. В частности, наблюдаемые при ХОБЛ гипоксия и гиперкапния, способствуют развитию артериальной гипертензии [3], что обуславливает значительную распространенность АГ у больных с ХОБЛ.

ХОБЛ и БА являются важнейшей социальной и медицинской проблемой в связи со значительной продолжительностью нетрудоспособности, высоким уровнем инвалидизации и летальности [4,5]. Единичные иссле-

Патология органов дыхания

Заболевание	Количество пациентов	
	абсолютные значения	%
ХОБЛ	15	46,9
БА	3	9,4
ХОБ	14	43,7
Итого	32	100%

дования посвящены вопросам характеристики клинико-лабораторных показателей пациентов с МФОИ, развивающейся на фоне ХОБЛ или БА. Определено, что для данной категории пациентов, в сравнении с показателями больных с МФОИ без фоновых заболеваний, характерно статистически значимое снижение систолического артериального давления, снижение ударного объема сердца, выраженная тахикардия [6]. В то же время, в вышеобозначенной работе в связи с ограниченной возможностью набора пациентов с МФОИ+ХОБЛ/БА (относительной редкостью данного сочетания патологий) сравниваются группы, имеющие статистически значимые различия по возрастно-половому составу, что не позволяет с высокой степенью достоверности охарактеризовать изменения основных показателей гомеостаза у пациентов с ХОБЛ/БА при развитии МФОИ. Не выполнен анализ предоперационного периода у больных с МФОИ+ХОБЛ/БА/ХОБ.

Цель исследования

Определение клинических характеристик предоперационного периода у больных с МФОИ+ХОБЛ/БА/ХОБ.

Материалы и методы

Проанализированы жалобы, общее состояние, клиническая симптоматика у пациентов с МФОИ+ХОБЛ/БА/ХОБ при поступлении в стационар. Всего обследовано 32 пациента с местной формой одонтогенной инфекции (МФОИ) и заболеваниями органов дыхания (ХОБЛ/БА/ХОБ), находившихся на стационарном лечении в отделении челюстно-лицевой хирургии Курской областной больницы в 2012–2016 гг. МФОИ представлена абсцессами крыловидно-нижечелюстного, окологлоточного пространств, подподбородочной, поднижечелюстной, подъязычной, околоушно-жевательной областей, челюстно-язычного желобка, подвисочной ямки, периастидами и ретромалярными абсцессами — 15 пациентов

(46,9%); а так же флегмонами челюстно-лицевой области в пределах 1–3 клетчаточных пространств (15 пациентов, 46,9%), 2 пациента — распространенные флегмоны дна полости рта и шеи (6,2%). Возрастно-половые характеристики: 25 мужчин (78,1%), 7 женщин (21,9%); средний возраст — 41,8±2,1 года. Критерии исключения: сахарный диабет, сепсис.

Структура фоновой патологии органов дыхания исследуемой группы пациентов представлена в таблице.

Степень тяжести ХОБЛ классифицирована по спирометрическим (функциональным) критериям в соответствии с положениями GOLD, 2003: I, II, III, IV стадии (легкое, среднетяжелое, тяжелое, крайнетяжелое течение).

Так же в исследуемой группе больных диагностирована коморбидная патология сердечно-сосудистой системы, представленная артериальной гипертензией (АГ) и ишемической болезнью сердца (ИБС) — 6 пациентов (17,6%).

Для статистической обработки результатов исследования были использован пакет прикладных программ STATISTICA 6.1 фирмы StatSoft Inc. для персонального компьютера в системе Windows. Статистическая нулевая гипотеза о соответствии данных нормальному закону проверялась с помощью критерия Шапиро–Уилка. В качестве порогового уровня статистической значимости p (вероятности ошибочно отклонить нулевую гипотезу) было принято значение 0,05.

Методы, используемые в данном исследовании, одобрены комитетом по этике ФГБОУ ВО КГМУ.

Результаты и их обсуждение

При поступлении в стационар пациенты предъявляли жалобы, которые можно разделить на основные

и связанные с наличием фоновой патологии. Основные жалобы являются результатом развития острой одонтогенной инфекции: боли в области воспалительного инфильтрата, отек лица, нарушение открывания рта, затруднение глотания, жевания (локальные жалобы). Так же у всех пациентов определены жалобы общего характера, связанные с наличием общеинфекционного синдрома: головная боль, повышение температуры, слабость, головокружение.

Кроме того, имели место жалобы, связанные с наличием ХОБЛ: в основном, одышка при физической нагрузке (по анамнезу). Степень выраженности одышки коррелировала со степенью тяжести ХОБЛ: от одышки при значительной физической нагрузке (I стадия) до одышки в покое (IV стадия). Чаще всего диагностирована ХОБЛ II–III стадии — 11 пациентов, ХОБЛ I стадии — 3 пациента, ХОБЛ IV стадии — 3 пациента. ХОБЛ, как правило, наблюдалась в стадии ремиссии; в одном случае диагностировано обострение ХОБЛ, требующее применения ингаляционных бронходилататоров и введения глюкокортикостероидов. Для хронического обструктивного бронхита (ХОБ) характерным являлось наличие кашля с выделением мокроты в анамнезе, одышки. В исследуемой группе пациентов ХОБ диагностирован в стадии ремиссии, поэтому при поступлении в стационар клинически значимого кашля не наблюдалось. Бронхиальная астма (БА) так же диагностирована в состоянии ремиссии, по анамнезу, клинически значимых проявлений не имела.

Общее состояние пациентов охарактеризовано как удовлетворительное или, реже, средней тяжести (при наличии выраженного болевого синдрома и общеинфекционных проявлений). Предоперационная подготовка заключалась в введении антибиотиков широкого спектра действия, анальгетиков. Оперативное пособие выполнено под потенцированной местной анестезией, в 2 случаях при наличии распространенной флегмоны дна полости рта и шеи — с использованием интубационного наркоза. В послеоперационном периоде значимых осложнений и летальных исходов не зарегистрировано. Применение искусственной вентиляции легких каких-либо осложнений, связанных с наличием ХОБЛ/БА/ХОБ, в исследуемой группе больных не вызвало.

Систолическое артериальное давление в большинстве случаев (26 пациентов) находилось в пределах 110–140 мм рт. ст., у 6 пациентов с гипертонической болезнью — 140–160 мм рт. ст. Выраженной гипотонии или гипертонии не обнаружено. Тахикардия более 90 в 1 мин. — 11 больных (34,4%). Частота дыхательных движений составляла как правило от 16 до 20 в 1 мин., у 2 пациентов с выраженной ХОБЛ и ХОБ — 24 в 1 мин. Значимая анемия (эритроциты $2,6 \cdot 10^{12}/л$, гемогло-

бин 76 г/л) диагностирована только у одного больного с распространенной флегмоной дна полости рта и шеи (выполнена трансфузия эритроцитарной массы), в остальном значения показателей «красной» крови определены в пределах референсных значений. Лейкоцитоз более $9,0 \cdot 10^9/л$ зарегистрирован у 16 пациентов (50%), в том числе со «сдвигом» лейкоцитарной формулы влево — 8 пациентов с флегмонами. Относительная лимфопения со значениями содержания лимфоцитов менее 18% наблюдалась в 5 случаях (15,6%) у пациентов с распространенными флегмонами или (реже) абсцессами глубоких клетчаточных пространств лица. Абсолютное количество тромбоцитов находилось в пределах нормы, тромбоцитопении не обнаружено. Гипербилирубинемия более 20 мкмоль/л диагностирована у 2 больных с ограниченными абсцессами челюстно-лицевой области.

Заключение

Таким образом, значимых изменений показателей гомеостаза в предоперационном периоде у пациентов с МФОИ+ХОБЛ/БА/ХОБ не выявлено. Наблюдается компенсированное состояние систем жизнеобеспечения. Хроническая патология органов дыхания при наличии МФОИ не является фактором, сколь-нибудь значительно отягощающим состояние больного, так как находится, в основном, в состоянии ремиссии. Возникают обоснованные сомнения в обозначении данных патологических процессов как «фоновых» в сочетании с одонтогенным воспалительным процессом, более уместен термин «сопутствующая патология». Предоперационная подготовка для данной группы пациентов должна быть направлена на купирование гипертермии, болевого синдрома, дезинтоксикацию, антибиотикотерапию препаратами широкого спектра действия. Возможно применение иммунокоррекции (так как в ряде случаев диагностирован дефицит клеточного иммунитета). Обострение ХОБЛ (или БА) требует применения ингаляционных бронходилататоров (сальбутамол, фенотерол), антихолинергических препаратов (ипратропий) и системных глюкокортикостероидов. Выбор анестезии обусловлен распространением гнойно-воспалительного процесса: при наличии абсцесса или ограниченной флегмоны в пределах 1–3 клетчаточных пространств требуется местная анестезия, в отдельных случаях в условиях распространенной флегмоны — общая анестезия.

В целом, ведущим фактором, определяющим тяжесть состояния пациентов данной группы, является характер и распространенность основного заболевания — одонтогенного воспалительного процесса челюстно-лицевой области, определяющего тактику лечения и основные характеристики периоперационного периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губин М. А., Иванов С. В., Громов А. Л., Водолазский Н. Ю. Характеристика фоновой патологии у пациентов с воспалительными заболеваниями лица и шеи // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2017. — № 2. — С. 45–48. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2017-2/086>.
2. Белялов Ф. И. Двенадцать тезисов коморбидности // Клиническая медицина — 2009. — № 12. — С. 69–71.
3. Задионченко В. С., Адашева Т. В., Федорова И. В., Миронова М. А. Артериальная гипертензия и хроническая обструктивная болезнь легких — клиничко-патогенетические параллели и возможности терапии // Российский кардиологический журнал. — 2009. — № 6. — С. 62–69.
4. Чучалин А. Г. Хроническая обструктивная болезнь легких и сопутствующие заболевания // Пульмонология. — 2008. — № 2. — С. 5–14.
5. Petty T. L. Definition, epidemiology, course, and prognosis of COPD // Clin. Cornerstone. — 2003. — Vol. 5. — № 1. — P. 1–10.
6. Громов А. Л., Губин М. А., Иванов С. В., Будаев А. П., Тишков Д. С. Особенности гемодинамики, гомеостаза и эффективность терапии у больных с местной формой одонтогенной гнойной инфекции на фоне хронической патологии органов дыхания // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2018. — № 4. — С. 31–36. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2018-4/05>

© Громов Александр Леонидович (gromov.alexandr2011@yandex.ru), Иванов Сергей Викторович,
Фролов Сергей Серафимович, Щенин Андрей Валентинович (schenin-92@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Курск

ЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ У ЖЕНЩИН РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ТРОМБОТИЧЕСКОГО РИСКА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВАРИКОЗНЫМ РАСШИРЕНИЕМ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

ETHNIC FEATURES OF PREGNANCY COURSE IN PATIENTS WITH LOWER EXTREMITIES VARICOSE VEINS: CASE STUDY OF THE REPUBLIC OF BURYATIA RESIDENTS

T. Gubar
S. Darkhanova
L. Alekseeva
V. Sturov

Summary. When analyzing the course of pregnancy in 160 residents of the Republic of Buryatia including 60 patients with varicose veins in the lower extremities and 100 women without this pathology, it has been revealed that in groups with varicose veins of the lower extremities, significantly more often 1 trimester of pregnancy was complicated with spontaneous miscarriage and more often isthmic-cervical insufficiency has taken place. Ethnic features of the course of pregnancy have not been identified.

Keywords: varicose veins of the lower extremities, isthmic-cervical insufficiency, threatening spontaneous miscarriage, pregnancy.

Губарь Татьяна Константиновна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», г. Улан-Удэ, Россия; врач акушер — гинеколог Медицинского центра «Диамед»
gtk71@mail.ru

Дарханова Светлана Дмитриевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», г. Улан-Удэ, Россия; врач акушер — гинеколог Медицинского центра «Диамед»
darkhvet@mail.ru

Алексеева Лилия Лазаревна

Д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», г. Улан-Удэ, Россия; заместитель главного врача по лечебной работе ГАУЗ «Республиканский Перинатальный центр», г. Улан-Удэ
l.alekseeva09@mail.ru

Стуров Виктор Геннадьевич

Д.м.н., профессор, ФАГОУ «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» Минобрнауки РФ
sturov@mail.ru

Аннотация. При проведении анализа течения беременности у 160 жительниц республики Бурятия: у 60 — с варикозным расширением вен нижних конечностей и 100 женщин не имеющих данную патологию, выявлено: в группах с варикозным расширением вен нижних конечностей достоверно значимо чаще 1 триместр беременности осложнился угрожающим самопроизвольным выкидышем и чаще отмечалась истмико-цервикальная недостаточность. Этнических особенностей течения беременности выявлено не было.

Ключевые слова: Варикозное расширение вен нижних конечностей, истмико-цервикальная недостаточность, угрожающий самопроизвольный выкидыш, беременность.

В настоящее время варикозная болезнь нижних конечностей — самое часто заболевание периферических сосудов, встречается у 35–55% взрослого населения, у женщин 25–60% женщин [1,3,5,11]. Эта патология считается одним из клинических проявлений недифференцированной формы дисплазии соединительной ткани. Достаточно часто данная патология сочетается с такими заболеваниями как миопия, нефроптоз, деформация грудной клетки, пролапс митрального клапана,

альгодисменореей, пролапсом гениталий, симфизопатией и др. [4,5,6] Множественность и полисистемность клинических проявлений недифференцированных форм дисплазии соединительной ткани, поражение разных локусов генов, кодирующих синтез коллагена, затрудняет генетическую классификацию и диагностику. [5,7,10.]

Несомненно, системная слабость соединительной ткани является врожденным заболеванием [7,11], прояв-

ляющаяся органической и функциональной висцеральной патологией и может влиять на течение беременности. По данным литературы варикозная болезнь впервые возникает у 50–96% у женщин во время беременности и течение беременности и послеродового периода. [1, 2] Среди факторов, играющих решающую роль в развитии варикозной болезни, в настоящее время признан дисбаланс венозной стенки и врожденную неполноценность клапанов вен. Также в патологический процесс вовлекается эндотелий [3,4,8,9]. В формировании эндотелиальной дисфункции принимают участие биологические активные вещества, а также тромборегуляторы, прежде всего простоциклин, тканевый активатор плазминогена и его ингибитор, и другие. Оказывающие не только локальное, но и системное действие на клетки крови и кровеносные сосуды, а так как для физиологической беременности характерны все признаки триады Вирхова, описанные им в 1884г: гиперкоагуляция в результате повышения свертывания крови и подавление антикоагулянтных механизмов, венозный стаз вследствие гормональных и механических причин и повреждение сосудистой стенки.[1,2,12], то следовательно, варикозное расширение вен нижних конечностей относится к факторам риска возникновения венозного тромбоза. Варикозная болезнь нижних конечностей имеет характерное географическое распространение, более распространена в европейских странах, Северной Америке, менее в Японии, в Азиатских странах, в современной литературе отмечается, что варикозное расширение вен является наследственным заболеванием, генетически детерминированным.[13]

А также, учитывая роль наследственного фактора в развитии данной патологии, можно предположить, что имеются особенности течения беременности у женщин разных этнических групп.

Актуальность проблемы: риск венозного тромбоза повышается при варикозном расширении вен нижних конечностей в 2–4 раза по сравнению с общей популяцией. [1]

Цель работы: установить наличие или отсутствие различий по частоте встречаемости акушерских осложнений в этнических группах русских и бурят в условиях повышенного тромботического риска связанного с наличием варикозного расширения вен нижних конечностей.

Проанализировано 160 случаев течения беременности у женщин разных этнических групп. В 1 — ю группу вошли — 30 женщин русской этнической группы с варикозным расширением вен нижних конечностей, 2 — ю группа — 30 женщин бурятской этнической группы с варикозным расширением вен нижних конечностей.

В группу сравнения вошли 50 женщин русской этнической группы и 50 женщин бурятской этнической группы не имеющих варикозного расширения вен нижних конечностей и отягощенной наследственности по данному заболеванию.

Средний возраст составил: 1-й группе — 35,3±3,9 лет; 2-й группе — 37,7±2,3 лет; в группах сравнения — 1 с-группе — 31±4,0 лет и 2с — группе — 29±4,1 лет

Соматический анамнез

У 1-группы и 2-й группы диагноз — варикозной болезни нижних конечностей подтвержден клинически и инструментально (ультразвуковое исследование вен нижних конечностей), также у пациенток 1-й группы в 10% — хр тонзиллит, анемия 10%, хронический холецистит 6,6%; во 2-й группе также 13,3% — хр тонзиллит, анемия — 6,6%, артериальная гипертензия в 3,3%.

Группы сравнения: 1-й группе — 30% хр тонзиллит, 8% гипотиреоз, 2% -артериальная гипертензия, у 50% патологии не выявлено; во 2-й группе — хр. тонзиллит — 20%, анемия 1-й степени — 2%, артериальная гипертензия 60%, соматическая патология не выявлена у 56% женщин.

При оценке гинекологического статуса выявлено в 1-й группе 16% случаев бесплодия, 10% наружного генитального эндометриоза и аденомиоза, 8% нарушений менструального цикла и по 2% случаев составили воспалительные заболевания придатков и миома матки. Во 2-й группе: в большинстве наблюдений выявлена миома матки — 20%, в 12% случаев бесплодие, 10% наблюдений воспалительные заболевания придатков, а наружный генитальный эндометриоз и аденомиоз отмечен у 4% пациенток.

В группе сравнения — 1-й группе наружный генитальный эндометриоз — 13,3%, во — 2-й — 26%, хронические воспалительные заболевания органов малого таза составили по 10% в обеих группах, не выявлено патологии в — 1 — группе — 40%, во 2 — й группе -в, нарушение менструального цикла в 1 — группе 33, 3%, во 2 — й 13,3%. Бесплодие отмечено в 1 й группе 13,3%, во 2–16,6%.

Осложнения 1 триместра: угроза прерывания во обеих группах составила по 53%, в группах сравнения — 23% в русской этнической группе и в бурятской этнической группе — 20%.

В русской этнической группе в 6,6% отмечалось многоводие.

Таблица 1. Осложнения беременности во 2 — м триместре:

	Течение беременности в русских этнических группах						Течение беременности в бурятских этнических группах					
	Отеки беременной		ФПН		ИЦН		Отеки беременной		ФПН		ИЦН	
	1 группа	Группа сравнения	1 группа	Гр сравнения	1 группа	Гр сравнения	2 группа	Гр сравнения 2	2 группа	Группа сравнения 2	1 группа	Группа сравнения 2
2 триместр	26%	6%	6,6%	14%	26%	13,3%	6,6%	8%	20%	18%	20%	6,6%

Таблица 2. Осложнения беременности в 3 — м триместре

	Течение беременности в русских этнических группах						Течение беременности в бурятских этнических группах					
	Отеки беременной		ФПН		Гипертензия		Отеки беременной		ФПН		Гипертензия	
	1 группа	Группа сравнения	1 группа	Гр сравнения	1 группа	Гр сравнения	2 группа	Гр сравнения 2	2 группа	Группа сравнения 2	1 группа	Группа сравнения 2
3 триместр	40%	16%	13,3%	14%	6,6%	12%	26%	12%	20%	18%	20%	13,3%

Таблица 3. При анализе массы плодов не выявлены различия.

	1 группа	Группа сравнения	2 группа	Группа сравнения
Вес плодов	3400,4±123,2г	3310±412,0г	3492±193,4г	3450±316,0г

Таблица 4. Показатели коагулограммы

Показатели	1 группа	1 гр сравнения	2 группа	2 группа сравнения
Протромбиновое время	18,6±0,43	13,35±1,68	16,32±0,43	14,32±0,96
Тромбиновое время	15,95±0,23	14,82±1,68	15,4±0,34	15,49±1,3
Фибриноген	5,79±0,23	4,40±0,94	4,3±0,54	4,73±0,78
АЧТВ	29,3±0,53	28,81±4,59	29,3±0,53	31,75±2,7

Осложнения в родах

В 1 — группе в 13,3% случаев — прогрессирующая гипоксия плода, в 13,3% — дородовое излитие околоплодных вод, во 2-й группе — 26% прогрессирующая гипоксия плода, дородовое излитие околоплодных вод составило 13,3%. В группах сравнения соответственно — прогрессирующая гипоксия плода — 10% и 13%, дородовое излитие околоплодных вод — 8% и 12%;

В 1-й группе кесарево сечение — 20%, во 2 — й — 13,3%. Родоразрешение было проведено на доношенном сроке во всех 4 — х группах.

Выводы

1. У беременных обеих этнических групп варикозное расширение вен нижних конечностей сочетается с истмико-цервикальной недостаточностью,

это подтверждает — в основе этого заболевание лежит нарушение синтеза коллагена, следовательно у женщин с варикозным расширением вен нижних конечностей необходимо более тщательное наблюдение за состоянием шейки матки с целью своевременного применения лечебных мероприятий.

- У беременных с варикозным расширением вен нижних конечностей в обеих этнических группах отмечалась в 1 — м триместре угроза прерыва-

ния чаще, чем в группах контроля, возможно из — за нарушения функции трофобласта, вследствие нарушения гемодинамики при варикозном расширении вен.

- В 3 — м триместре превалировали отеки беременной до 40% в русской этнической группе и 26% в бурятской этнической группе.
- Достоверно значимо не выявлено этнических особенностей течения беременности у женщин с варикозным расширением вен нижних конечностей.

ЛИТЕРАТУРА

- Макацария А. Д. Тромбозы и тромбоемболии в акушерско–гинекологической клинике. Молекулярно–генетические механизмы и стратегия профилактики тромбоемболических осложнений, руководство для врачей/ А. Д. Макацария, В. О. Бицадзе, С. В. Акиншина // 000 «Медицинское информационное агентство»: Москва 2007 г.— 480 с.; — 1200с.
- Макацария, А. Д. Тромбофилические состояния в акушерской практике/А. Д. Макацария. М.: РУССО, 2001.
- Петрищев, Н. Н. Дисфункция эндотелия: причины, механизмы, фармакологическая коррекция / Н. Н. Петрищев. — СПб., 2003. — 181 с.
- Петрищев, Н. Н. Тромборезистентность сосудов /Н.Н. Петрищев. — СПб.: АНТ — М, 1994. — 130с.
- Шифман Ф. Дж. Патология физиология крови/ Ф. Дж. Шифман; пер с англ. — СПб.: БИНОМ — «Невский Диалект», 2000. — 448с.
- Викторова И.А, Нечаева Г. И. Методология и экономическая эффективность курации пациентов с дисплазией соединительной ткани семейным врачом в практике семейного врача. Дисплазия соединительной ткани. Омск: ОГМА, 2002; 11–24.
- Перекальская М.А, Макарова Л. И. Верещагина Г. Н. Нейроэндокринная дисплазия у женщин с системной дисплазией соединительной ткани. Клин. мед. 2002; 4:48–51.
- Grahame R., Bird H. A., Child A. The revised (Brighton, 1998 criteria for the diagnosis of benign joint hypermobility syndrome (BJHS). J of Rheumanjlogy 2000;27 (7):1777–9.
- Abu — Baker, M. Surgical Ambulatoru treatment for the varicose veins withoutstripping/M. Abu — Baker//European Congress of the Union Innernationale de Phebologie.-Bremen.1999.-Vol.11.-№ 6.-40 p
- Obstet. and gynecol.-1996.— Vol. 87.— № 3 — P. 380–383.
- Martinelli, I. Genetic rick factors factor for superficial vein thrombosis/ I. Martinelli, Cattaneo, E. Taioli //Thromb. Haemost.— 1999. Vol.82.— № 4 — P. 1215
- Hirai M., Naiki K., Nakayama R. Prevalence and risk factors of varicose veins in Japanese women. //Angiology.-1990.-Vol.41.— P. 228–232.

© Губарь Татьяна Константиновна (gtk71@mail.ru), Дарханова Светлана Дмитриевна (darkhvet@mail.ru),
Алексеева Лилия Лазаревна (l.alekseeva09@mail.ru), Стуров Виктор Геннадьевич (sturov@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «PLASMOLIFTING» В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ХРОНИЧЕСКОГО ЭНДОМЕТРИТА ПРИ НЕУДАЧНЫХ ПОПЫТКАХ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ И ПРИ НЕВЫНАШИВАНИИ БЕРЕМЕННОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ЭНДОМЕТРИТОМ

THE USE OF TECHNOLOGY «PLASMOLIFTING» IN THE TREATMENT OF CHRONIC ENDOMETRITIS WITH UNSUCCESSFUL IVF AND MISCARRIAGE DUE TO CHRONIC ENDOMETRITIS

**S. Darkhanova
L. Alekseeva**

Summary. in this article, the authors showed the effectiveness of the use of the «Plasmolifting» technology in the treatment of chronic endometritis in case of IVF failures and miscarriage. The diagnostic criteria for XE determine ultrasound signs, thickness discrepancy, endometrial structure of the menstrual cycle, reduced blood flow in the spiral and basal arteries, morphological changes of the endometrium according to endometrial biopsy and hysteroscopy. Revealed the most pronounced changes in patients with miscarriage. The onset of pregnancy after the use of autoplasm therapy in the group of patients with infertility was 52%, and in the group with miscarriage 33%.

This article shows the efficiency of using technology “Plasmolifting” in the treatment of chronic endometritis in infertility.

Keywords: chronic endometritis, IVF, Plasmolifting technologies.

Дарханова Светлана Дмитриевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», г. Улан-Удэ; врач акушер-гинеколог, Медицинский центр «Диамед»
darkhsvet@yandex.ru

Алексеева Лилия Лазаревна

Д.м.н., ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», г. Улан-Удэ; заместитель главного врача по лечебной работе, ГАУЗ «Республиканский Перинатальный центр», г. Улан-Удэ
l.alekseeva09@mail.ru

Аннотация. в данной статье авторами показана эффективность использования технологии «Plasmolifting» в лечении хронического эндометрита при неудачных попытках ЭКО и невынашивании беременности. Диагностическими критериями хронического эндометрита (ХЭ) определены УЗИ признаки: несоответствие толщины, структуры эндометрия менструальному циклу, снижение кровотока в спиральных и базальных артериях, морфологические изменения эндометрия по данным биопсии эндометрия и гистероскопии. Достоверные увеличения факторов ангиогенеза VEGF-A и PlGF в сыворотке крови в среднесекреторную фазу менструального цикла. Выявлены наиболее выраженные изменения у пациенток с невынашиванием беременности. Наступление беременности после использования аутоплазменной терапии в группе пациентов с бесплодием составила 52%, а в группе с невынашиванием беременности 33%.

Ключевые слова: хронический эндометрит, ЭКО, технологии «Plasmolifting».

Удачу ЭКО в циклах ВРТ определяют многие факторы:

- ◆ возраст женщины,
- ◆ соматическое состояние супругов,
- ◆ отсутствие патологии матки, состояние эндометрия,
- ◆ протокол стимуляции,
- ◆ качество эмбрионов, техника переноса эмбрионов.

Одной из причин неудачных ЭКО является хронический эндометрит. По литературным данным: хрониче-

ский эндометрит в 83.3% случаев обнаруживают у женщин репродуктивного возраста при неудачных попытках ЭКО [6].

Хронический эндометрит это симптомокомплекс, связанный с нарушением морфофункционального состояния эндометрия, сопровождающийся невынашиванием беременности и бесплодием, а также неэффективностью ЭКО. Так, одной из проблем, является нарушение развития эндометрия, обусловленное хроническими воспалительными заболеваниями, гормональной дисфункцией, нарушением экспрессии рецепторов к эстрогенам и прогестерону, нарушением развития пиноподий

[1, 5, 10], которые отражают локальный дефицит факторов роста и ряд других факторов [3, 8, 11]. Основу таких изменений определяет дисфункция процессов ангиогенеза, приводящая к нарушению имплантации, самопроизвольному выкидышу [1]. Частота самопроизвольного прерывания беременности после ЭКО и переноса эмбриона (ПЭ) по данным разных авторов варьирует 18.5–32% [Бицадзе В.О. Макацария А.Д., Хизроева Д.Х., 2012; Доброхотова Ю.Э., 2014].

Сосудисто-эндотелиальный фактор роста (VEGF-A) является основным регулятором ангиогенеза в эндометрии, а также повышает пролиферативную активность клеток эндотелия и проницаемость сосудов [2]. Основная функция VEGF-A — участие в создании новых кровеносных сосудов [6].

Плацентарный фактор роста (PlGF) — гликопротеин, относится к семейству VEGF, усиливает VEGF индуцированный ангиогенез и проницаемость сосудов [13]. Повышается при различных патологических состояниях.

Биологическая функция VEGF и PlGF регулируется одним из основных ингибиторов ангиогенеза — растворимым рецептором 1 васкуло-эндотелиального фактора роста (sVEGF-R1). Относится к белкам плацентарного происхождения, играет роль в развитии гестационных осложнений и является индуктором репродуктивных потерь [9, 12].

Использование аутологичной плазмы, полученной по технологии «Plasmolifting» [2, 6], содержащей активированные тромбоциты 1 млн. и более в 1 мкл позволяет локально применить тромбоцитарные факторы роста, которые стимулируют процессы регенерации и ангиогенеза в поврежденных тканях. Таким образом, улучшается состояние и имплантационные свойства эндометрия.

Цель исследования: оценка эффективности технологии «Plasmolifting» в комплексной терапии хронического эндометрита при неудачных попытках ЭКО и невынашивании беременности.

Задачи исследования:

1. Изучить клинико-анамнестические особенности женщин с ХЭ, страдающих бесплодием и невынашиванием беременности.
2. Оценить параметры эндометрия по данным ультразвукового и морфологического методов исследования.
3. Определить уровень ангиогенных факторов роста VEGF-A, sVEGF-R1, PlGF в сыворотке крови у женщин с бесплодием и невынашиванием беременности, обусловленных хроническим эндометритом.

4. Оценить эффективность процедуры «Plasmolifting» в прегравидарной подготовке пациенток с неудачными попытками ЭКО и невынашиванием беременности, ассоциированных с хроническим эндометритом.

Материал и методы исследования: Для выполнения поставленных задач нами проведено комплексное обследование 90 пациенток [согласно приказа МЗ РФ № 107 от 2013 г.], обратившихся в отделение ВРТ ООО МЦ «Диамед» по проблемам репродуктивного здоровья. Все пациентки были разделены на три группы. 1-ю группу составили 30 женщин — условно здоровые, причиной бесплодия явился мужской фактор; 2-ю группу — 30 пациенток с бесплодием и неудачными попытками ЭКО; 3-ю группу — 30 женщин с невынашиванием беременности (1 и более самопроизвольных выкидышей или замершие беременности в анамнезе). У всех пациенток сопоставим возраст от 28 до 45 лет, от 1 до 6 неудачных попыток ЭКО.

Основной причиной неудачных исходов явился хронический эндометрит, подтвержденный патогистологическим исследованием. Забор эндометрия проводился методом аспирационной биопсии (Paipel) и под контролем гистероскопа на 7–11 день менструального цикла. Полученный материал фиксировался в 10% растворе забуферного нейтрального формалина и направлялся в патоморфологическую лабораторию для гистологического исследования. Проводилось динамическое ультразвуковое исследование на аппарате Voluson E10 (Австрия) с использованием мультисигментного датчика 8 МГц. в среднюю секреторную фазу МЦ на 14–21 день. Уделяли особое внимание оценке срединного М-эха: его толщине, структуре, наличию включений и состоянию кровотока матки, согласно критериям, разработанным В. Н. Демидовым в 1993 году [4].

Образцы крови для определения уровня VEGF-A, PlGF и sVEGF-R1 в сыворотке обработаны на базе лаборатории МЦ «Диамед». Забор крови проводился с соблюдением установленных требований с использованием вакуумного метода. Сыворотка была получена стандартным методом. До исследования сыворотку хранили в морозильной камере при температуре 80 °С. Определение уровня факторов роста проводилось иммуноферментным анализом с использованием коммерческих тест-систем: Bender Medsystems для VEGF-A и sVEGF-R1 (Австрия) и для PlGF R&D Systems. Детекция результатов исследования проводилась на планшетном фотометре Stat-Fox 2100.

Статистическая обработка результатов проводилась методом Statistica 6.1 с применением непараметрического критерия Манна–Уитни.

Таблица 1. Длительность бесплодия

Группа	1–5 лет	6–10 лет	Более 10 лет
I группа (n=30)	14 (46,7%)	11 (36,7%)	5 (16,7%)
II группа (n=30)	15 (50%)	10 (33,3%)	5 (16,7%)
III группа (n=30)	12 (40%)	10 (33,3%)	8 (26,7%)



Фото 1. УЗС эндометрия на 14 сутки М-ЭХО- 3-мм с гиперэхогенными включениями в базальном слое эндометрия, без васкуляризации

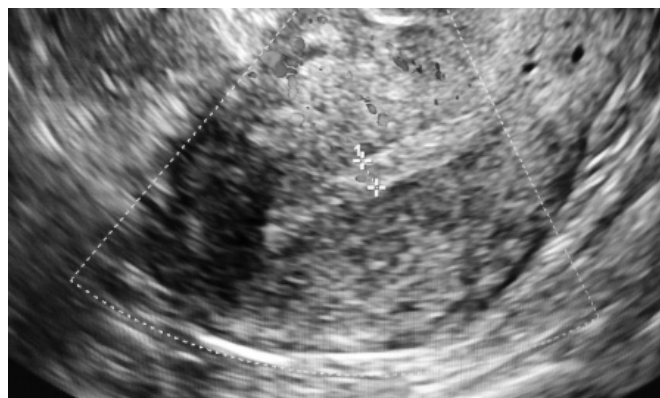


Фото 2. Хронический эндометрит — эндометрий 4–5 мм неоднородный с пониженной васкуляризацией

Результаты и обсуждение

Средний возраст пациенток 1 группы составил $32,67 \pm 5,25$ лет, 2 группа — $34,43 \pm 4,98$ лет, 3 группа — $36,3 \pm 4,79$ лет.

По длительности бесплодия пациентки распределились.

По результатам обследования биоценоза влагалища (Фемофлор скрин): анаэробный дисбиоз в 69% случаев, уреоплазмоз – 12%, хламидиоз- 4%, микоплазмоз 5%, вирусная инфекция (ВПГ, ЦМВИ)- 4% и сочетание бактериальной и вирусной инфекции — 6%.

В группе с бесплодием преобладала условно патогенная микрофлора, анаэробный дисбиоз, уреоплазмоз, а в группе с невынашиванием беременности преобладала бактериально — вирусная инфекция.

В процессе подготовки к ЭКО были пролечены инфекционно-воспалительные процессы генитального тракта (антибактериальная терапия, физиолечение, метаболическая терапия, гирудотерапия).

После проведенного обследования и лечения пациенткам 2 и 3 групп была проведена аутоплазменная те-

рапия внутриматочно, 1–5 процедур, через 72 часа в 1 фазу менструального цикла.

Аутоплазма получена из 10 мл аутокрови. Забор крови проводился из локтевой вены в сертифицированную пробирку, далее кровь центрифугировалась в режиме 3000 оборотов в течении 5 минут. Полученная плазма в количестве 2 мл вводилась в полость матки через стерильный катетер, а также парацервикально 3 мл шприцом с тонкой иглой, на фоне заместительной гормональной терапии ЗГТ (дивигель, или прогинова, дюфастон или утрожестан, или фемостон 2/10) в течении 2-х менструальных циклов.

Оценка состояния эндометрия проводилась на 14 сутки менструального цикла и через 72 часа после процедуры методом ультразвукового исследования с доплерометрией. Так толщина эндометрия на 14 сутки менструального цикла составила от 3–5 мм с отсутствием или низкой васкуляризацией в эндометрии.

После аутоплазменной терапии от 2 до 5 процедур отмечена положительная динамика –однородное и трехслойное утолщение эндометрия от 8–9–11мм, улучшение микроциркуляции в эндометрии.

А также отмечены клинические эффекты — уменьшение болевого синдрома, улучшение состояния слизи-

стых шейки и влагалища, и восстановление микробиотоза.

УЗИ эндометрия до процедуры «Plasmolifting» на 14 день менструального цикла.

При анализе уровня PIGF в сыворотке крови женщин в группах II и III отмечено увеличение его содержания в сравнении с нормативными показателями. Самый высокий показатель наблюдался в III группе и составил $40,62 \pm 15,76$ пг/мл. Нормальные его показатели выявлялись в I группе женщин и составил $24,93 \pm 5,03$ пг/мл, что доказывает его роль в процессах ангиогенеза пролиферации и регенерации эндометрия после локального применения аутологичной плазмы.

Согласно полученным данным исследования, уровень sVEGF-R1 в сыворотке крови изменялся незначительно и не выходил за пределы референтных значений (менее 0,42 нг/мл), что указывает на менее выраженное ингибирующее воздействие на процессы ангиогенеза в эндометрии.

По данным литературы имеет место увеличение VEGF-A при ХЭ [7]. Его увеличение указывает на патологический ангиогенез в эндометрии [9]. В нашем исследовании уровни VEGF-A также были увеличены и наибольшие значения были выявлены во II группе, и составили $246,7 \pm 153,78$ пг/мл. В I группе, после плазмотерапии, отмечалось трехкратное увеличение показателей VEGF-A до $172,03 \pm 91,89$ пг/мл, что указывает на адекватный ангиогенез и рецептивность эндометрия и благоприятный прогноз в плане вынашивания беременности.

Из 30 пациенток с бесплодием в 16 случаях (52%) наступила беременность, а в 14 случаях (48%), — беременность не наступила.

У пациенток с невынашиванием беременности в 11 случаях (36%) наступила беременность, а в 19 случаях (64%) не наступила.

При этом показатели VEGF-A с невынашиванием беременности превышали в сравнении с бесплодием в 1,5 раза.

При отрицательных исходах ЭКО наблюдалось повышение VEGF-A в 9 раз и более на фоне снижения PIGF и sVEGF-R1.

В контрольной группе (с мужским фактором бесплодия) беременность наступила в 100% случаях, в 23% наступила после криопереноса со 2 попытки, и в 77% после ЭКО- с 1 попытки.



Фото 3. Эндометрий после процедуры «Plasmolifting»

Таким образом, на основании полученных данных, у женщин с отрицательными исходами ЭКО, с бесплодием и невынашиванием беременности на фоне хронического эндометрита, уровни VEGF-A и PIGF достоверно были выше, чем у женщин с наступившей беременностью после плазмотерапии.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее выраженные изменения морфологической структуры эндометрия отмечались в группе пациенток с невынашиванием беременности (III группа).
2. После плазмотерапии у женщин II и III групп, при ультразвуковом исследовании отмечалось увеличение М-эхо более 8 мм, его трехслойность, улучшение кровотока в спиральных и базальных артериях.
3. Самый высокий уровень VEGF-A выявлен у пациенток III группы с отрицательным исходом ЭКО, а минимальные значения определялись в I группе после плазмотерапии.
4. Использование технологии «Plasmolifting» в прегравидарной подготовке у женщин с ХЭ при неудачах ЭКО и невынашивании беременности указывает на положительные исходы ЭКО и ПЭ. Так, частота наступления беременности у женщин II группы с бесплодием составила 52%, у пациенток III группы с невынашиванием беременности — 33%.
5. Данные методы исследования, морфологическая, иммуноферментная и ультразвуковая диагностика состояния эндометрия, могут использоваться в клинической практике в прегравидарной подготовке пациенток с ХЭ, неудачами ЭКО и невынашиванием беременности. Для более лучшего эффекта необходимо увеличить кратность процедур «Plasmolifting» от 5 до 10 процедур в течении 2 менструальных циклов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмеров Р. Р. Аутостимуляция регенеративных процессов. Технология PlasmoliftingTM. III Общероссийский семинар «Репродуктивный потенциал России: казанские чтения. Здоровье женщины — здоровье нации». — Казань, 2013.
2. Ахмеров Р. Р. Регенеративная медицина на основе аутологичной плазмы. Технология PlasmoliftingTM / Р. Р. Ахмеров. — М.: Литтера, 2014. — 160 с.
3. Назаренко Т. А. Бесплодие и возраст: пути решения проблемы / Т. А. Назаренко, Н. Г. Мишиева. — М.: МЕДпресс-информ, 2010. — 208 с.
4. Нефедова Н. А., Давыдова С. Ю. Роль сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF) и гипоксия-индуцибельного фактора (HIF) в опухолевом ангиогенезе. Современные проблемы науки и образования. 2015; 3:51. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17924> (Accessed 18 March 2015). [Nefedova N. A., Davydova S. Yu. The role of vascular endothelial factor (VEGF) and hypoxia-inducible factor (HIF) in tumor angiogenesis. *Sovremennyye problem nauki i obrazovaniya*. 2015; 3:51. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17924> (Accessed 18 March 2015). In Russian]
5. Носенко Е. Н., Саенко А. И., Парницкая О. И., Головатюк Е. П. Особенности формирования пиноподий в эндометрии в зависимости от наличия в нем хронических воспалительных и гиперпролиферативных процессов у женщин хороших ответчиков с неудачными попытками вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в анамнезе // *Современные проблемы науки и образования*. — 2014. — № 6.
6. Петров Ю. А. Хронический эндометрит в репродуктивном возрасте: этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика. — 2012 г. — С. 288.
7. Сельков С. А. Факторы роста как прогностические критерии наступления беременности в циклах ЭКО. // *Акушерство и гинекология* — 2014 — № 10 — С. 41–42.
8. Спирина Ю. В., Евтушенко И. Д. Подготовка пациенток, страдающих хроническим эндометритом, к программам вспомогательных репродуктивных технологий // *Сибирский медицинский журнал* — 2008. — С. 84–85.
9. Ходжаева З. С., Мусиенко Е. В. Клинико-патологическое обоснование исследования секреции ангиогенных факторов в лютеиновую фазу менструального цикла у женщин с повторными потерями беременности в анамнезе. // *Акушерство и гинекология* — 2011 — № 8.
10. Чертовских М. Н., Кулинич С. И. Оптимизация предгравидарной подготовки больных с неудачными программами ВРТ при бесплодии // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*, 2013. — № 2(90), ч. 2. — С. 83–86.
11. Яковлева Н. В. Дифференцированный подход к использованию современных хирургических технологий у пациенток с трубно-перитонеальным бесплодием // *Казанский медицинский журнал*. — 2013. — Т. 94, № 6, — С. 821–825.
12. Cöl-Madendag I., Madendag Y., Altinkaya S. Ö., Bayramoglu H., Danisman N. The role of VEGF and its receptors in the etiology of early pregnancy loss // *Gynecol. Endocrinol.* — 2014. Vol. 30. № 2. P. 153–156.
13. Resta L., Palumbo M., Rossi R., Piscitelli D., Grazia Fiore M., Cicinelli E. Histology of micro polyps in chronic endometritis. *Histopathology*. 2012; 60(4):670–4. doi: 10.1111/j.1365-2559.2011.04099.x.

© Дарханова Светлана Дмитриевна (darkhsvet@yandex.ru), Алексеева Лилия Лазаревна (lalekseeva09@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Улан-Удэ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОЙ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ УДАЛЁННОГО МОЛЯРА (IN VITRO) И ВИТАЛЬНОГО ЗУБА (IN VIVO)

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESIDUAL LASER POWER DURING IRRADIATION OF A REMOTE MOLAR (IN VITRO) AND A VITAL TOOTH (IN VIVO)

E. Zhulev
A. Rostov
A. Rostov

Summary. This article presents a comparative analysis of the residual laser power of high-intensity diode laser systems of the near-infrared spectrum with wavelengths of 810 and 980 Nm, which passed through the entire crown of a remote molar and human vital canine in laboratory and clinical conditions.

Keywords: laser system, wavelength, residual power of laser energy.

Жулёв Евгений Николаевич

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России
hrustalev54@mail.ru*

Ростов Андрей Витальевич

*К.м.н., главный врач, ООО «Центр медико-правового консультирования «Рубикон»
a_rostov@mail.ru*

Ростов Артём Андреевич

*Генеральный директор, ООО «Центр медико-правового консультирования «Рубикон»
ar-rostov@yandex.ru*

Аннотация. В данной статье проведён сравнительный анализ остаточной мощности лазерного излучения высокоинтенсивных диодных лазерных системам ближнего инфракрасного спектра с длинами волн 810 и 980 Нм, прошедшую через всю коронку удалённого моляра и витального клыка человека в лабораторных и клинических условиях.

Ключевые слова: лазерная система, длина волны, остаточная мощность лазерной энергии.

Актуальность

Через несколько лет после создания лазера начались поиски возможного использования лазерного излучения в стоматологии. В 1964 г. Голдман и др. высказали предположение о возможности применения рубинового излучателя для иссечения кариозных тканей зуба, что вызвало большой интерес у исследователей. Параллельно с Голдманом, Stern и Sognnaes в 1964 году изучили влияние рубиновой лазерной системы на уменьшение деминерализации эмали, снижение проницаемости эмали к кислотам (Stern RH, Sognnaes RF 1964; Stern R, Renger HL, Howell FV 1969). Начались исследования влияния лазерного излучения на твердые ткани зуба (Lobene RR, Bhussry BR, Fine S. 1968; Borggreven JMPM, van Dijk JWE, Dresses SCI. 1980; Yamamoto H, Sato K. 1980; Goldman L, Hornby P, Meyer et al. 1964; Lobine RR, Fine SF. 1966; Taylor R, shklar G, Ribs F. 1965;19:786–95). В 1967 г. Гордон попытался удалить кариес и подготовить полость при помощи рубинового лазера с непрерывным импульсным излучением в клинике, но, несмотря на хорошие результаты, полученные in vitro, не сумел избежать повреждения пульпы зуба. Та же проблема возникла при попытке использовать для этих целей CO₂-лазер.

Кроме того, Stern (1974) обнаружил, что при работе с любыми лазерными системами, которые работают в постоянном (непрерывном) режиме на твёрдых тканях зуба или кости возникает тепловой эффект, который ограничивает возможности применения таких лазерных систем. Для лазерных систем, работающих в импульсном режиме это вторичный (побочный) механизм, т.к. первичный механизм является — акустический. Таким образом, Stern (1974) сделал вывод о том, что если не появятся новые лазерные системы с более эффективными длинами волн и параметрами, то будут строгие ограничения в применении ЛС в клинической стоматологии.

В научной литературе отсутствуют данные о плотности энергии (дозе) высокоинтенсивных лазерных систем с длинами волн 810 и 980 Нм, проникшей через удалённый моляр (in vitro) и витальный зуб (in vivo), поэтому данное исследование является актуальным на сегодняшний день.

Цель исследования

Изучить и провести сравнительный анализ остаточной мощности (плотности энергии — дозы) лазерных

систем с длинами волн 810 и 980 Нм, прошедшую через удалённый моляр (in vitro) и витальный зуб (in vivo).

Материалы и методы

В качестве материала исследования были использованы: удалённый моляр человека, пациент с витальным зубом 4.3, малая зонная насадка с диаметром выходного отверстия 1 см²; В исследовании использовали итальянские диодные лазерные системы «Doctor Smile» с длинами волн 810 и 980 Нм. Для измерения дозы лазерного излучения применяли аппарат израильского производства фирмы OPHIR (Laser Measurement Group) PULSAR4 с круглым фотодиодным сенсором (PD300R-UV filter off.) и программным обеспечением — StarLab — (pulsar sensor 3 photodiode PD300R-UV (s/n 782471) FU1.27 (s/n 746231).

Параметры лазерного излучения с длинами волн 810 и 980 Нм в лабораторных исследованиях всегда были одинаковыми: мощность 1 Вт; постоянный режим (CW); неактивное волокно толщиной 320 микрон; методика бесконтактная, стабильная; облучение лазером в течение 15 секунд.

Полученные результаты

При облучении лазерной энергией с длиной волны 980 Нм удалённого моляра человека доза (плотность энергии), прошедшая через всю коронку зуба в области экватора толщиной 1,1 см на расстоянии 1 мм лазерного излучателя, остаточная мощность составила — 902 мВт. С длиной волны 810 Нм при аналогичных условиях остаточная мощность составила — 485 мВт.

При облучении лазерной энергией с длиной волны 980 Нм витального зуба человека 4.3 доза, прошедшая через всю коронку зуба в области экватора толщиной 0,7 см на расстоянии 1 мм лазерного излучателя, остаточная мощность составила — 12 мВт. С длиной волны 810 Нм при аналогичных условиях остаточная мощность составила — 13,9 мВт.

Обсуждение полученных результатов

Остаточная мощность лазерного излучения с длиной волны 980 Нм, которая прошла через всю коронку уда-

лённого моляра составила 902 мВт, что составило 0,09% от исходной мощности. При смене лазерной системы на длину волны 810 Нм непоглощённая доза лазерного излучения составила 485 мВт, что составило 0,04% от исходной мощности. В лабораторных условиях лазерное излучение с длиной волны 980 Нм в 2 раза меньше поглощается твердыми тканями удалённого зуба, чем с длиной волны 810 Нм.

Остаточная мощность лазерного излучения с длиной волны 980 Нм, которая прошла через всю коронку витального зуба 4.3 составила 12 мВт, что составило 1,2% от исходной мощности. При смене лазерной системы на длину волны 810 Нм непоглощённая доза лазерного излучения составила 13,9 мВт, что составило 1,4% от исходной мощности. В клинических условиях твёрдые ткани зуба почти одинаково поглощают лазерную энергию как с длиной волны 980 Нм, так и с длиной волны 810 Нм.

Выводы

Проведенные лабораторные и клинические исследования позволяют сделать вывод, что лазерная энергия поглощается не полностью хромофорами коронки удалённого моляра и витального зуба человека, а проходит насквозь.

В лабораторных условиях были получены результаты того, что лазерное излучение с длиной волны 810 Нм поглощается в 2 раза больше, чем с длиной волны 980 Нм, то в клинических условиях результаты были практически одинаковыми, разница составила 0,2%. Разница в лабораторных и клинических данных связана с тем, что содержание тканей мишеней (хромофоров) в тканях удалённого и витального зубов разное. Как известно, основным хромофором для длины волны 810 Нм преимущественно является меланин, а для длины волны 980 Нм — гемоглобин, которого в витальном зубе больше, чем в удалённом.

Таким образом мы считаем, что результаты полученные в клинических условиях (in vivo) более достоверны, чем лабораторные (in vitro).

ЛИТЕРАТУРА

1. С.В. Москвин, А. Н. Амирханян, Методы комбинированной и сочетанной лазерной терапии в стоматологии, Москва, 2011. Стр. 151–152.

© Жулёв Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru),

Ростов Андрей Витальевич (a_rostov@mail.ru), Ростов Артём Андреевич (ar-rostov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БИОМАРКЕРЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОПУХОЛЕЙ ПОЧКИ

BIOMARKERS IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF KIDNEY TUMORS

**S. Ilivanov
Yu. Ilivanov
K. Khaerdinov
G. Usmanova
R. Khasanov**

Summary. This article focuses on the results of a study on the differential diagnosis of benign kidney cancer and kidney non cancer tumors, in particular, the role of biomarkers in the differential diagnosis. The value of the biomarkers tumor piruvatkinaze (Tu2Mpk) and Vascular endothelial growth factor (VEGF) in the differential diagnosis of kidney tumors is analyzed.

Keywords: kidney tumors, kidney cancer, biomarkers, differential diagnosis.

Иливанов Сергей Юрьевич

Аспирант, врач-онколог, Казанская государственная медицинская академия-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань; ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» МЗ РТ (ГАУЗ РКОД МЗ РТ)
ilivanovs@mail.ru

Иливанов Юрий Дмитриевич

Врач-уролог, БУ «РКБ» Минздрава Чувашии, г. Чебоксары

Хаертынов Камиль Саубанович

Заведующий Центральной Научно-Исследовательской Лабораторией, Казанская государственная медицинская академия-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань

Усманова Гузель Абубакировна

Зав. иммунологической лабораторией, ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» МЗ РТ (ГАУЗ РКОД МЗ РТ), г. Казань

Хасанов Рустем Шамильевич

Д.м.н., член-корреспондент РАН, профессор, Казанская государственная медицинская академия-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань

Аннотация. Данная статья посвящена результатам исследования проведения дифференциальной диагностики доброкачественной опухоли почки и рака почки, в частности, оценивается роль биомаркеров в постановке дифференциального диагноза. Анализируется значение биомаркеров опухолевой пируваткиназы (Tu2Mpk) и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) в дифференциальной диагностике опухолей почки.

Ключевые слова: опухоли почки, рак почки, биомаркеры, дифференциальная диагностика.

Актуальность

Рак почки составляет 2–3% в общей структуре онкозаболеваний, но в области уроонкологии он занимает лидирующую позицию. Чаще всего такие опухоли протекают бессимптомно, поэтому частота позднего обнаружения ренальных новообразований в 3 раза выше, чем все остальные урологические опухоли [13].

Самым распространенным типом опухоли почек является рак почечной паренхимы. Опухоли почечных лоханок и мочеточников диагностируются намного реже, чем почечно-клеточный рак. По некоторым данным, злокачественные образования почечных лоханок и мочеточников составляют около 16% среди всех опухолей почек и верхних мочевыводящих путей [12].

Заболеваемость почечно-клеточным раком в мире составляет около 210 000 новых случаев в год, что составляет около 2% онкологической заболеваемости, и, что примечательно, две трети таких случаев приходится на развитые страны [13].

Некоторые исследования отмечают мужской пол в качестве фактора риска, так как заболеваемость среди мужчин примерно в 2 раза больше, чем среди женщин. Также указывается, что преобладающий возраст больных составляет от 40 до 60 лет. Стоит отметить, что среди новообразований почки доброкачественные обнаруживаются редко [2].

Несмотря на то, что в современных условиях с развитием и распространением различных методов визу-

лизации, диагностика и выявляемость опухолей почки значительно возросла, практически у трети больных почечно-клеточным раком выявляются отдаленные метастазы. Стоит ли говорить, что заболеваемость запущенными формами и смертность от почечно-клеточного рака в России остаются высокими и в настоящее время [1].

Среди различных факторов, провоцирующих возникновение рака почки, отмечаются гормональные, химические факторы, а также различные виды облучения.

Когда все этапы канцерогенеза почечно-клеточного рака (ПКР) уже изучены, систематизированы механизмы и пути его развития и найдено большинство точек медикаментозного воздействия на злокачественные клетки, естественным является развитие направления оценки динамики различных маркеров и медиаторов опухолевого роста [6]. Поэтому, в настоящее время в мире появляется большая когорта исследований, целью которых является поиск новых и изучение возможности использования этих маркеров для дифференциальной диагностики [10, 12, 15, 16, 17]. Маркеры ПКР можно условно разделить на группы, в зависимости от того, какой именно материал берут для анализа:

- ◆ маркеры тканей (гены, VEGF, HIF-1 α , VHL, miR, Survivin, mTOR, CAIX, PTEN, тирозинкиназы Akt и S6, гены EMCN, NOS3, CCL5 и CXCL9, кавеолин-1 др.);
- ◆ гематологические маркеры (VEGF, CAIX, miR);
- ◆ уромаркеры (NMP-22) [7].

Как видно из списка, некоторые маркеры можно определять в различных средах организма [12].

Тканевые и гематологические маркеры обладают большей диагностической ценностью при ПКР.

Опухолевая M2-пируваткиназа (TuM2PK) является димером пируваткиназы, ответственной за разложение пирувата в клетке. Из-за несоответствия ангиогенеза и роста клеток в опухоли, раковые клетки отличаются смещением метаболизма в сторону анаэробных процессов, что вызывает повышение концентрации фосфометаболитов гликолиза в клетках, что и вызывает изменение конформации пируваткиназы — синтезируется димер пируваткиназы, который относится к циркулирующим почечным онкомаркерам [9].

VEGF — эндотелиальный сосудистый фактор роста, стимулирует развитие сосудистой сети опухоли, которая и обеспечивает ей потребности в питательных веществах и кислороде. Такая сосудистая сеть имеет свои особенности строения и функционирования. На моделях чистых линий мышей, применение бевацизумаба (антагониста эндотелиального фактора роста) подавляет

ангиогенез в зоне новообразования, результатом чего является регресс сосудов карциномы и подавление роста новых сосудов [5]. Это приводит к гибернации или даже инволюции опухоли и снижает риск образования отдаленных метастазов. Но эффект от такой терапии прекращается вместе с окончанием курса препарата, возобновляя рост новообразования вместе с активацией ангиогенеза [10].

Материалы и методы исследования

В рамках исследования биомаркеров и методов лучевой диагностики рака почки было обследовано 133 пациента, поступивших в ГАУЗ РКОД МЗ РТ на оперативное лечение с подозрением на рак почки. Пациенты были разделены на подгруппы: 1) группа сравнения — пациенты с подозрением на рак почки у которых в результате патогитологического исследования были выявлены доброкачественные новообразования — 15 человек (11,3%); 2) группа исследования — пациенты с подозрением на рак почки, подтвержденным гистологически 118 человек (88,7%).

Всем пациентам были проведены: ультразвуковое исследование почек, компьютерная томография органов брюшной полости и забрюшинного пространства с внутривенным контрастированием (препарат «Омнипак» внутривенно капельно), исследование плазмы и сыворотки крови из кубитальной вены натошак. Забор крови для получения плазмы и сыворотки выполняли в утренние часы и направляли в лабораторию, где и проводили исследование.

При этом использовались пробирки системы Vacuutainer, биоматериал центрифугировался с цитратом натрия и фиколом при 3000G в течение 20 минут.

Определение содержания всех исследованных молекулярных маркеров осуществляли методом твердофазного иммуноферментного анализа на анализаторе Стат Факс, 2010 (США) с использованием стандартных наборов реактивов фирмы «Вектор-Бест» (Новосибирск).

Ультразвуковая картина новообразований почки была систематизирована до 4 показателей в зависимости от ультразвуковой картины: изоэхогенное, гиперэхогенное, гипозэхогенное, неоднородное образования.

Картина компьютерной томографии оценивалась по 4 параметрам: степень васкуляризации, плотность новообразования, характер накопления контраста и максимальный размер опухоли.

Сравнения количественных показателей проводились с использованием критерия Манна-Уитни, Краске-

Таблица 1. Сравнение значений переменной «Группа» (средние ± среднеквадратичные отклонения)

Показатель	Группа		Уровень p
	Доброкачественная опухоль (N=15)	Рак почки (N=118)	
Общие характеристики			
Возраст	64,7 ± 10,3	58,1 ± 10,1	>0,05
Компьютерная томография			
Размер, мм	44,3 ± 14,8	54,1 ± 26,2	>0,05
Другие			
Tu2mpk, Ед/л	27,8 ± 16,4	46,3 ± 27,2	<0,05
Vegf, пг/мл	266,3 ± 263,9	330,0 ± 429,1	>0,05

ла-Уоллеса. Для их описания использовалось среднее арифметическое со стандартным отклонением («M ± σ»). Статистическая значимость определяемых показателей вычислялась с помощью χ-квадрата. Корреляционный анализ проводился с помощью корреляции по Спирмену.

Для моделирования некоторых качественных переменных использовались деревья классификации, критерием качества для которых был проведенный ROC-анализ.

Уровень значимости показателей принимался при значении ошибки менее 0.05. Статистическая обработка данных на персональном компьютере выполнена в программах Statistica 10.0, SAS JMP 11.

Обсуждение результатов

Итак, из 133 пациентов, в подгруппу «доброкачественная опухоль почки» попало 15 человек (11,3% от всей выборки), а в группу «рак почки» попало 118 человек (88,7% от всей выборки).

Исследуемые группы были эквивалентны по возрасту (p>0,05), хотя средний возраст пациентов с доброкачественными опухолями имел тенденцию к более низким показателям. Статистически значимых различий в результатах компьютерной томографии не обнаружено ни по одному из размеров. Не обнаружено различий и по другим количественным показателям, за исключением Tu2mpk. Tu2mpk существенно выше в группе «Рак почки» (в среднем, почти в два раза) (таблица 1).

Диапазон значений данного показателя также значительно больше в группе «Рак почки», чем в группе «Доброкачественная опухоль», что, впрочем, может объясняться различными размерами выборок.

Единственный показатель, по которому группы «доброкачественная опухоль» и «рак почки» различаются, — это показатель «гиперваскулярное» (результат показания васкуляризации КТ). В группе «рак почки»

гораздо чаще диагностируется значение развития сосудистой сети «гиперваскулярное», чем в группе «доброкачественная опухоль» (69,5% vs 26,7% соответственно). Интересно, что даже показатель Tu2mpk, характеризующий определенный уровень, перестал давать статистически значимые различия (p>0,05): такой уровень Tu2mpk (15 и более Ед/л) характерен для подавляющего большинства пациентов обеих групп (93% и 80%).

Рак почки диагностировался у мужчин в большей степени, чем у женщин: среди пациентов группы с доброкачественной опухолью мужчины составляют всего 20%, а среди пациентов с раком почки — более 60%.

При рассмотрении качественных результатов определения степени васкуляризации, у большинства пациентов с раком почки выявляется гиперваскулярное образование (74,5%), тогда как у пациентов с доброкачественной опухолью такая картина встречается всего в 26,7% случаев (рисунок 1.). У пациентов с доброкачественной опухолью гораздо чаще встречаются гиповаскулярное (40%) или умеренной васкуляризации образование (33,3%).

Не обнаружено значимых различий по количественным показателям, за исключением одного — Tu2mpk. Tu2mpk существенно выше в группе «рак почки» (в среднем, почти в два раза). На основании сравнения групп по бинарным переменным напрашивается вывод о том, что единственным показателем, по которому группа с карциномой почки и группа пациентов с доброкачественными опухолями почек имеют достоверные различия, является степень васкуляризации образования по данным КТ. В группе «рак почки» гораздо чаще выявляется значение васкуляризации «гиперваскулярное», чем в группе «доброкачественная опухоль» (69,5% vs 26,7% соответственно, p<0,05).

С учетом полученных данных был проведен анализ данных, разделяющий пациентов по параметру «васкуляризация» (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение значений параметра «Васкуляризация» (средние ± среднеквадратичные отклонения) по количественным переменным

Показатель	Васкуляризация			Уровень p (df=2)
	гиповаскулярное (N=13)	гиперваскулярное (N=86)	умеренной васкуляризации (N=26)	
Размер, мм	51,1 ± 21,6	53,7 ± 26,8	52,3 ± 25,7	>0,05
Tu2mpk, Ед/л	44,6 ± 27,9	47,8 ± 27,0	35,5 ± 25,0	<0,05
VEGF, пг/мл	268,5 ± 336,2	360,8 ± 429,5	219,9 ± 349,3	<0,005

Васкуляризация

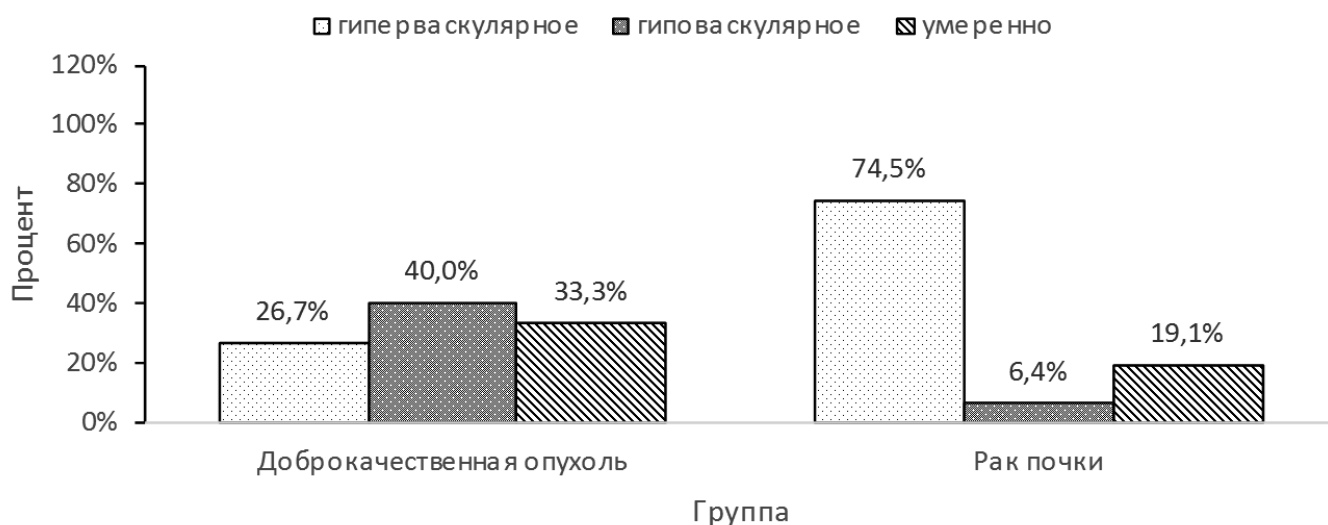


Рис. 1. Картина степени васкуляризации

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что группы с различными новообразованиями не различаются по размерам, определенным с помощью КТ, но статистически значимо различаются по показателям Tu2mpk и VEGF. Самые большие значения Tu2mpk и VEGF наблюдаются в группе «гиперваскулярное», а наименьшие — в группе «умеренной васкуляризации». При этом стоит отметить незначительную разницу в группах новообразований «гиповаскулярное» и «гиперваскулярное» (таблица 2).

Для оценки диагностической точности показателей в определении ренального рака был выполнен анализ по формированию важнейших факторов риска его выявления. Для этого были рассчитаны показатели относительного риска. Отношение шансов является частотой развития определенного события при воздействии или наличии фактора риска, к частоте развития этого события в группе без такого воздействия. При отношении шансов, равном единице, воздействие фактора никак не влияет на развитие искомого события. Если значение

этого показателя меньше единицы, это значит, что событие развивается реже при соприкосновении с фактором риска. Если же отношение шансов составляет значение, большее единицы, то фактор риска позитивно влияет на развитие события.

В соответствии с полученными данными можно заключить, что наиболее важными показателями для дифференциальной диагностики опухолей почки являются определение степени васкуляризации новообразования (при выявлении гиперваскулярного новообразования относительный риск = 1,24), уровень опухолевой пируваткиназы ≥ 15 Ед/л (относительный риск $t = 1,24$), характер контрастирования новообразования (при неоднородном контрастировании относительный риск = 1,13) (таблица 3).

Выводы

1. Опухолевая пируваткиназа является наиболее информативной по сравнению с фактором роста

Таблица 3. Важнейшие факторы риска выявления рака почки.

Фактор	Фактор: Нет	Фактор: Есть	Всего	Относительный риск	Уровень p (df=1)
Уровень васкуляризации	36 (76,6%)	82 (95,3%)	47/86	1,24 (1,06–1,47)	<0,05
Tu2mpk >= 15Ед/л	8 (72,7%)	110 (90,2%)	11/122	1,24 (0,86–1,79)	>0,05
Характер контрастирования	30 (81,1%)	88 (91,7%)	37/96	1,13 (0,96–1,34)	>0,05
Плотность новообразования	41 (93,2%)	77 (86,5%)	44/89	0,93 (0,83–1,04)	>0,05
Vegf >= 95пг/мл	29 (85,3%)	89 (89,9%)	34/99	1,05 (0,9–1,23)	>0,05

эндотелия сосудов в дифференциальной диагностике рака почки и доброкачественных новообразований.

2. Определение васкуляризации новообразования имеет такое же диагностическое значение в дифференциальной диагностике рака почки и до-

брокачественных новообразований, как и определение уровня опухолевой пируваткиназы.

3. Наиболее рациональным сочетанием факторов выявления рака почки являются определение васкуляризации заболевания с определением опухолевой пируваткиназы в плазме крови

ЛИТЕРАТУРА

1. Взаимосвязь количества Т-регуляторных клеток с уровнями содержания цитотоксических Т-лимфоцитов и НКТ-клеток у больных раком почки / А. А. Савченко [и др.] // Вопросы онкологии. — 2017. — № 1. — С. 104–109.
2. Взгляд на проблему хирургического лечения почечно-клеточного рака в аспекте биомолекулярной диагностики и оценки почечной функции / В. М. Попков [и др.] // Урология. — 2017. — № 6. — С. 153–159.
3. Волченко Н.Н., Мельникова В. Ю. Цитологическая диагностика опухолей почки с использованием морфометрического и иммуноцитохимического исследования. М.: ФГУ «МНИОИ им. П. А. Герцена Росмедтехнологий». — 2008. — 17 с.
4. Гиперметилированные гены микроРНК как потенциальные маркеры светлоклеточного рака почки / Е. В. Береснева [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. — 2017. — № 1. — С. 13–18.
5. Диагностика и лечение болезней почек: руководство / Н. А. Мухин [и др.]. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 384 с.
6. Рич Джером П. Онкоурология: пер. с англ. / Джером П. Рич, Энтони В. Д'Амико; под ред. чл.- корр. РАМН, проф. О. Б. Лорана. — М.: Бином, 2011. — 896 с.
7. Сергеева Н. С., Маршутина Н. В. Новые серологические опухолеассоциированные маркеры (S100, Vpn TRAP 5b, UBC, TuM2-ПК) в мониторинге онкологических больных. Вестник Московского онкологического общества 2007. — № 1. — С. 3–4.
8. Акопян И. Г. Клинико-лабораторная характеристика рака почки. Автореферат дисс. канд. мед. наук. — М., 2002. URL: <http://medical-diss.com/medicina/kliniko-laboratornaya-harakteristika-raka-pochki>
9. Баныра О. Б., Строй А. А., Шуляк А. В. Маркеры опухолевого роста в диагностике рака почки. Урология. 2011. — № 11. URL: <https://euro.ru/article/markery-opukholevogo-rosta-v-diagnostike-raka-pochki>
10. Биологические маркеры опухолей: фундаментальные и клинические исследования. URL: <https://www.fedlab.ru/upload/medialibrary/000/prezentatsii-prezentatsii-voronezh/Kushlinский.pdf>
11. Гасанов М. З., Батюшин М. М., Терентьев В. П., Цветков Д. С., Пасечник Д. Г. Молекулярные аспекты патогенеза рака почки // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 12–2. — С. 244–249. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30846>
12. Журкина О. В. Ранняя диагностика и профилактика рака почки на основе клинико-эпидемиологического исследования. Автореферат дисс. докт. мед. наук. — М., 2010. URL: <http://www.dissertat.com/content/rannaya-diagnostika-i-profilaktika-raka-pochki-na-osnove-kliniko-epidemiologicheskogo-issle#ixzz5YhV3NPri>
13. Клинические рекомендации по диагностике и лечению рака почки. М., 2014. URL: <http://oncology-association.ru/docs/recomend/jun2015/38vz-rek.pdf>
14. Ховари Л. Ф., Шаназаров Н. А. Диагностика рака почки: современные тенденции // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 7. — С. 256–261. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=26770>
15. Fasset R. G., Venuthurupalli S. K., Gobe G. C., Coombes J. S., Cooper M. A., Hoy W. E. Biomarkers in chronic kidney disease: a review. Kidney Int. 2011 Oct;80(8):806–21.
16. Lee T. H., Avraham H. K., Jiang S. et al. Vascular endothelial growth factor modulates the transendothelial migration of MDA-MB-231 breast cancer cells through regulation of brain microvascular endothelial cell permeability. J. Biol. Chem. 2003; 278 (7): 5277–5284.
17. Li M, Rathmell WK. The current status of biomarkers for renal cell carcinoma, 2011; p. 153–157. URL: <http://www.asco.org/FSCOv2/Home/Educftion>

© Иливанов Сергей Юрьевич (ilivanovs@mail.ru), Иливанов Юрий Дмитриевич,
Хаертынов Камиль Саубанович, Усманова Гузель Абубакировна, Хасанов Рустем Шамильевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ПРОХОДИМОСТИ БЕДРЕННО-ПОДКОЛЕННЫХ И БЕДРЕННО-ТИБИАЛЬНЫХ ШУНТОВ

ANALYSIS OF THE FEMOROPLOPLITEAL AND FEMOROTIBIAL BYPASSES' PATENCY

B. Kasianov

Summary. This paper analyzes the results of femoral-popliteal and femoral-tibial shunting in the immediate and late postoperative period. Fifty-eight patients with chronic lower limb ischemia were selected, who were treated at the Department of Vascular Surgery, Orel Regional Clinical Hospital in the period from 2015 to 2018. The results of patient management were evaluated for 3 years. The use of an autovein or combined shunts is most reasonable, and among the most significant risk factors, poor patency or occlusion of superficial femoral artery according to preoperative angiography, diabetes mellitus, hypertension, high preoperative ischemia and type of trophic disorders were identified. Patients with a combination of such risk factors should in terms of 3, 6 months and 1 year after the operation first be checked with ultrasound monitoring and take prolonged therapy with atorvastatin and clopidogrel.

Keywords: femoral-popliteal shunting, primary patency, risk factors.

Касьянов Борис Васильевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И. С. Тургенева»
(г. Орел)

borys.kasianov@gmail.com

Аннотация. В данной работе проанализированы результаты бедренно-подколенных и бедренно-тibiальных шунтирований в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде. Были отобраны 58 пациентов с хронической ишемией нижних конечностей, проходивших лечение в отделении сосудистой хирургии БУЗ «Орловская областная клиническая больница» в период с 2015 по 2018 гг. Оценивались результаты ведения пациентов в течении 3 лет. Применение аутовены или комбинированных шунтов наиболее оправдано, а среди наиболее значимых факторов риска удалось выделить плохую проходимость или окклюзию поверхностной бедренной артерии по данным ангиографии в дооперационном периоде, сахарный диабет, артериальную гипертензию, высокую дооперационную степень ишемии и вид трофических расстройств. Пациентам с комбинацией таких факторов риска следует в первую очередь в сроки 3, 6 мес. и 1 год после операции проводить ультразвуковой контроль проходимости таких шунтов и назначать пролонгированную терапию препаратами аторвастатина и клопидогрела.

Ключевые слова: бедренно-подколенное шунтирование, первичная проходимость, факторы риска.

Введение

Атеросклеротические поражения сосудов нижних конечностей среди взрослого населения встречаются от 3 до 20% в зависимости от возраста [1]. При этом заболевание ведет сопровождается высоким процентом инвалидизации [2]. В сосудистой хирургии понятие о воспринимающем русле при инфраингвинальных реконструкциях претерпело значительные изменения, что позволило выполнять такие реконструкции большему количеству пациентов и снизить процент ампутаций, особенно у пациентов с критической ишемией нижних конечностей [3].

Несмотря на это проблема улучшения проходимости бедренно-подколенных (БПШ) и бедренно-тibiальных шунтов (БТШ) в отдаленном послеоперационном периоде остается актуальной. По данным разных авторов первичная проходимость БПШ или БТШ у реверсированной аутовены составляет 72–77%, а у вены *in situ* — 68–70% [4]. При этом первичная проходимость PTFE протезов оказывается на порядок ниже, около 60% [2]. Основной причиной же необходимости повторных реконструктивных операций является развитие тромбоза БПШ или БТШ [4]. Частота ампутации в таких случаях достигает по дан-

ным некоторых авторов 50% в течении первого года после операции [5].

Цель исследования

Анализ результатов хирургического лечения и факторов риска у больных с атеросклеротическим поражением бедренно-подколенного сегмента в сроки до 3 лет.

Материалы и методы исследования

Был выполнен ретроспективный анализ историй болезни 58 пациентов с атеросклеротическим поражением бедренно-подколенного и/или бедренно-тibiального сегмента, которые проходили лечение в отделении сосудистой хирургии БУЗ Орловская областная клиническая больница в период с 2015 по 2018 гг. Пациенты обследовались и им проводилась консервативная терапия по общепринятому алгоритму при облитерирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей с вовлечением бедренно-подколенного-тibiального сегмента. Показанием к операции у всех пациентов служила хроническая ишемия нижних конечностей (IIБ ст.— IV ст. по классификации Фонтейн-Покровского). Кроме этого, проводилась оценка состояния сосудистого русла

Таблица 1. Первичная проходимость шунтов в трех группах в срок 3 лет

Группа Group	Всего Total	Тромбоз Thrombosis	Проходимость n,% Patency, n,%
Аутовенозный шунт Autovenous bypass	37	14	23(62,2%)
PTFE протез PTFE bypass	14	7	7(50,0%)
Комбинированный шунт Combined shunt	7	3	3(57,1%)
Всего Total	58	24	34(58,6%)

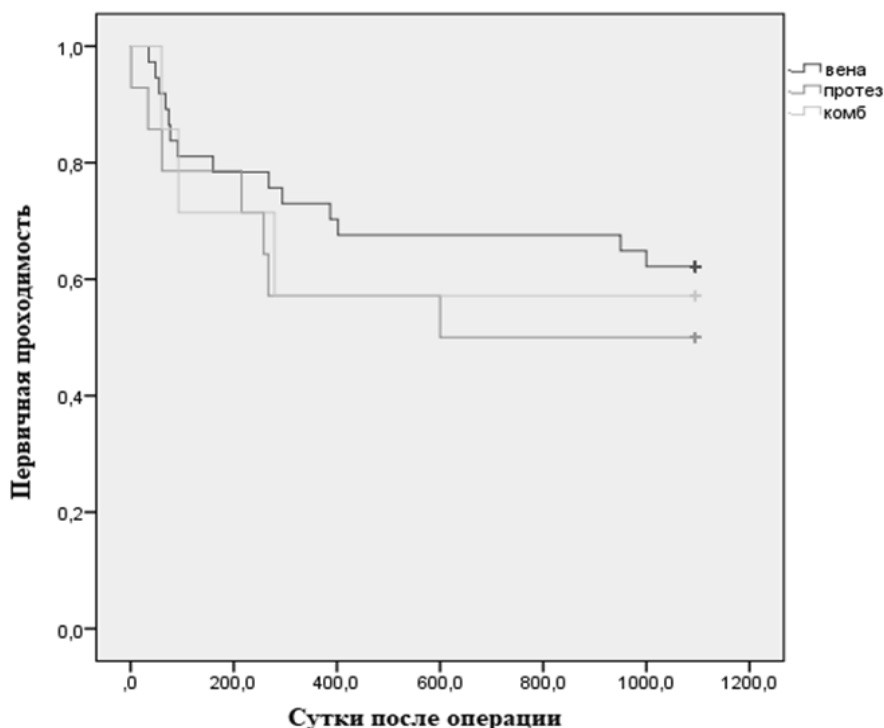


Рис. 1. Первичная проходимость в зависимости от вида шунта в сроки до 3 лет

по данным ангиографии согласно классификации TASC [6]. У 28 (75,7%) пациентов наблюдался тип поражения С и у остальных 7(24,3%) D.

Для анализа первичной проходимости и сохранности конечностей больные были разделены на 3 группы. Первую группу составили 37 пациентов с выполненным БПШ или БТШ аутовеной. Во вторую группу вошли 14 пациентов, которым выполнены операции шунтирования PTFE протезом диаметром 7 или 8 мм. У остальных 7-ми пациентов из третьей группы применялся комбинированный протез (аутовена+PTFE протез). Все группы были сопоставимы по основным статистическим показателям. Преобладающее большинство больных были люди в возрасте от 50 до 80 лет. Средний возраст больных соста-

вил $63 \pm 8,9$ лет. Пациенты находились под наблюдением в течении 3 лет после операции. В случаях уменьшения дистанции безболевого ходьбы и/или появления болей в покое в оперированной нижней конечности больным проводилась УЗДС диагностика и определялся необходимый объём лечения, в виде курса консервативной терапии или оперативного вмешательства. Анализ данных проводился методом Каплана-Майера и методом корреляционной статистики с помощью IBM SPSS Statistics 22.

Результаты

Данные первичной проходимости БПШ и БТШ по группам в зависимости от вида применяемого шунта представлены в табл. 1.

Таблица 2. Сохранность конечности в сроки до 3 лет

Группа Group	Всего Total	Ампутация Amputation	Сохранность n,% Preservation n,%
Аутовенозный шунт Autovenous bypass	37	5	33(86,5%)
PTFE протез PTFE bypass	14	4	10(71,4%)
Комбинированный шунт Combined shunt	7	1	6(85,7%)
Всего Total	58	10	48(82,6%)

Таблица 3. Корреляция факторов риска и первичной проходимости

Факторы риска Risk factors		Коэффициент Coefficient
Со Спирмана Co Spearman	Степень ишемии Degree of ischemia	-,334*
	Поверхностная бедренная артерия Superficial Femoral Artery	-,426**
	Время рекальцификации Recalcification time	,364**
	Артериальная гипертензия Arterial hypertension	-,256*
	Сахарный диабет Diabetes mellitis	-,294*

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Наилучшие результаты первичной проходимости показали аутовенозные шунты, несколько худшие комбинированные и наихудшие PTFE протезы. Построенный график Каплана-Майера наглядно отображает динамику проходимости БПШ и БТШ по группам в течении 3 лет после операции.

Согласно построенному графику Каплана-Майера, тромбоз шунтов происходил наиболее часто на 3, 6 мес. и через 1 год после операции.

Сводные данные по сохранности оперированных нижних конечностей представлены в табл. 2. Основной причиной ампутации прооперированной конечности являлся тромбоз шунта и невозможность повторной реконструкции.

В течении 3-х летнего наблюдения общий процент сохранности нижних конечностей составил 82,6%. При этом частота сохранности конечности оказалась сопоставимой с результатами в группах аутовенозных и комбинированных шунтов 86,5% и 85,7% и несколько худшими результатами в группе пациентов с PTFE протезами — 71,4%.

Кроме этого был проведен корреляционный статистический анализ по выявлению взаимосвязи первичной проходимости шунтов и дооперационных факторов риска, таких как степень ишемии, данные ангиографии пораженной конечности, данные свертываемости крови на основании коагулограммы (ПТИ, время рекальцификации, АЧТВ, МНО) и сопутствующей патологии. Выявленные корреляционные взаимосвязи представлены в табл. 3

Выявлено, что плохая проходимость или окклюзия ПБА по данным ангиографии в дооперационном периоде наиболее влияет на первичную проходимость БПШ и БТШ. Высока дооперационная степень ишемии, сахарный диабет и артериальная гипертензия также отрицательно влияют на первичную проходимость таких шунтов. В то же время выявлена положительная корреляция между временем рекальцификации по данным коагулограммы и первичной проходимостью.

Для дальнейшего анализа были построены графики Каплана-Майера, демонстрирующие влияние дооперационной критической ишемии нижних конечностей (наличие/отсутствие трофических язв или некрозов) и принимаемых пациентами лекарств в послеоперационном

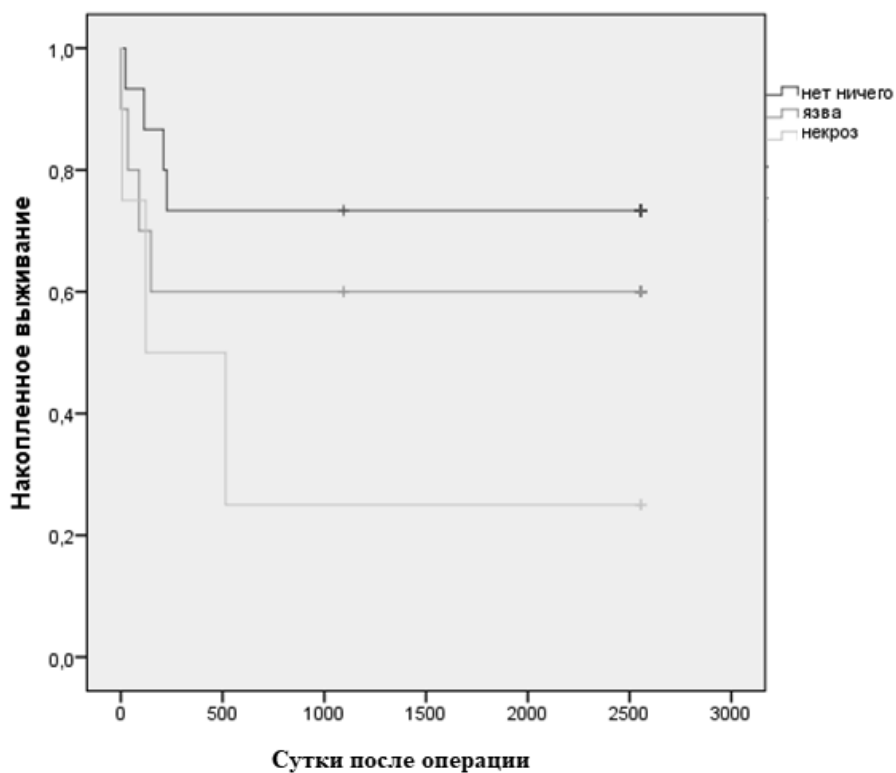


Рис. 2. Влияние трофических расстройств на первичную проходимость шунтов

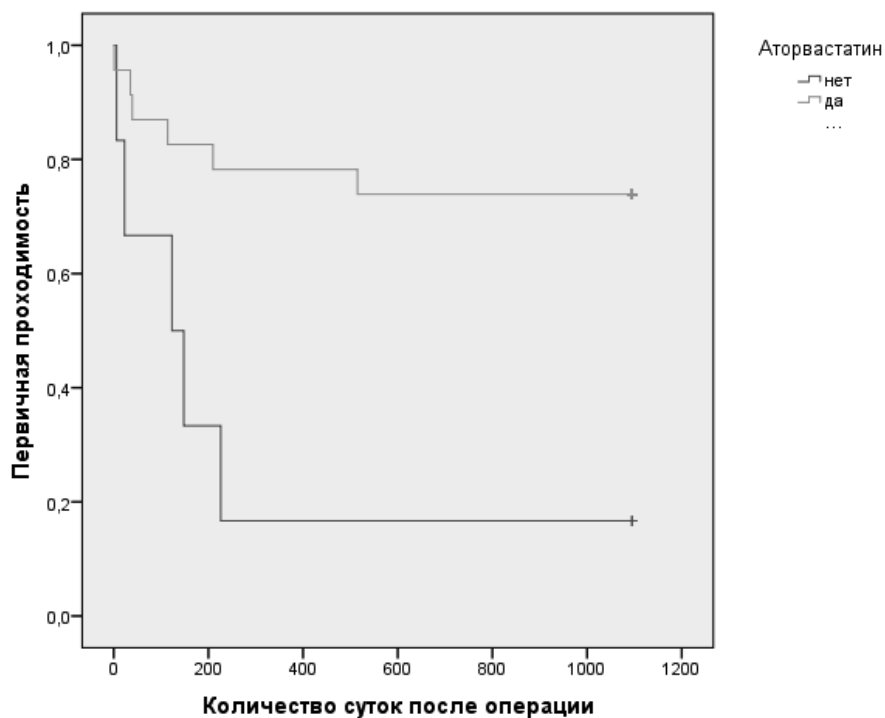


Рис. 3. Влияние приема аторвастатина на первичную проходимость

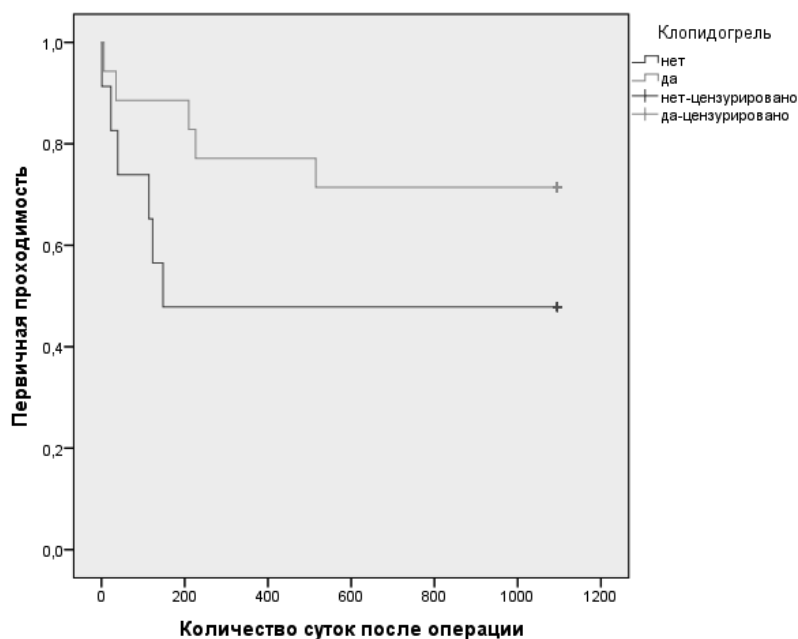


График 4. Влияние приема клопидогрела на первичную проходимость

периоде (аторвастатин, клопидогрель) на первичную проходимость шунтов. Результаты представлены в графиках 2–4.

Построенные графики Каплана-Майера демонстрируют достоверное различие в первичной проходимости БПШ и БТШ у пациентов без трофических расстройств и с наличием трофических язв или некрозов.

А постоянный прием пациентами препаратов аторвастатина и/или клопидогрела оказывает значительный положительный эффект на первичную проходимость БПШ и БТШ. Все выявленные зависимости достоверны ($p < 0,05$).

Обсуждение и заключение

Применение аутовены или комбинированных шунтов наиболее оправдано. При этом среди факторов риска влияющих на первичную проходимость БПШ и БТШ стоит выделить плохую проходимость или окклюзию ПБА по данным ангиографии в дооперационном периоде, сахарный диабет, артериальную гипертензию, дооперационную степень ишемии и вид трофических расстройств. Пациентам с комбинацией таких факторов риска следует в первую очередь в сроки 3, 6 мес. и 1 год после операции проводить ультразвуковой контроль проходимости таких шунтов и назначать пролонгированную терапию препаратами аторвастатина и клопидогрела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко Д. Н. и др. Результаты бедренно-подколенных артериальных реконструкций в зависимости от гемодинамических условий //Вестник хирургии имени ИИ Грекова. 2009. Т. 168. № 4. С. 41–44.
2. Матюшкин А. В., Лобачев А. А. Отдаленные результаты различных методов хирургической реваскуляризации у больных с окклюзией бедренно-подколенного сегмента //Вестник Национального медико-хирургического Центра им. НИ Пирогова. 2018. Т. 13. № 2. С. 18–25.
3. Rutherford, R.B. / Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version/ Rutherford RB, Baker JD, Ernst C, — Journal of Vascular Surgery, 1997, Sep; 26(3): 517–38.
4. Миролюбов Б.М., Гавриленко А. В. и др. Сравнительные результаты бедренно-подколенного и глубоко бедренно-подколенного шунтирования. Тактические ошибки в хирургическом лечении больных с критической ишемией нижних конечностей при поражении артерий бедра и голени //Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2011. № 5. С. 10–14.
5. Алуханян О. А. и др. Отдаленные результаты реконструктивных вмешательств на бедренно-подколенно-берцовом артериальном сегменте при различной емкости дистального русла //Кубанский научный медицинский вестник. 2015. № 6 (155). С. 20–21.

ВЛИЯНИЕ ФЕНОФИБРАТА И РОЗУВАСТАТИНА НА ПАРАМЕТРЫ ЛИПИДНОГО ПРОФИЛЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ У ПАЦИЕНТКИ С ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА

**INFLUENCE OF THE FENOFIBRAT
AND ROZUVASTATIN ON PARAMETERS
OF A LIPIDIC PROFILE AND INDICATORS
OF ENDOTHELIAL REACTIVITY
AT THE PATIENT WITH AN IDIOPATHIC
HYPERTENSIA AND A DIABETES
MELLITUS 2 TYPES**

**N. Koriagina
V. Zhelobov
A. Avdeev**

Summary. This article presents a clinical case. A 59-year-old patient with hypertensive disease and type 2 diabetes mellitus received combined lipid-lowering therapy with rosuvastatin and fenofibrate. While receiving fenofibrate and rosuvastatin, there was a positive effect on the lipid spectrum, endothelial function, as well as a decrease in the manifestations of anxiety-depressive syndrome.

Keywords: diabetes mellitus, fenofibrate, arterial hypertension.

Корягина Наталья Александровна

*Д.м.н., профессор, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера,
главный терапевт Минздрава Пермского края
nina11-85@mail.ru*

Желобов Владимир Геннадьевич

*Д.м.н., Пермский государственный медицинский
университет им. академика Е. А. Вагнера
zhelobov.vg@psma.ru*

Авдеев Алексей Викторович

*К.м.н., доцент, Пермский государственный
медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера
svenav@mail.ru*

Аннотация. В данной статье представлен клинический случай. Пациентка, 59 лет, с гипертонической болезнью и сахарным диабетом второго типа получала сочетанную гиполипидемическую терапию розувастатином и фенофибратом. На фоне приема фенофибрата и розувастатина отмечалось положительное влияние на липидный спектр, эндотелиальную функцию, а также снижение проявлений тревожно-депрессивного синдрома.

Ключевые слова: сахарный диабет, фенофибрат, артериальная гипертензия.

Актуальность

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смерти у женщин старше 65 лет, но в амбулаторной практике данный вопрос часто недооценивается. Недостаточная диагностика сердечно-сосудистой патологии, а также атипичная клиническая картина у женщин приводят к недостаточно эффективной терапии [1]. В клинической практике были показаны преимущества совместного применения ингибиторов 3-гидрокси-3-метилглутарил кофермент А редуктазы (статинов) и активаторов рецепторов пролиферации пероксисом α (PPAR- α) (фибраты), обусловленные синергией плеiotропных эффектов. Наряду с выраженным гиполипидемическим эффектом обоих агентов, оба агента обладают противовоспалительными, антиоксидантными и антитромботическими свойствами, что влияет на регуляцию роста и миграции клеток гладкой мускулатуры и в итоге улучшает эндотелиальную функцию [2–5]. Эти эффекты могут объяснить, почему

статины эффективны в снижении сердечно-сосудистых событий в группах высокого риска без повышенного уровня ЛПНП, включая пациентов с сахарным диабетом второго типа [6] и, по-видимому, именно у респондентов с повышенным уровнем С-реактивного белка (СРБ) [7], тогда как фибраты эффективны у пациентов с высоким уровнем триглицеридов, сочетании с метаболическим синдромом [8]. Уровень ЛПНП является также прогностическим показателем риска развития инсульта при сахарном диабете (СД) второго типа, поэтому для пациентов с сочетанием нескольких факторов риска (артериальная гипертензия (АГ), СД и дислипидемия) особенно актуально проведение профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Клинический случай

Пациентка Д., 59 лет, учитель, обратилась с жалобами на повышенную утомляемость при умственной работе, снижение работоспособности, головные боли,

головокружение, шум в ушах, дискомфорт в области сердца на фоне повышения артериального давления до 170/100 мм рт. ст. Кроме того, отмечает раздражительность, ухудшение памяти, плохое настроение, нарушение сна в предутренние часы. В анамнезе заболевания данные жалобы беспокоят в течение 5 лет. В 2012 году установлен диагноз гипертонической болезни. В феврале 2015 года у был диагностирован СД 2 типа, о чем говорят записи в единой информационной системе здравоохранения, рекомендована медикаментозная терапия гликлазидом. Лечение АГ осуществлялось нерегулярно, эпизодически принимала каптоприл. Последний год жалобы имели устойчивый характер, значительно усилились в течение последних 2–3 месяцев. В связи с ухудшением самочувствия по настойчивой рекомендации врача начала постоянно принимать эналаприл 10 мг дважды в день. Несмотря на проводимую терапию, артериальное давление (АД) сохранялось на уровне 150–160 мм рт.ст. и дополнительно был назначен индапамид 2,5 мг однократно утром. В анамнезе жизни известно, что пациентка курит в течение 10 лет (5–10 сигарет в день), иногда употребляет алкоголь, часто подвержена стрессовым влияниям. Семейный анамнез отягощен — мать страдала АГ, умерла от острого нарушения мозгового кровообращения в 45 лет. При объективном осмотре зафиксировано АД 178/96 мм рт. ст., ЧСС 76 уд./мин. Рост 160 см, вес 100 кг, индекс массы тела — 39 кг/кв. м. Перкуторно: левая граница сердца смещена влево на 1 см кнаружи от левой срединно-ключичной линии. Аускультативно: тоны звучные, ритмичные, акцент II тона над аортой. В легких везикулярное дыхание, хрипов нет. Живот мягкий, безболезненный, печень у края реберной дуги; симптомы Ортнера, Кера отрицательные. Симптом Пастернацкого отрицательный с обеих сторон. Периферических отеков нет. Лабораторные и инструментальные методы диагностики: ЭКГ: ритм синусовый, 85 уд./мин, единичная левожелудочковая экстрасистолия, признаки гипертрофии левого желудочка (индекс Соколова-Лайона 39 мм). Суточное мониторирование АД: среднее АД — 167,44 и 94,29 мм рт. ст. ЭхоКГ: гипертрофия левого желудочка, расширения полостей сердца и снижения сократимости не отмечено (таблица 1). Допплерография сонных артерий: комплекс интима-медиа повышенной эхогенности с диффузным нарушением дифференциации на слои 0,11–0,12 см. В области общей сонной артерии по задней стенке бляшка (стенозирование просвета на 25%). В области устья внутренней сонной артерии небольшая бляшка (стенозирование просвета примерно на 20%). Осмотр окулиста: начальный гипертензивный ангиосклероз сетчатки. Общие анализы крови и мочи: в пределах нормы. Биохимический анализ крови: 6,2 ммоль/л; креатинин 87 мкмоль/л, скорость клубочковой фильтрации по формуле СКД IPI — 67 мл/мин/1,73кв.м.

На основании жалоб, объективного и инструментального обследования установлен диагноз: «Гипертоническая болезнь II стадии, 2 степени, высокий риск осложнений. Гипертрофия левого желудочка. Гипертоническая ангиопатия сетчатки глаз. СН I ст., ФК I с сохраненной систолической функцией ЛЖ. Сахарный диабет 2 типа, субкомпенсированный».

Индивидуальный фатальный риск по таблице SCORE (Systemic Coronary Risk Evaluation) для данной пациентки составил более 6%. Назначено лечение: модификация образа жизни (отказ от курения, алкоголя, исключение стрессовых ситуаций, диета с ограничением жиров животного происхождения и соли, умеренные динамические физические нагрузки, нормализация массы тела). Медикаментозная терапия — лозартан 100 мг с индапамидом 2,5 мг 1 таблетка утром под контролем АД, бисопролол 5 мг утром под контролем ЧСС; розувастатин 10 мг вечером, продолжить прием гликлазида.

При проведении пробы с реактивной гиперемией плечевой артерии в апреле 2017 года показатель эндотелийзависимой вазодилатации (ЭЗВД) составил 10,01%, при этом в динамике имелась положительная динамика с улучшением эндотелиальной функции (таблица 1).

На фоне терапии пациентке также провели оценку тревожно-депрессивного синдрома с использованием госпитальной шкалы тревоги и депрессии. Интересно отметить, что на фоне базисной терапии установлена выраженная динамика показателей, особенно после добавления фенофибрат (таблица 3).

Обсуждение

У пациентов с диабетом нарушенный ангиогенез уменьшает кровоток [7]. Фенофибрат у пациентов с диабетом защищает от микрососудистых осложнений. Исследование ACCORD подтверждает идею о том, что добавление фенофибрат к статину может принести пользу пациентам с дислипидемией на фоне диабета второго типа. По результатам исследования комбинированная терапия симвастатином и фенофибратом привела к снижению макрососудистых событий (относительного риска СС3) в группе пациентов с атерогенной дислипидемией (ТГ ≥ 2.3 ммоль/л и ХС-ЛВП $\leq 0,9$ ммоль/л) на 31%. При этом в исследовании была показана хорошая переносимость комбинированной терапии [8]. Результаты другого крупномасштабного исследования — FIELD также показали снижение риска на 27% на фоне терапии фенофибратом у пациентов со смешанной атерогенной дислипидемией. В группе фенофибрат частота развития нефатального ИМ достоверно снизилась на 24% ($p=0,01$), количество случаев реваскуляризации на 21% ($p=0,035$) [9] Доказа-

Таблица 1. Результаты ультразвукового обследования сердца и сосудов пациентки Д. в динамике

Показатель	Апрель 2017 г., до начала терапии	Июнь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин 10 мг/сут	Сентябрь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин 10 мг/сут + фенофибрат 145 мг/сут
ЛП, мм	38	39	39
КДР ЛЖ, мм	56	56	55
КСР ЛЖ, мм	37	37	36
ФВ ЛЖ, %	62	62	63
ТМЖП, мм	12	12	12
ТЗСЛЖ, мм	11	11	11
Диаметр исходный плечевой артерии, мм.	0,37	0,36	0,36
Диаметр плечевой артерии реактивная гиперемия, мм.	0,41	0,42	0,44
%, прироста (ЭЗВД)	10,01	12,35	14,95

Примечание. ЛП – левое предсердие, КДР ЛЖ — конечно-диастолический размер левого желудочка; КСР — конечно-систолический размер; ФВ — фракция выброса; ТМЖП — толщина межжелудочковой перегородки; ТЗС — толщина задней стенки, ЭЗВД — эндотелий зависимая вазодилатация.

Таблица 2. Изменения показателей биохимического анализа крови пациентки Д., в динамике

Показатель	Апрель 2017 г., до начала липидснижающей терапии	Июнь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин — 10 мг/сут	Сентябрь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин — 10 мг/сут + фенофибрат 145 мг/сут
Глюкоза, ммоль/л	7,64	6,7	5,8
Общий ХС, ммоль/л	7,80	5,61	4,2
ХС ЛПНП, ммоль/л	4,95	3,81	2,40
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,10	1,20	1,39
Триглицериды, ммоль/л	3,22	2,58	1,34
Креатинин, мкмоль/л	87	85	81
АСТ, Е/л	34	63	22
АЛТ, Е/л	32	84	28
СРБ, мг/дл	1,84	1,75	1,30

Таблица 3. Изменения показателей тревожно-депрессивного синдрома у пациентки Д., в динамике на фоне базисной терапии

Показатель	Апрель 2017 г., до начала липидснижающей терапии	Июнь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин — 10 мг/сут	Сентябрь 2017 г., 2 месяца терапии розувастатин — 10 мг/сут + фенофибрат 145 мг/сут
Тревога, баллы	14	9	7
Депрессия, баллы	9	8	7

но, что лечение фенофибратом увеличивает плотность капилляров и влияет на функцию эндотелия, за счет влияния на прогениторные клетки [4,9].

В представленном клиническом случае у пациентки Д. на фоне приема розувастатина и фенофибрата отмечалось значительное изменение в положительную сторону показателя триглицериды с 3.22 ммоль/л до 1.34 ммоль/л. Помимо собственно гиполипидемиче-

ского действия на фоне совместного применения препаратов отмечалась потенциальная синергия плеiotропных эффектов: противовоспалительных свойств, что подтверждается уменьшением СРБ и улучшение эндотелиальной функции.

Стратегия снижения триглицеридов приводит в дополнительному снижению сердечно-сосудистого риска даже при достигнутом уровне ЛПНП [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Корягина Н.А., Петрищева А. В. Эффективность небиволола при лечении женщин с ишемической болезнью сердца. Российский кардиологический журнал. 2014;(12):71–75.
2. Tugwood O., Issemann I., Anderson R. G. et al. The mouse peroxisome proliferator activated receptor recognizes a flanking sequence of the rat acyl CoA oxidase gene// EMBO. 1992; 11: 433–439.
3. Schoonjans K., Martin G., Staels B. et al. Peroxisome proliferator-activated receptors, orphans with ligands and functions//Curr. Opin. Lipidol. 1997; 8: 159–166.
4. Tie L, Chen LY, Chen DD, Xie HH, Channon KM, Chen AF: GTP cyclohydrolase I prevents diabetic-impaired endothelial progenitor cells and wound healing by suppressing oxidative stress/thrombospondin-1. Am J Physiol Endocrinol Metab 2014; 306: E1120–1131.
5. Zhou J, Ni X, Huang X, Yao J, He Q, Wang K, Duan T: Potential Role of Hyperglycemia in Fetoplacental Endothelial Dysfunction in Gestational Diabetes Mellitus. Cell Physiol Biochem 2016; 39:1317–1328.
6. Elam MB, Lovato LC, Crouse JR, Leiter LA, Linz P, Friedewald WT, Buse JB, Gerstein HC, Probstfield J, Grimm RH, Ismail-Beigi F, Bigger JT, Goff DC, Cushman WC, Simons-Morton DG, Byington RP: Effects of combination lipid therapy in type 2 diabetes mellitus. N Engl J Med 2010; 362:1563–1574.
7. Deng Y1, Han X1, Yao Z2,1, Sun Y1, Yu J1, Cai J1, Ren G1, Jiang G1, Han F2. PPAR α Agonist Stimulated Angiogenesis by Improving Endothelial Precursor Cell Function Via a NLRP3 Inflammasome Pathway/Cell Physiol Biochem. 2017;42(6):2255–2266. doi: 10.1159/000479999. Epub 2017 Aug 16.
8. ACCORD Study Group, Ginsberg HN, Elam MB, Lovato LC et al. Effects of Combination Lipid Therapy in Type 2 Diabetes Mellitus. N Engl J Med. 2010 Apr 29;362(17):1563–74. doi: 10.1056/NEJMoa1001282. Shinnakasu A1, Yamamoto K1, Kurano M1, Arimura H1, Arimura A1, Kikuti A1, Hashiguchi H1, Deguchi T1, Nishio Y1. The Combination Therapy of Fenofibrate and Ezetimibe Improved Lipid Profile and Vascular Function Compared with Statins in Patients with Type 2 Diabetes. J Atheroscler Thromb. 2017 Jul 1;24(7):735–748. doi: 10.5551/jat.39446. Epub 2017 Apr 27.
9. FIELD study investigators. Keech A, Simes RJ, Barter P et al. Effects of long-term fenofibrate therapy on cardiovascular events in 9795 people with type 2 diabetes mellitus (the FIELD study): randomised controlled trial. Lancet 2005; 366(9500):1849–61.

© Корягина Наталья Александровна (nina11-85@mail.ru),

Желобов Владимир Геннадьевич (zhelobov.vg@psma.ru), Авдеев Алексей Викторович (svenav@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Пермь

ПРОФИЛАКТИКА И ВЫЯВЛЕНИЕ СИНДРОМА КОСТЕНА У ПАЦИЕНТОВ С ПРЕЖДЕВРЕМЕННО УДАЛЕННЫМИ ЗУБАМИ И НЕПРАВИЛЬНО СФОРМИРОВАННЫМИ БУГРАМИ ПЛОМБ

PREVENTION AND IDENTIFICATION OF THE COSTENE SYNDROME IN PATIENTS WITH PREMATELY REMOTE TEETH AND WRONG-FORMED FUNDS

E. Levandovsky

Summary. this article will discuss the practical aspects of diagnosis and diagnosis of Kosten syndrome, as well as recommendations for its treatment and prevention. Kosten syndrome is a fairly common disease, especially among the younger population, which is confirmed in the form of extracts from clinical examinations of patients. The subjects had symptoms of the syndrome in varying degrees of severity, all the pathologies identified corresponded to those of Kosten syndrome. Currently, dental services are among the most common in the provision of medical services. Unfortunately, there are unqualified jobs that were performed by an insufficiently qualified specialist or were made by mistake or by mistake. The consequence is the development of an abnormal bite, and then pathological changes in the jaw apparatus, some of which lead to the development of Kosten syndrome. Thus, when collecting the history, it is necessary not only to take into account the clinical manifestations, but also the dental work transferred by the patient. In the study of patients, we palpated the areas of the jaws, ears, temples, identifying various pathological processes. In conclusion, the main recommendations on the diagnosis of complications, prevention and treatment.

Keywords: Kosten syndrome, jaw joints, clicks in the jaw, pain when chewing, jaw apparatus, crunch of the jaw.

Левандовский Эдвард Викторович
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский университет
doc.edvard@mail.ru

Аннотация. в данной статье будут рассмотрены практические аспекты диагностики и постановки диагноза на синдром Костена, а также рекомендации по его лечению и профилактике. Синдром Костена является довольно распространенным заболеванием, особенно среди молодого населения, о чем подтверждение представлено в виде выписок из клинических осмотров пациентов. У исследуемых отмечались признаки синдрома в различной степени тяжести, все выявленные патологии соответствовали таковым при синдроме Костена. В настоящее время стоматологические услуги являются одними из самых распространенных из области оказания медицинских услуг. К сожалению, встречаются неквалифицированно выполненные работы, которые выполнялись недостаточно квалифицированным специалистом или допущены по ошибке, оплошности. Следствием является развитие неправильного прикуса, а затем патологические изменения в челюстном аппарате, одни из которых ведут к развитию синдрома Костена. Таким образом, при сборе анамнеза необходимо не только учитывать клинические проявления, но и перенесенные пациентом стоматологические работы. При исследовании пациентов мы пальпировали области челюстей, ушей, висков, выявляя различные патологические процессы. В заключении приведены основные рекомендации по диагностике осложнений, профилактике и лечению.

Ключевые слова: Синдром Костена, челюстные суставы, щелчки в челюсти, боль при жевании, челюстной аппарат, хруст челюсти.

Актуальность

Нарушение архитектоники окклюзионной поверхности, не учитывающее создания бугров и фиссур, может привести к нарушению нормальной физиологии, биомеханики ВНЧС и развитию такой патологии, как синдром Костена.

Цель. Выявить синдром Костена у пациентов с преждевременно удаленными зубами и неправильно сформированными буграми пломб, а также обеспечить профилактику данного синдрома, предотвратив дальнейшие нарушения ВНЧС.

Синдром Костена

Под этим определением понимают комплекс патологических преобразований, локализирующихся в височно-нижнечелюстном суставе с болевым синдромом, преимущественно локализованном в предушной области, который имеет свойства переходить в область уха или виска и усиливаться в процессе жевания или других процессов, сопровождающихся движением челюстей. Клинически синдром Костена также проявляется щелканьем, хрустом в челюстных суставах, отмечается также их тугоподвижность. По результатам исследований ряда авторов, синдром Костена регистрируется у 10–16% на-

селения. Наибольшую часть пациентов, у которых отмечается эта патология, составляют представительницы женского пола [4, с. 87].

Историческая справка

Первое упоминание о синдроме Костена приходится на 1934 год, когда американским отоларингологом Джеймсом Костеном была опубликована статья, в которой были изложены результаты исследований автора относительно взаимосвязи острой ушной боли с патологией зубочелюстной системой. Исследования получили широкое распространение в практической деятельности медицинских специалистов и комплекс описанных патологических явлений стали именовать в честь первооткрывателя их взаимосвязи [3, с. 115].

Причины развития Синдрома

Нарушению функции височно-нижнечелюстных суставов может способствовать ряд причин. К таковым можно отнести: искажение прикуса, высокие физические нагрузки, стрессовые факторы, вследствие которых развивается спазмирование жевательных мышц, травмирование челюстного аппарата [1, с. 96].

Отмечены случаи, когда развитию синдрома способствовала некавалифицированная стоматологическая деятельность, последствия которой привели к развитию патологических изменений. К наиболее распространенной ошибке стоматологов относится нерациональная постановка пломбы, когда она слишком высоко выступает над поверхностью зуба. При этом отмечается изменение прикуса вследствие неравномерного распределения нагрузки на челюсть. Также развитие синдрома иногда возникает при некорректном протезировании. [5, с. 99]

Диагностика

При клиническом осмотре пациента врач проводит осмотр и пальпацию нижней челюсти, височной области и шеи, при этом обращая внимание на наличие особых мышечных уплотнений (триггеров), при глубокой пальпации которых отмечается выраженная болевая реакция. Вторым этапом диагностики является аускультация щелчков, которые возникают при движении челюстных суставов. Проводится трехфаланговый тест. [2, с. 60]

Исследование

В нашем исследовании принимали участие 50 человек в возрастном диапазоне от 18 до 24 лет, среди которых 58% девушек и 42% юношей. Постановку диагноза осуществляли на основании данных анамнеза и объективного клинического исследования, в которое входил

осмотр, пальпация и аускультация ВНЧС, трехфаланговый тест.

Результаты

исследования. Среди 50 обследованных, у 6 человек (4 девушки и 2 юноши), что составляет 12% всех обследованных, был выявлен синдром Костена.

Результаты обследования

Пациентка М. 21 год. Жалобы пациента: 1) на локализованные в левой половине челюстного аппарата при движении челюстей в противоположные стороны, 2) на незначительную болезненность в ушах, которая усиливается при жевании и широком открывании рта. При аускультации слышны щелчки в ВНЧС с левой стороны при движении нижней челюсти, с правой щелчков не было. Трехфаланговый тест отрицательный. Открывание рта не затруднено.

При осмотре ротовой полости были обнаружены неправильно сформированные бугры и фиссуры 36,37 и 46 зубов, из-за чего отмечено нарушенное окклюзионное взаимоотношение. При пальпации обнаружили триггер (уплотнение) жевательных мышц на стороне, где локализовались щелчки (слева), болевая реакция ярко выражена.

Пациентка Т. 19 лет. Отмечена жалоба на незначительную боль в ушных раковинах, отмечающуюся при жевательных движениях. При аускультации выслушивались щелчки в ВНЧС с правой стороны при движении нижней челюсти. Трехфаланговый тест отрицательный. Раскрытие челюстей не затруднено.

При осмотре ротовой полости установили неправильно сформированные бугры и фиссуры 36 и 46 зубов, что и являлось причиной нарушения правильного смыкания зубных рядов. При пальпации триггер (уплотнение) жевательных мышц не прощупывался.

Пациентка Е. 18 лет. Жалобы пациента: 1) на возникающие в правосторонних суставах щелчки при широком раскрытии ротовой полости, 2) на боль в ушах, отдающую в височную область, 3) иногда отмечающиеся признаки шума в ушах. При объективном обследовании, с помощью фонендоскопа, выслушивались щелчки в ВНЧС с правой стороны при движении нижней челюсти. Трехфаланговый тест положительный. Раскрытие ротовой полости затруднено.

При осмотре ротовой полости установили неправильно сформированные бугры и фиссуры 46 зуба, а также дистопированные 13 и 23 зубы. При пальпации обнару-

жен триггер (уплотнение) жевательных мышц в стороне локализации щелчков (справа), при глубокой пальпации установлена ярко выраженная болевая реакция.

Пациент Ш. 20 лет. Жалобы пациента: 1) на возникающие при жевании хруст и щелчки в левой стороне челюстного аппарата, 2) на сильную боль и шум в ушах. При аускультации выслушивались щелчки в ВНЧС с левой стороны при движении нижней челюсти. Раскрытие ротовой полости при выполнении трехфалангового теста возможно было только на ширину толщину двух проксимальных межфаланговых суставов.

Во время осмотра полости рта были обнаружены неправильно сформированные бугры и фиссуры 17, 36 и 37 зубов, также удалены 35 и 45 зубы. При пальпации прощупывался триггер (уплотнение) жевательных мышц на стороне щелканья (слева), резко болезненный при нажатии.

Пациентка О. 22 года. Жалобы пациента: 1) на хруст и скрежет в суставе с правой стороны во время движения нижней челюсти, 2) на сильную боль в ушах, отдающую в височную область, 3) периодически наблюдался шум в ушах, 4) спазм жевательных мышц. При объективном обследовании, с помощью фонендоскопа, выслушивались щелчки и хруст в ВНЧС с правой стороны при различных движениях нижней челюсти. Трехфаланговый тест положительный. Открывание рта на толщину трех проксимальных межфаланговых суставов невозможно.

Во время осмотра полости рта были обнаружены неправильно сформированные бугры и фиссуры 17 и 47

зубов, также удалены 36 и 46 зубы. При пальпации прощупывался очень плотный триггер (уплотнение) жевательных мышц на стороне щелканья (справа), резко болезненный при нажатии.

При постановке диагноза нами рекомендовано было проведение пациентам компьютерной томографии ВНЧС. Однако наши рекомендации выполнены не были по причине высокой стоимости процедуры и отсутствия договоренности с «Пикассо». В связи с этим, мы имеем представленные на слайде снимки снимки КТ ВНЧС в норме и при артрозе. Артроз является осложнением синдрома Костена, эту патологию мы проиллюстрировали снимком так как выявить у пациентов не удалось по вышеописанным причинам. На снимке проиллюстрированы патологические процессы, которые развиваются в головке нижней челюсти при отсутствии своевременного адекватно назначенного лечения первопричины.

Выводы

1. В результате проведенных исследований мы выявили, что синдром Костена имеет широкое распространение, преимущественно у людей молодого возраста до 30–35 лет и требуют своевременного квалифицированного лечения врачом-стоматологом. При отсутствии лечения в пораженных суставах продолжают патологические изменения, приводящие в итоге к артрозу и полному обездвиживанию челюсти.
2. Профилактикой синдрома Костена, является грамотное воссоздание окклюзионных взаимоотношений при моделировании пломб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, В. В. Военная стоматология и челюстно-лицевая хирургия. Учебное пособие / В. В. Афанасьев, А. А. Останин. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 256 с.
2. Лебеденко, И. Ю. Функциональные и аппаратные методы исследования в ортопедической стоматологии / И. Ю. Лебеденко, Т. И. Ибрагимов, А. Н. Ряховский. — М.: Медицинское информационное агентство, 2012. — 128 с.
3. Максимовский, Ю. М. Терапевтическая стоматология. Кариесология и заболевания твердых тканей зубов. Эндодонтия. Учебное пособие / Ю. М. Максимовский, А. В. Митронин. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 480 с.
4. Трезубов, В. Н. Ортопедическая стоматология. Пропедевтика и основы частного курса: моногр. / В. Н. Трезубов, А. С. Щербаков, Л. М. Мишнев. — М.: МЕД-пресс, 2013. — 416 с.
5. Фищев, С. Б. Чрезвычайные ситуации в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Фищев С. Б. / С. Б. Фищев. — Л.: 2016. — 537 с.

© Левандовский Эдвард Викторович (doc.edvard@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНТИАГРЕГАНТНАЯ ТЕРАПИЯ И ЭНДОТЕЛИАЛЬНАЯ СИСТЕМА У БЕРЕМЕННЫХ

ANTIPLATELET THERAPY AND THE ENDOTHELIAL SYSTEM DURING PREGNANCY

A. Mironov
M. Umakhanova
A. Torchinov
N. Bogachyova

Summary. The analysis of effects on the endothelial system during pregnancy dipyridamole having the properties of operation and angioprotectors. The study included 140 pregnant women: the main group consisted of 74 patients, whose therapy included dipyridamole, the control group consisted of 66 respondents. All patients underwent hemostatic examination and cytological diagnosis of endothelial dysfunction. The results showed a favorable effect of dipyridamole therapy on the state of the endothelial system in pregnant women.

Keywords: pregnancy, endothelium, dipyridamol.

Миронов Алексей Валентинович

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова (Москва); ГБУЗ
Городская клиническая больница № 13 ДЗ Москвы
Mironov75av@gmail.com

Умаханова Мадина Мусаевна

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова (Москва)

Торчинов Амирхан Михайлович

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова (Москва)

Богачева Наталья Сергеевна

ГБУЗ Городская клиническая больница № 13 ДЗ Москвы

Аннотация. Проведен анализ влияния на эндотелиальную систему у беременных дипиридамола, обладающего свойствами антиагреганта и ангиопротектора. В исследование включено 140 беременных: основную группу составили 74 пациентки, принимавшие дипиридамолом во время беременности, контрольную группу составили 66 респондентов. У всех беременных проведено общеклиническое обследование, в том числе оценено состояние гемостаза, а также осуществлена цитологическая диагностика эндотелиальной дисфункции. Результаты продемонстрировали благоприятное влияние терапии дипиридамолом на состояние эндотелиальной системы у беременных.

Ключевые слова: беременность, эндотелий, дипиридамолом.

Актуальность

Эндотелиальная дисфункция рассматривается сегодня как основное патогенетическое звено гемодинамических нарушений в фетоплацентарном комплексе. Успешное развитие беременности во многом зависит от адекватной имплантации и плацентации с установлением полноценного кровотока в системе мать-плацента-плод [1].

Учитывая сложный этиопатогенез, находящийся до сих пор на этапе исследования, алгоритм лечения эндотелиальной дисфункции окончательно не сформулирован. При эндотелиальной дисфункции повышается продукция цитокинов воспаления, вазоконстрикторов и протромботических медиаторов, снижается продукция вазодилататоров. Терапия эндотелиальной дисфункции имеет целью восстановление равновесия описанных выше факторов, ограничение действия одних эндотелиальных медиаторов, компенсацию дефицита других и восстановление их функционального баланса [2]. Особую сложность представляет коррекция нарушения функции эндотелия у беременных, требующая использования только тех средств, которые разрешены к применению во время гестации. Исследование в данном направлении систематизирует наши знания о тера-

пии эндотелиальной дисфункции, а также определяет новые пути профилактики акушерской и перинатальной патологии.

Одним из препаратов выбора во время беременности, обладающих антиагрегантными и ангиопротекторными свойствами является дипиридамолом. Важной особенностью антитромбоцитарного эффекта дипиридамола является его способность блокировать адгезию тромбоцитов к субэндотелию и коллагену и стимулировать образование эндотелием простаглицина. Кроме того, дипиридамолом обладает способностью ингибирования экспрессии провоспалительных цитокинов, участвующих в индукции процесса тромбогенеза [3], а также участвующих в патогенезе эндотелиальной дисфункции. Очень важно воздействие дипиридамола не только на тромбоциты, но и на сосудистую стенку: подавляя фосфодиэстеразу, дипиридамолом способствует накоплению цАМФ и цГМФ, что усиливает сосудорасширяющий эффект оксида азота и простаглицина [4]. Одним из антитромботических механизмов действия дипиридамола является увеличение выброса активатора плазминогена (tPA), который занимает ведущее место в патогенезе эндотелиальной дисфункции [4]. Дипиридамолом одновременно регулирует и опосредованную оксидом азота вазодилатацию, и выделение супероксида из эндотелия

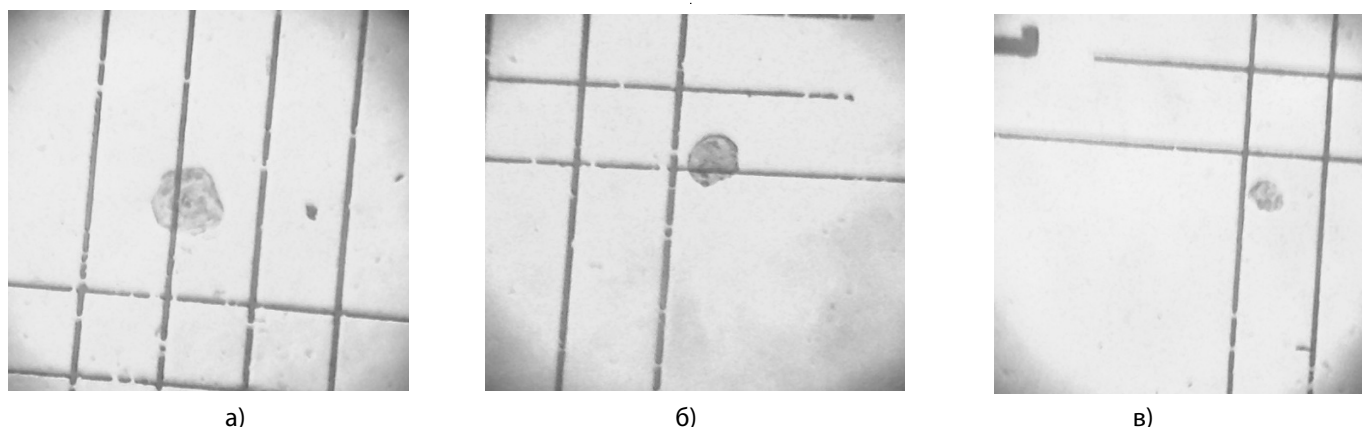


Рис. 1.(а, б, в) — Десквамированные эндотелиоциты в камере Горяева. Окраска метиленовой сини. Увеличение 600х.

[5]. Комбинированный антиагрегантный и вазодилаторный эффект дипиридамола способствует улучшению перфузии ткани за счет торможения образования свободных радикалов в тромбоцитах и эндотелиальных клетках [4]. Таким образом, сочетанное воздействие дипиридамола на тромбоцитарное звено гемостаза и сосудистую стенку позволяет рассматривать данный препарат как средство патогенетического лечения эндотелиальной дисфункции.

Пациенты и МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включено 140 беременных. Все пациентки были госпитализированы в гинекологическое отделение ГБУЗ ГКБ № 13 ДЗ г. Москвы с диагнозом угрожающего или начавшегося самопроизвольного выкидыша. Основную группу составили 74 пациентки, принимавшие дипиридамола во время беременности не менее 7 суток до начала исследования. Суточная дозировка препарата составила 75 мг/сутки. Средний срок беременности в этой группе составил $11 \pm 7,95$ недели. Диагноз угрожающего самопроизвольного выкидыша оставлен 22 беременным (29,7%), начавшийся самопроизвольный выкидыш диагностирован у 52 пациенток этой группы (70,3%). Всем беременным этой группы проводилась по показаниям гемостатическая, спазмолитическая, витаминотерапия.

Контрольную группу составили 66 пациенток. Средний срок беременности в этой группе составил $10,3 \pm 4,35$ недель. Диагноз угрожающего самопроизвольного выкидыша выявлен у 11 беременных контрольной группы (16,67%). Начавшийся самопроизвольный выкидыш диагностирован у 55 пациенток этой группы (83,33%). Всем женщинам этой группы проводилась по показаниям гормональная, гемостатическая, спазмолитическая, витаминотерапия.

У всех беременных проведено общеклиническое обследование, в том числе оценено состояние гемостаза. Исследовались следующие лабораторные показатели свертывающей системы: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновый индекс, фибриноген, международное нормализованное отношение (МНО), среднее количество тромбоцитов, средний объем тромбоцита.

В исследуемых группах проведена цитологическая диагностика эндотелиальной дисфункции. Согласно методике J. Hladovec (1978) [8] проведен подсчет десквамированных эндотелиальных клеток (ДЭК) периферической крови. Принцип метода основан на выделении эндотелиоцитов вместе с тромбоцитами центрифугированием с последующим осаждением тромбоцитов раствором АДФ. Определение количества циркулирующих ДЭК проводилось при помощи фазово-контрастного микроскопа Leika DM 1000 в камере Горяева (10 мкл). У каждой пациентки подсчитано десять проб по 10 мкл плазмы (всего 100 мкл), суммированы данные о количестве ДЭК во всех десяти пробах и установлено их общее количество, которое выражается в единицах на 100 мкл плазмы. Микроскопически ДЭК представляют собой плоские структуры толщиной 1–2 мкм и диаметром 10–50 мкм и обладают выраженной морфологической неоднородностью. При подготовке цитологических препаратов мы использовали окраску 0,1% раствором метиленового синего, что позволяло достигать наилучший цветовой контраст между цитоплазмой эндотелиоцитов и фоном, обеспечивая обработку в автоматическом режиме большого массива исследуемого материала. У всех беременных проводилась фотофиксация ДЭК и компьютерная обработка изображения с использованием компьютерной видеопроставки для обработки и анализа изображений Leika Application Suite LAZ EZ Version 2.1.0. (2012). У каждой пациентки в автоматическом режиме проведено морфометрическое исследование 100 де-

скамированных эндотелиоцитов и определен средний диаметр изучаемых клеток (рис. 1).

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11 и Excel (Microsoft Office Excel 2003) Для описания количественных показателей использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ ». Для сравнения параметрических величин, рассчитанных на основе полученных выборок, применялся классический *t*-тест Стьюдента. Сравнение непараметрических величин проводилось на основе критерия Манна-Уитни-Уилкинсона. Статистическая значимость фиксировалась на уровне вероятности ошибки $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Возраст женщин в исследуемых группах колебался от 20 до 41 года. Средний показатель возраста в основной группе составил $28,9 \pm 5,2$ лет. В контрольной группе средний показатель возраста составил $30,5 \pm 5,7$ лет. При изучении образа жизни исследуемых беременных получены следующие результаты. В основной группе работало и училось 49 человек (66,2%). Малоактивный образ жизни был у 24 пациенток (32,4%). В контрольной группе выявлено 39 женщин занятых на работе или учебе (59,1%), малоактивный образ жизни встречался в этой группе у 33 человек (50%). При исследовании вредных привычек следует выделить никотиновую зависимость. В основной группе этот показатель составил 9,6% (7 чел.). В контрольной группе курили 9,1% беременных (6 чел.). Алкогольной и наркотической зависимости в исследуемых группах выявлено не было. Средний показатель индекса массы тела в основной группе составил $22,6 \pm 3,6$ кг/м². Предожирение (ИМТ составляет от 25 до $29,9$ кг/м²) выявлено у 11 беременных (14,9%), ожирение I степени (ИМТ составляет от 30 до $34,9$ кг/м²) у 3 человек (4,1%). Средний показатель индекса массы тела в контрольной группе составил $23,6 \pm 4,4$ кг/м². При этом предожирение выявлено у 12 пациенток (18,2%), ожирение I степени обнаружено у 3 пациенток (4,5%), ожирение II степени (ИМТ составляет от 35 до $39,9$ кг/м²) выявлено у 3 пациенток (4,5%).

С дисфункцией эндотелия ассоциируются все основные сердечно-сосудистые факторы риска: ожирение, гиперхолестеринемия, курение, артериальная гипертензия, сахарный диабет [7; 8]. При заболеваниях, сопряженных с атеросклеротическим поражением сосудов, эндотелий представляет орган-мишень, поскольку эндотелиальная выстилка сосудов участвует в регуляции сосудистого тонуса и гемостаза. В нашей работе по основным факторам риска развития эндотелиальной дисфункции — ожирению, гиподинамии и курению — исследуемые группы были статистически сопоставимы.

Изучение экстрагенитальной патологии у исследуемого контингента продемонстрировало следующие результаты. Заболевания желудочно-кишечного тракта в стадии компенсации встречались у 5,4% беременных основной группы (5 чел.) и у 9,1% контрольной группы (6 чел.). Заболевания мочевыделительной системы — у 6 чел основной группы (8,1%), и у 4 человек контрольной группы (6,1%). Заболевания щитовидной железы выявлены у 4,1% женщин основной группы (3 чел.), и у 6,1% (4 чел.) контрольной группы. Хронические заболевания сердечно-сосудистой системы в стадии компенсации: 1 человек (1,4%) в основной группе и 1 человек (1,5%) — в контрольной группе. Все выявленные заболевания были в стадии ремиссии на момент обследования. Гипертоническая болезнь и сахарный диабет были критериями исключения в исследовании, так как являются самостоятельными предикторами развития эндотелиальной дисфункции.

Изучен акушерский анамнез в исследуемых группах. В литературе описывается отрицательное влияние эндотелиальной дисфункции на невынашивание беременности [9–11 и др.]. Исследование функции эндотелия спиральных артерий показало, что у большинства женщин с ранними репродуктивными потерями на момент обследования обнаруживается снижение производных оксида азота в сыворотке крови [10]. При угрозе прерывания беременности в I триместре отмечается повышение экспрессии СЭФР, эндотелина-1, ФНО- α . [11]. В нашем исследовании в основной группе самопроизвольное прерывание беременности в анамнезе выявлено у 20 беременных (27%). Привычное невынашивание диагностировано в этой группе у 3 пациенток (4,1%). В контрольной группе невынашивание в анамнезе встречалось у 23 женщин (34,8%). У 3 беременных основной группы (4,5%) диагностировано привычное невынашивание. Количество женщин, у которых в анамнезе был искусственный аборт до 12 недель, составило в основной группе 16,2% (12 чел.) и 7,6% — в контрольной группе (5 чел.). Бесплодие в анамнезе диагностировалось в основной группе у 5 пациенток (6,8%), в контрольной группе — у 3 пациенток (4,5%).

При исследовании гинекологической патологии также не было выявлено достоверных отличий в исследуемых группах. Гиперпластические процессы эндометрия диагностированы до настоящей беременности у 2 женщины в основной группе (2,7%) и у 4 — в контрольной (6,1%). Миома матки выявлена у 5,4% пациенток основной группы (4 чел.) и у 4 человек контрольной группы (6,1%). Эндометриоз диагностировался до настоящей беременности у 2,7% женщин основной группы (2 чел.), и у 4 женщин контрольной группы (6,1%). Дисфункциональные маточные кровотечения диагностировались до настоящей беременности у 4 женщин основной груп-

Таблица 1. Лабораторные показатели свертывающей системы (N=140).

Показатель	АЧТВ, сек.	Протромбиновый индекс, %	Фибриноген, г/л	МНО	Среднее количество тромбоцитов, $\times 10^9$ /л	Средний объем тромбоцита, fl
Основная группа, n=74	30,1 $\pm 3,52$	88 $\pm 10,21$	4,3 $\pm 0,84$	1,1 $\pm 0,08$	235,5 $\pm 69,12$	8,7 $\pm 0,93$
Контрольная группа, n=66	29,4 $\pm 3,24$	93,4 $\pm 14,23$	3,9 $\pm 0,93$	1,1 $\pm 0,12$	234,2 $\pm 69,11$	9,1 $\pm 1,32$

пы (5,4%), и у 4 женщин контрольной группы (6,1%). Перенесенный острый сальпингоофорит или хронический сальпингоофорит в стадии ремиссии выявлялся у 9 человек основной группы (12,2%) и у 2 человек контрольной группы (3%).

Таким образом, сравнение клинических данных беременных в основной и контрольной группах показало отсутствие достоверных отличий по изучаемым признакам. По основным факторам риска эндотелиальной дисфункции — ожирению, гиподинамии, курению — исследуемые группы пациенток были сопоставимы. Наличие хронических заболеваний также не имело достоверных отличий в исследуемых группах.

Проведен анализ показателей коагулограммы в сравниваемых группах. Во время беременности происходят адаптационные изменения в свертывающей системе, которая принимает активное участие в гестационном процессе. С самых ранних сроков физиологически протекающая беременность сама по себе является тромбофилическим состоянием. К предрасполагающим факторам в первую очередь относится состояние физиологической гиперкоагуляции, ингибирование фибринолиза, тенденция к стазу в результате гормональных изменений, а также снижение содержания и активности естественных антикоагулянтов крови, повышение функциональной активности тромбоцитов [15]. По данным литературы, нарушения свертывающей системы имеют высокую степень корреляции с такими осложнениями беременности, как спонтанные аборты, привычное невынашивание, неразвивающаяся беременность [12–14]. При оценке основных показателей плазменного звена системы коагуляции в исследуемых группах получены следующие результаты (табл. 1). Средний показатель АЧТВ составил $30,1 \pm 3,52$ сек. в основной группе и $29,4 \pm 3,24$ сек. в контрольной группе ($p > 0,05$). Протромбиновый индекс составил $88,0 \pm 10,21\%$ в основной группе, и $93,4 \pm 14,23\%$ — в контрольной группе ($p > 0,05$). Средний уровень фибриногена был $4,3 \pm 0,84$ г/л в основной группе и $3,9 \pm 0,93$ г/л в контрольной группе ($p > 0,05$). Средний показатель МНО: $1,1 \pm 0,08$ в основной группе и $1,1 \pm 0,12$ в контрольной группе ($p > 0,05$).

Проведена оценка тромбоцитарного звена свертывающей системы. Известно, что тромбоциты, их функциональные свойства принимают большое участие в развитии беременности ранних сроков. В научной литературе указывается, что тромбоциты участвуют в обеспечении трофики эндотелия: ангиотрофические функции тромбоцитов убедительно доказаны электронно-микроскопическими и ангиографическими исследованиями [16]. Дефицит тромбоцитов приводит к нарушению трофики эндотелиальной выстилки сосудов, что влечет за собой нарушение и сосудистого звена системы свертывания крови [17].

В нашем исследовании среднее количество тромбоцитов составило $235,5 \pm 69,12 \times 10^9$ /л в основной группе и $234,2 \pm 69,11 \times 10^9$ /л — в контрольной группе, и не имело достоверных отличий в исследуемых группах ($p > 0,05$). Измерение среднего объема тромбоцитов также не показало достоверных отличий в нашем исследовании. Измерение объема тромбоцитов в гематологическом анализаторе проводится в единицах измерения фемтолитрах, что соответствует 1×10^9 микролитра. Средний объем тромбоцита составил $8,7 \pm 0,93$ fl в основной группе и $9,1 \pm 1,32$ fl в контрольной группе ($p > 0,05$).

У всех пациенток в исследуемых группах проведена цитологическая диагностика эндотелиальной дисфункции. Циркулирующие десквамированные эндотелиоциты — это клетки, которые отделяются от стенки эндотелия в процессе его поражения, и потому могут выступать прямым клеточным маркером дисфункции эндотелиальной системы [18]. Усиление десквамации эндотелиальных клеток в крови наблюдается при повреждении эндотелия, которое сопровождается апоптозом поврежденных клеток [19]. Количество циркулирующих ДЭК в периферической крови у здоровых людей очень мало, так как при отсутствии патологических состояний процесс обновления эндотелия медленный, а нежизнеспособные эндотелиальные клетки быстро удаляются из кровотока ретикулоэндотелиальной системой [20]. В то же время, рядом авторов показано увеличение количества этих клеток при различных патологических состояниях, сопряженных с сосудистыми нарушениями [18; 21]. Подсчет циркулирующих ДЭК в нашем исследо-

Таблица 2. Цитометрические параметры эндотелиальной системы в исследуемых группах (N=140).

Показатель	Количество ДЭК, 10 ⁴ клеток/100мл	Ср. диаметр ДЭК, мкм
Основная группа, n=74	7,9±2,75*	37,3±4,54**
Контрольная группа, n=66	9,9±5,05	32,7±7,61

Примечание: * — $p < 0,05$ (достоверность различий установлена по отношению к контрольной группе);

** — $p < 0,001$ (достоверность различий установлена по отношению к контрольной группе).

вании продемонстрировал следующие результаты. В основной группе среднее количество циркулирующих ДЭК составило $7,9 \times 10^4$ клеток/100 мл. Диапазон колебаний среднего количества десквамированных эндотелиоцитов в 100 мл периферической крови составил от 3 до 15×10^4 клеток/100 мл. Стандартное отклонение этого параметра от среднего значения составило $\pm 2,75$ клеток/100 мл.

В контрольной группе среднее количество десквамированных эндотелиоцитов было почти в полтора раза выше показателя основной группы и составило $9,92 \times 10^4$ клеток/100мл. Диапазон колебаний среднего количества клеток составил от 5 до 27×10^4 клеток/100 мл. Стандартное отклонение данного показателя составило $\pm 5,05$ клеток/100мл.

Эндотелиальные клетки отсоединяются от стенки сосуда как в неизменной форме, так и в виде клеточных фрагментов, циркулирующие эндотелиальные клетки могут быть представлены в периферической крови апоптотическими клетками, которые можно отличить при микроскопии, так как при апоптозе нарушена целостность плазматической мембраны и изменены геометрические параметры клетки [19]. Морфологическая картина апоптоза представляется как уменьшение объема клетки, сморщивание цитоплазматической мембраны, конденсация ядра, разрывы нити ядерной ДНК и последующий распад ядра на части, фрагментация клетки на мембранные везикулы с внутриклеточным содержимым (апоптотные тельца) [22]. Таким образом, геометрия циркулирующих эндотелиоцитов может являться информативным параметром поражения эндотелиальной системы.

Средний эквивалентный диаметр циркулирующих ДЭК составил в основной группе 37,28 мкм. Колебание данного показателя составило от 28 до 50 мкм. Стан-

дартное отклонение данного показателя в контрольной группе составило $\pm 4,5$ мкм.

Средний эквивалентный диаметр ДЭК в контрольной группе составил 32,70 мкм. Диапазон колебаний данного значения составил от 17,5 до 49 мкм. Стандартное отклонение среднего диаметра циркулирующих эндотелиоцитов основной группы составило $\pm 7,6$ мкм (табл. 2).

Таким образом, прием дипиридамола изменял состояние эндотелиальной системы у беременных. Исследуемые группы были статистически сопоставимы не только по анамнезу, вредным привычкам, соматической патологии (с учетом факторов риска развития эндотелиальной дисфункции), но и по рутинным показателям свертывающей системы. Тем не менее, проведенное исследование цитоморфометрических маркеров поражения эндотелиальной системы показало статистически достоверное отличие в сравниваемых группах.

Заключение

Эндотелиальная дисфункция является важной составляющей патогенеза многих заболеваний, сопряженных с поражением сосудистой системы. К данным заболеваниям относят и нарушения фетоплацентарного комплекса. Поиск путей своевременной профилактики сосудистых нарушений во время беременности является ключевым моментом снижения материнской и перинатальной заболеваемости. В работе продемонстрирован ангиопротективный эффект применения антиагрегантной терапии за счет благоприятного воздействия на эндотелий сосудов. Применение у беременных дипиридамола патогенетически обосновано с точки зрения коррекции состояния эндотелиальной системы, что может профилактировать развитие акушерских и перинатальных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бицадзе, В. О. Тромбофилия как важнейшее звено патогенеза осложненных беременностей / В. О. Бицадзе, А. Д. Макацария, Д. Х. Хизроева и др. // Практическая медицина. — 2012. — 5(60). С. 22–9.
2. Путилина, М. В. Эндотелий — мишень для новых терапевтических стратегий при сосудистых заболеваниях головного мозга // Журнал неврологии и психиатрии имени С. С. Корсакова: Научно-практический рецензируемый журнал / Всероссийское общество неврологов, Российское общество психиатров. — 2017. — Т. 117, № 10. — С. 122–130.
3. Якимова, А. В., Макаров, К. Ю., Соколова, Т. М. Анти тромботическая терапия как средство улучшения перинатальных исходов у женщин с плацентарной недостаточностью (обзор литературы). Эффективная фармакотерапия, 2015, 50: 6–10.
4. Танашян, М. М., Домашенко, М. А. Дипиридамол в комплексной терапии хронических цереброваскулярных заболеваний. — Нервные болезни. — 2012. — № 3. — С 27–30/
5. Chakrabarti, S., Freedman, J. E. Dipyridamole, cerebrovascular disease, and the vasculature // *Vascul. Pharmacol.* 2008. Vol. 48. № 4–6. P. 143–149.
6. Hladovec, J. Circulating endothelial cells in acute myocardial infarction and angina pectoris. // *Klin. Wochenschr.* — 1978. -Vol.56, 20. — P. 1033–36.
7. Загородских, Е. Б., Черкасов, В. А., Щёктова А. П. Маркеры эндотелиальной дисфункции и их прогностическое значение при остром панкреатите тяжелого течения. Фундаментальные исследования. — 2013. — № 9. — С. 355–361.
8. Асташев, П. Е., Гудымович, В. Г. Маркеры эндотелиальной дисфункции как прогностический признак течения внутрисердечного инфекционного процесса. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова 2011, т. 6, № 3 С. 3–8.
9. Коваленко, А. Е., Калинина, Н. И., Алексеенкова, М. В., Панина, О. Б., Савельева, Г. М. Биохимические маркеры угрожающих преждевременных родов // Акуш и гинекол. — 2013. — № 3. С. 43–47.
10. Айени Даниель Олусола., Туре Пенго Эльвира Д. Ф. Особенность эндотелиальной функции сосудов матки у женщин с ранними репродуктивными потерями. — IV международная научная конференция «science 4 health» РУДН.-Москва — 2012., с. 20/
11. Эльжорукаева, Ж. А. Терапия угрозы прерывания беременности утроежестаном: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. наук / Ростовский НИИ акушерства и педиатрии, 2006. — 21 с.
12. Khalafallah, A. A. Review of management and outcomes in women with thrombophilia risk during pregnancy at a single institution/ A. A. Khalafallah, A. R. Ibraheem, Q. Y. Teo, et al. // *Obstet Gynecol.* 2014;2014:1–6.
13. Patel, E. M. Temporal trends in maternal medical conditions and stillbirth// E. M. Patel, W. H. Goodnight, A. H. James, C. A. Grotegut// *Am J Obstet Gynecol.* — 2015. — 212(5). — P. 673.
14. Coriu, L. Inherited thrombophilia in pregnant women with intrauterine growth restriction/ L. Coriu, E. Copaciu, D. Tulbure, et al. // *J Clin Med.* 2014. — 9(4). P. 351–5.
15. Folkeringa, N. Reduction of high fetal loss rate by anticoagulant treatment during pregnancy in antithrombin, protein C or protein S deficient women. // *Haematol* — 2007.-136 (4): P. 656–61.;
16. Виноградская, Ю. Б. Морфофункциональное состояние клеток крови у женщин с физиологической беременностью в I триместре и при угрозе самопроизвольного выкидыша / Ю. Б. Виноградская, И. А. Василенко, В. Е. Радзинский [и др.] // *Материалы конференции «Новое в гематологии и клинической трансфизиологии.* Москва, 15–16 апреля 2003 г. Проблемы гематологии и переливания крови. 2003. — № 2. — С. 35.
17. Terry, G. Chronic idiopathic thrombocytopenic purpura: Mechanisms of pathogenesis // *Oncologist.* — 2009. — 14. (10). — P. 12–21.
18. Li, C. Detection and Validation of Circulating Endothelial Cells, a Blood-based Diagnostic Marker of Acute Myocardial Infarction / Li C., Wu Q., Liu B., Yao Y., Chen Y. et al. // *PLoS ONE.* — 2013. — № 8(3). — P. 584.
19. Феоктистова, В. С. Новый подход к оценке дисфункции эндотелия: определение количества циркулирующих эндотелиальных клеток методом проточной цитометрии/ В. С. Феоктистова, Т. В. Вавилова, О. В. Сироткина и др. // *Клиническая лабораторная диагностика.* — 2015 — Т. 60, № 4. — С. 23–27.
20. Fadini, G. P. Reduced endothelial progenitor cells and brachial artery flow-mediated dilation as evidence of endothelial dysfunction in ocular hypertension and primary open-angle glaucoma / G. P. Fadini, C. Pagano, I. Baesso, O. Kotsafti, D. Doro et al. // *Acta Ophthalmol.* — 2010. — Vol. 88. — P. 135–141.
21. Lampka, M., Grąbczewska, Z., Jendryczka-Mackiewicz, E. Circulating endothelial cells in coronary artery disease. *Kardiologia Polska.* — 2010. — Vol.68(10). — P. 1100–1105.
22. Мнихович, М. В. Оценка апоптоза при раке молочной железы по данным изучения полутонких срезов и электронной микроскопии. *Морфология.* — 2011. — Т. V, № 2. — С. 45–48.

© Миронов Алексей Валентинович (Mironov75av@gmail.com), Умаханова Мадина Мусаевна,

Торчинов Амирхан Михайлович, Богачева Наталья Сергеевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОРФОМЕТРИЯ ДЕСКВАМИРОВАННЫХ ЭНДОТЕЛИОЦИТОВ В ДИАГНОСТИКЕ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ У БЕРЕМЕННЫХ

MORPHOMETRY OF CIRCULATING ENDOTHELIAL CELLS IN THE DIAGNOSIS OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN PREGNANT WOMEN

**A. Mironov
M. Umakhanova
A. Gukockiy**

Summary. The study of the state of the endothelial system in pregnant women in the first trimester of pregnancy. Used classical markers of endothelial dysfunction, and also used a new parameter of the lesion endothelial function, obtained with the help of computer morfometria circulating endotheliocytes. The study demonstrated the informative value of a new marker of endothelial dysfunction in the diagnosis of vascular disorders in pregnant women.

Keywords: pregnancy, endothelium, morphometry.

Миронов Алексей Валентинович

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова (Москва)
Mironov75av@gmail.com

Умаханова Мадина Мусаевна

ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова (Москва)

Жукоцкий Александр Васильевич

ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова

Аннотация. Проведено исследование состояния эндотелиальной системы у беременных в I триместре беременности. Использованы классические маркеры дисфункции эндотелия, а также применен новый параметр поражения эндотелиальной системы, полученный с помощью компьютерной морфометрии циркулирующих десквамированных эндотелиоцитов. Проведенное исследование продемонстрировало информативность нового маркера эндотелиальной дисфункции в диагностике нарушений сосудистой системы у беременных.

Ключевые слова: беременность, эндотелий, морфометрия.

Актуальность

Важнейшей задачей современного акушерства является снижение акушерских осложнений, что неразрывно связано с процессами имплантации плодного яйца, этапами формирования хориона на ранних сроках беременности. Сосудистые нарушения являются одной из главных причин гестационных осложнений [1], понимание этих процессов поможет распознать многие механизмы материнской, перинатальной и детской заболеваемости. На современном этапе в исследованиях большое значение отводится эндотелию сосудов, как фактору, способному объединить основные механизмы гомеостаза в системе микроциркуляции фетоплацентарного комплекса [2]. Вопросы своевременного выявления нарушений адаптации и инициирования патологических механизмов, вызывающих дестабилизацию сосудистого статуса фетоплацентарной системы, являются решающими в профилактике акушерской и перинатальной патологии [3].

Пациенты и методы исследования

Нами осуществлено исследование эндотелиальной системы у беременной в I триместре. Проспективное исследование проводилось методом «случай-контроль».

Обследовано 180 женщин, у которых беременность была прервана: у 90 пациенток диагностирована неразвивающаяся беременность, у 90 женщин проведен медицинский аборт по желанию. Неразвивающаяся беременность является необратимым и конечным проявлением нарушений в маточно-плодовых отношениях, и участие в этом процессе эндотелиальной системы неоспоримо, что подтверждают множество исследований [3–5 и т.д.]. Выбор для нашего исследования данной нозологии позволил использовать критические изменения в сосудистой системе при несостоявшемся выкидыше в качестве информативной модели развития эндотелиальной дисфункции у беременных.

Все женщины находились на стационарном лечении в гинекологических отделениях ГБУЗ ГКБ № 13 ДЗ г. Москвы, где проводилось комплексное обследование. Помимо общеклинического обследования для выполнения поставленных задач в работе также использованы дополнительные лабораторные исследования:

1. Количественное определение С-реактивного белка высокочувствительным методом иммунотурбидиметрии с латексным усилением.
2. Количественное определение фактора фон Виллебранда методом непрямого твердофазного иммуноферментного анализа с использованием моноклональных антител.

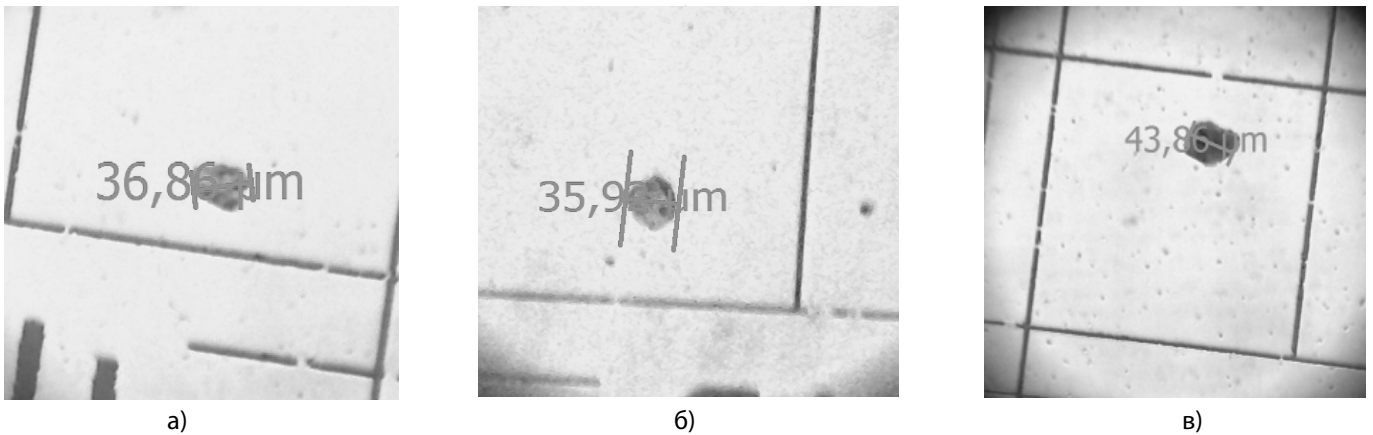


Рис. 1.(а, б, в) — Десквамированные эндотелиоциты периферической крови в камере Горяева. Морфоденситометрическое исследование в программе Leika Application Suite LAZ EZ Version 2.1.0. (2012). Окраска метиленовый синий. Увеличение 600х.

3. Количественное определение белка апоптоза p53 в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа.
4. Количественное определение альбумина в образцах мочи методом иммуноферментного анализа иммунотурбидиметрическим методом.

У всех беременных проведена цитологическая диагностика эндотелиальной дисфункции. Определение количества десквамированных эндотелиальных клеток (ДЭК) в периферической крови проводили по методике, разработанной J. Nladovec с соавт. в 1978 г. [6] в модификации (Овсяник Д. М. с соавт., 2014) [7]:

1. Пробирку с кровью центрифугируют при 1000 оборотов/мин 10 мин.
2. В пластиковую пробирку переносят 1 мл полученной плазмы и добавляют 0,1 мл 0,1% раствора АДФ.
3. Пробирку встряхивают в течение 10 минут при комнатной температуре, а затем центрифугируют при 2000 об/мин в течение 10 минут.
4. Из полученной надосадочной жидкости переносят 0,2 мл в пластиковую пробирку и добавляют 40 мкл 0,1% раствора метиленового синего. Через 5 минут проводят микроскопию полученного материала (600х) для выявления циркулирующих ДЭК (рисунок 1).
5. Подсчет циркулирующих эндотелиальных клеток проводят во всём объеме камеры Горяева (10 мкл), начиная с её верхнего левого угла. У одного пациента считают десять проб по 10 мкл плазмы (всего 100 мкл). Суммируют данные о количестве циркулирующих ДЭК во всех десяти пробах и устанавливают их общее количество, которое выражается в единицах на 100 мкл плазмы.

В проведенном исследовании мы усовершенствовали классический метод цитологической диагностики эн-

дототелиальной дисфункции с помощью компьютерной морфометрии циркулирующих ДЭК. Цитологические препараты исследовали с помощью микроскопа Leika DM 1000 с компьютерной видеоприставкой с использованием вычислительной системы обработки и анализа изображений Leika Application Suite LAZ EZ Version 2.1.0. (2012). Производилась фотофиксация десквамированного эндотелиоцита и определение его среднего эквивалентного диаметра (рис. 1)

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакетов прикладных программ Statistica 10 и SAS JMP 11 и Excel (Microsoft Office Excel 2003) Были определены средняя арифметическая величина (M), ошибка средней арифметической (m), отклонение варианты (v). Для сравнения параметрических величин, рассчитанных на основе полученных выборок, применялся классический t-тест Стьюдента. Сравнение непараметрических величин проводилось на основе критерия Манна-Уитни-Уилкинсона. Для описания количественных показателей использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате «M±S». Корреляционный анализ проводился на основе непараметрической ранговой корреляции по Спирмену. Статистическая значимость фиксировалась на уровне вероятности ошибки p<0,05.

Результаты и их обсуждение

Средний возраст беременных основной группы составил 30,94±2,6 лет, в контрольной группе 31,36±2,1 лет. По антропометрическим показателям сравниваемые группы были статистически сопоставимы. Следует отметить, что в основной группе чаще встречались беременные с ожирением II степени (6 человек, 6,7%). В контрольной группе ожирение II степени выявлено только у 3 беременных (3,3%). Малоактивный образ жизни

(гиподинамия — ограничение двигательной активности, обусловленное особенностями образа жизни и профессиональной деятельности) в основной группе встречался у 47 женщин (51,1%), в контрольной группе гиподинамия выявлена только у 4 человек (4,4%), что явилось достоверным отличием в исследуемых группах ($p < 0,001$; $t = 8,6$). При исследовании вредных привычек следует выделить никотиновую зависимость. В контрольной группе этот показатель составил 41,1% (37 чел.), в основной группе курили 14,4% беременных (13 чел.) ($p < 0,001$; $t = 4,26$). При заболеваниях, сопряженных с поражением сосудов, эндотелий представляет орган-мишень. Курение, ожирение и гиподинамия являются важными патогенетическими факторами развития эндотелиальной дисфункции, и выявленные различия актуальны в свете проводимого исследования. Статистически значимых отличий при исследовании соматических заболеваний в исследуемых группах выявлено не было. Гипертоническая болезнь и сахарный диабет были критериями исключения в дизайне исследования, так как являются самостоятельными предикторами развития эндотелиальной дисфункции.

При исследовании акушерского анамнеза обнаружены достоверно более высокие показатели невынашивания в основной группе, что объяснимо с учетом критериев включения в исследуемых группах. Невынашивание в анамнезе встречалось у 23 женщин (25,6%) основной группе, у 6 беременных диагностировано привычное невынашивание. В контрольной группе прерывание беременности в анамнезе выявлено у 9 беременных (10%) ($p < 0,05$; $t = 2,9$), привычного невынашивания в контрольной группе выявлено не было. При исследовании гинекологической патологии следует выделить дисфункциональные маточные кровотечения, которые диагностировались до настоящей беременности у 9 пациенток основной группы (10%), и у 1 пациентки контрольной группы (1,1%) ($p < 0,05$; $t = 2,66$). По остальным параметрам гинекологической патологии исследуемый контингент был статистически сопоставим.

У всех беременных проведена оценка состояния эндотелиальной системы. Одним из классических методов диагностики дисфункции эндотелия является определение количества циркулирующих десквамированных эндотелиальных клеток в периферической крови [6]. Десквамированные эндотелиоциты — это клетки, которые отделяются от стенки кровеносного сосуда в процессе его повреждения [8] и потому могут выступать прямым клеточным маркером поражения эндотелиальной системы [9]. Продолжительность нахождения циркулирующих ДЭК в крови составляет около 24–42 часов, в течение которых происходит их захват и разрушение макрофагами печени, лёгких и селезёнки [10]. В то же время, многими авторами показано увеличение количества этих клеток

при различных патологических состояниях, включающих инфекционные заболевания, иммунно-опосредованные васкулиты, злокачественные новообразования и широкий спектр сердечно-сосудистых заболеваний [8]. Метод подсчета количества циркулирующих ДЭК, разработанный J. Hladovec с соавт. (1978), основан на визуальной количественной оценке десквамированных клеток путем световой микроскопии [6]. По способу, предложенному авторами, эндотелиальную дисфункцию диагностируют при значении показателя, превышающем $2,77 \times 10^5$ в 1 л плазмы. По данным В.С. Савельева (2010) количество циркулирующих эндотелиоцитов в плазме крови в норме составляет от 2 до 4 ед/ 100 мкл [11]. П.Е. Асташев (2011) предложил выделять степени эндотелиальной дисфункции по количеству десквамированных эндотелиальных клеток [12]. При значениях количества ДЭК от 6 до 10 клеток степень повреждения стенок сосудов расценивали как легкую, от 11 до 25 — среднюю, а от 26 и выше — как выраженную. В нашем исследовании при сравнении показателей среднего количества ДЭК в исследуемых группах получено статистически достоверное повышение более чем в 2 раза в группе беременных с несостоявшимся выкидышем: $12,6 \pm 5,89 \times 10^4$ кл/100мл в основной группе и $5,5 \pm 2,12 \times 10^4$ кл/100мл — в контрольной группе ($p < 0,0001$).

Также нами проведена оценка состояния эндотелиальной системы у беременных с помощью морфометрического исследования ДЭК, позволяющего оптимизировать диагностику эндотелиальной дисфункции с позиций доступности и малоинвазивности метода, основанного на анализе изучаемой патологии на клеточном уровне.

В научной литературе использование морфометрического метода в исследовании циркулирующих ДЭК имеет отражение лишь в единичных работах. Как известно, апоптоз является одним из основных механизмов повреждения эндотелиоцитов [9]. Наиболее доступным и простым методом выявления апоптотических клеток и изучения их морфологических особенностей служит световая микроскопия цитологических препаратов [13]. В.И. Козловский и соавт. (2008) исследовали морфологию циркулирующих ДЭК с помощью световой микроскопии [10]. В работе показано увеличение количества клеток с признаками апоптоза у больных с артериальной гипертензией. В литературе упоминается методика проточной цитометрии десквамированных эндотелиоцитов, которая используется для определения количества «зрелых» ДЭК и исключения клеток, с измененной геометрией [9]. Методика проточной цитометрии, основана на регистрации сигналов светорассеяния и флюоресценции лазерного луча от каждой отдельно взятой клетки. В исследовании поврежденные клетки исключали из анализа, так как они дают слабое рассеивание.

Увеличение же в крови содержания «зрелых» ДЭК связывали с патологией в ответ на повреждение стенки сосуда [14]. В зарубежной литературе мы нашли ссылку на метод сортировки циркулирующих ДЭК, активированных флюоресценцией, и расчета соотношения между апоптозными клетками эндотелия (CD-146) и клетками-предшественниками (CD-34), как показатель степени поражения эндотелиальной системы [15].

Научных работ с детальным исследованием морфометрических параметров циркулирующих ДЭК периферической крови в доступной литературе нами найдено не было. Тем не менее, морфометрическое исследование циркулирующих эндотелиоцитов может являться перспективным направлением исследования дисфункции эндотелия. Изучение патогенеза эндотелиальной дисфункции позволяет рассматривать минимальные отклонения в структуре клеток как важные маркеры необратимых изменений в эндотелиальной системе, своевременная регистрация которых является важным шагом в профилактике и лечении сосудистой патологии.

При витальной компьютерной морфометрии ДЭК также получены достоверные отличия в исследуемых группах. Средний эквивалентный диаметр ДЭК в группе с физиологическим течением беременности составил $43,9 \pm 3,99$ мкм, что в 1,5 раза выше данного показателя группы с несостоявшимся выкидышем $29,5 \pm 9,40$ мкм ($p < 0,0001$). Основным механизмом поражения эндотелиоцитов является апоптоз, в процессе которого геометрическая форма клетки изменяется, проходя стадии конденсации и дробления ядра, фрагментации (блеббинга) и формирования апоптозных телец. Таким образом, морфометрия клеток позволяет дать дополнительную характеристику степени повреждения эндотелиоцитов, а именно — определить активность апоптоза в изучаемой ткани.

В исследуемых группах проведена диагностика классических биохимических маркеров поражения эндотелиальной системы. В работе использовались те показатели, которые доступны в повседневной практике и объективно отражают нарушения эндотелиальной системы при рассматриваемой патологии. Данный этап исследования был необходим для оценки достоверности разработанного морфометрического показателя эндотелиальной дисфункции и определения корреляции между изучаемыми маркерами поражения эндотелиальной системы.

По данным литературы, у большинства женщин с ранними репродуктивными потерями обнаруживается изменение концентрации биохимических маркеров эндотелиальной дисфункции: снижение уровней оксида азота в два-три раза, Е-селектина — в полтора раза

и увеличение эндотелина-1 в пять раз [16], отмечается повышение экспрессии сосудистого эндотелиального фактора роста (СЭФР), ФНО- α [17]. Сопровождающие самопроизвольный выкидыш локальные кровоизлияния в хорионе в I триместре беременности, обуславливают накопление тромбина, увеличивающего экспрессию в децидуальных клетках трофобласта рецепторов для сосудистого и плацентарного факторов роста [18]. При угрозе прерывания беременности у женщин с урогенитальной инфекцией отмечается увеличение экспрессии молекул адгезии, усилении продукции провоспалительных цитокинов IL-1, IL-6, TNF- α и т.п., что инициирует процессы апоптоза и отражается в увеличении клеток с супрессорно-цитотоксической активностью, повышении маркеров апоптоза CD95 и AnnexinV [19].

Для изучения эндотелиальной дисфункции в исследуемых группах мы использовали определение концентрации С-реактивного белка в сыворотке крови, фактора фон Виллебранда в сыворотке крови, а также определение микроальбуминурии. Кроме того, мы изучили концентрацию в сыворотке крови белка p53 — маркера апоптоза, что позволило проанализировать механизм поражения эндотелиоцитов в свете проводимого исследования.

Средний показатель С-реактивного белка в нашем исследовании составил $3,3 \pm 2,12$ мг/мл в основной группе, и $1,8 \pm 0,84$ мг/мл — у беременных контрольной группы ($p = 0,0056$). Средний показатель фактора фон Виллебранда также превышал в основной группе соответствующий результат контрольной группы: $120,0 \pm 20,18\%$ в группе с неразвивающейся беременностью, и $101,6 \pm 9,47\%$ — в контрольной группе ($p = 0,0005$). Показатель микроальбуминурии был почти в 2 раза выше в основной группе: в группе с несостоявшимся выкидышем этот показатель составил $0,02 \pm 0,011$ мкг/мл, и $0,01 \pm 0,006$ мкг/мл — в контрольной группе ($p = 0,0003$). Маркер апоптоза белок p53 сыворотки крови в основной группе составил $0,01 \pm 0,011$ Ед/мл, и $0,003 \pm 0,013$ Ед/мл в контрольной группе ($p = 0,0009$).

Полученные данные продемонстрировали статистически достоверное отличие изученных параметров в сравниваемых группах беременных, что подтверждает информативность выбранных показателей в качестве достоверных биохимических маркеров поражения сосудистой системы у женщины в I триместре беременности.

Для подтверждения правильности используемой гипотезы о достоверности нового морфоцитометрического параметра поражения эндотелиальной системы были изучены корреляционные отношения между новым параметром — среднего диаметра ДЭК (СДДЭК) и классическими маркерами эндотелиальной дисфунк-

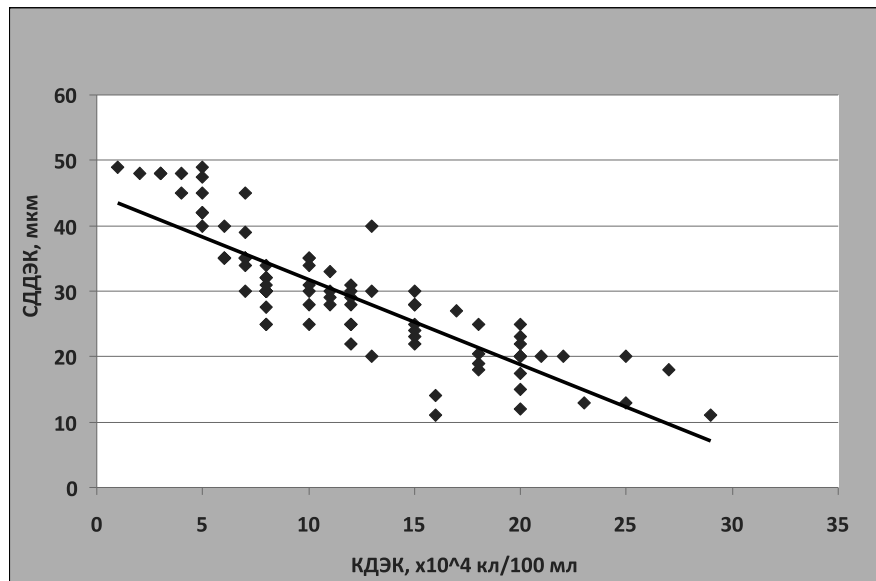


Рис. 6. Диаграмма линейной корреляции среднего эквивалентного диаметра ДЭК (СДДЭК) и среднего количества ДЭК (КДЭК).

ции, включенными в наше исследование. В литературных источниках встречаются работы по определению прогностической ценности цитологической диагностики эндотелиальной дисфункции. По данным S.K. Nadar (2005), количество ДЭК в сыворотке крови коррелировало с уровнем фактора фон Виллебранда ($r=0,35$; $p=0,001$), растворимого Е-селектина ($r=0,43$; $p<0,001$), являющимися плазменными маркерами эндотелиальной дисфункции [20]. В другом исследовании установлено увеличение числа циркулирующих ДЭК и содержания биохимического маркера воспаления С-реактивного протеина у больных с инфарктом миокарда по сравнению со здоровыми. Эти показатели коррелировали между собой ($r=0,5$; $p=0,001$) [21]. L. X. Yang и соавт. у пациентов с ИБС обнаружили значимую корреляцию числа циркулирующих ДЭК и уровня малонового диальдегида ($r=0,8$) в зависимости от тяжести заболевания и проведения терапии. Выявленное соотношение показателей позволяло судить о тяжести и прогнозе ИБС [22]. У больных с застойной сердечной недостаточностью A. Y. Chong и соавт. (2004) обнаружили обратную зависимость между эндотелий-зависимой вазодилатацией и числом циркулирующих ДЭК ($p=0,002$), а также положительной — между количеством ДЭК и фактором фон Виллебранда ($p=0,032$) [23]. Детального исследования диагностической значимости морфометрических параметров циркулирующих ДЭК в доступной литературе нами найдено не было.

Мы определили вероятностные связи между традиционным цитометрическим параметром эндотелиальной системы — количеством ДЭК, определенным по ме-

тодике J. Hladovec (1978), и средним эквивалентным диаметром циркулирующих ДЭК. Расчет коэффициента Спирмана показал высокий уровень корреляции между исследуемыми показателями. Анализ продемонстрировал обратную зависимость количества десквамированных эндотелиоцитов и их среднего диаметра: с количеством ДЭК эквивалентный диаметр ДЭК коррелирует сильно и отрицательно ($r_s = -0,95$). То есть, увеличение количества ДЭК в периферической крови сопровождалось уменьшением их среднего эквивалентного диаметра (рис. 3).

Были изучены вероятностные связи между СДДЭК и биохимическими маркерами эндотелиальной дисфункции. Показатель высокочувствительного С-реактивного белка в сыворотке крови продемонстрировал сильную отрицательную корреляционную связь со средним эквивалентным диаметром ДЭК и составил $r_s = -0,91$. Коэффициент корреляции микроальбуминурии и среднего диаметра ДЭК также показал удовлетворительный результат минус 0,72. Коэффициент корреляции фактора фон Виллебранда и среднего эквивалентного диаметра ДЭК составил минус 0,69.

Результаты корреляционного анализа среднего эквивалентного диаметра ДЭК со всеми рассмотренными параметрами поражения эндотелиальной системы у беременной показывают, что 80% связей оказались сильными (более 0,70 по абсолютной величине) и 20% связей оказались умеренными (более 0,30, но менее 0,71 по абсолютной величине); из них 40% являются прямыми (положительными) и 60% — обратными (отрицательными).

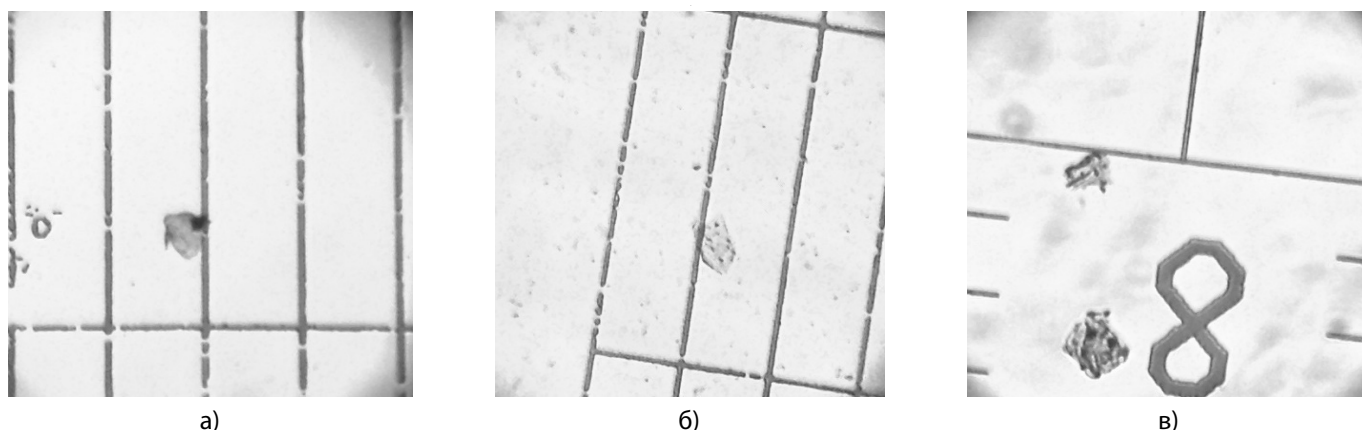


Рис. 2 (а, б, в). Десквамированные эндотелиоциты в камере Горяева. Окраска метиленовый синий. Стрелками указаны скопления конденсированного хроматина. Увеличение 600х.

Таким образом, в итоге проведенного исследования предложен новый маркер эндотелиальной дисфункции — средний эквивалентный диаметр ДЭК — морфометрический параметр, прогностическая эффективность которого обоснована участием апоптоза в патогенезе поражения эндотелиальной системы. Проведенный корреляционный анализ актуализирует новый морфометрический параметр наряду с традиционными маркерами эндотелиальной дисфункции, а также позволяет применять его как ранний прогностический тест сосудистых нарушений в фетоплацентарной системе, совершенствуя наши представления о роли эндотелиальной дисфункции в патогенезе нарушений гестации.

Полученные результаты продемонстрировали достоверность отличий выбранных нами параметров ДЭК, что дефинирует актуальность морфометрического исследования десквамированных эндотелиоцитов периферической крови с целью определения нарушений эндотелиальной системы у беременных. Следует отметить, что при морфоденситометрии окрашенных препаратов ДЭК нами были зафиксированы изменения ядер клеток: фрагментацию, маргинацию и компактизацию хроматина с формированием хроматометров, что подтверждает участие апоптоза в патогенезе изучаемой патологии и открывает перспективы исследования эндотелиальной дисфункции на молекулярном уровне.

Заключение

Задачи раннего выявления дезадаптации биологических объектов и инициирования патологических процессов остаются на сегодняшний день актуальными в современной медицине. Создание новых технологий диагностики патологии фетоплацентарного комплекса, совершенствование методов раннего обнаружения нарушений сосудистого гомеостаза представляют важ-

нейшую задачу в акушерстве. Витальная компьютерная морфометрия десквамированных эндотелиоцитов у беременных имеет равную эффективность с такими классическими методами диагностики эндотелиальной дисфункции, как исследование биохимических маркеров поражения эндотелиальной системы (фактор фон Виллебранда, С-реактивный белок, микроальбуминурия), а также подсчет циркулирующих ДЭК в периферической крови. Разработанный морфометрический анализ поражения эндотелиальной системы основан на принципиально новом объекте исследования, относящемуся к разделу эксфолиантной цитологии — десквамированным эндотелиоцитами периферической крови. Десквамация эндотелиальных клеток — маркер необратимых изменений в эндотелии, и метод, позволяющий определить степень этих изменений, может являться объективным критерием поражения эндотелиальной системы. Современные технологии направлены на повышение точности измерений, объективизацию получаемых результатов, что определяет комплексный подход в решении поставленных дифференциально-диагностических задач. Используемая технология основана на изучении морфогенеза сосудистой системы, а точнее на активности апоптоза эндотелиоцитов, что определяет новый вектор диагностического поиска биомаркеров поражения эндотелиальной системы. Знание патогенетических особенностей изучаемой нозологии позволяет совершенствовать диагностические подходы в данной области. Разработанная технология витальной компьютерной морфометрии десквамированных эндотелиоцитов может быть использована в практической медицине в качестве дополнительного, малоинвазивного и быстро выполнимого метода прогнозирования сосудистой патологии. Создание новой пренатальной диагностики нарушений фетоплацентарного комплекса является перспективным направлением снижения материнской, перинатальной и детской заболеваемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорова, И.С., Никитина, Н. А. Особенности патогенеза эндотелиоза при преэклампсии // Акушерство и гинекология — 2015. — № 1 — С. 72–78.
2. Бицадзе, В. О. Тромбофилия как важнейшее звено патогенеза осложненной беременности / В. О. Бицадзе, А. Д. Макацария, Д. Х. Хизроева и др. // Практическая медицина. — 2012. — 5(60). С. 22–9.
3. Моисеева, И.В., Мансур-Хассан, С. Х. Функциональные показатели эндотелия в динамике физиологической беременности у женщин (по данным реактивной пробы плечевой артерии) // Аспирантский вестник Поволжья. — 2015. — № 3–4. — С. 78–82.
4. Ордиянц, И. М. Цитоморфометрическое прогнозирование невынашивания ранней беременности / И. М. Ордиянц, Д. А. Макаева, Д. Олузола и др. // Журн. Мать и Дитя в Кубассе. — 2012. — № 1. — С. 83–87.
5. Banek, C.T., Bauer, A.J., Gingery, A., Gilbert, J.S. // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. — 2012. — Vol. 303, N6. — P. 658–664.
6. Hladovec, J. Circulating endothelial cells in acute myocardial infarction and angina pectoris / J. Hladovec, I. Prerovsky, V. Stanek et al. // Klin. Wochenschr. — 1978. — 56(20). — P. 1033–1036.
7. Овсяник, Д. М. Диагностика ранних признаков инфицирования панкреонекроза. Медицинские новости. — 2014. — № 10. — С. 60–66.
8. Li, C., Chen, R., Deng, C. An effective treatment for penile strangulation. Molecular Medicine Reports. — 2013. — 8(1). — P. 201–204.
9. Феоктистова, В. С. Новый подход к оценке дисфункции эндотелия: определение количества циркулирующих эндотелиальных клеток методом проточной цитометрии / В. С. Феоктистова, Т. В. Вавилова, О. В. Сироткина и др. // Клиническая лабораторная диагностика. — 2015 — Т. 60, № 4. — С. 23–27.
10. Козловский, В. И. Методы определения числа циркулирующих в крови эндотелиоцитов (методические рекомендации) / В. И. Козловский, А. П. Солодков, О. Д. Мяделец и др. — Издание Витебского государственного медицинского университета, 2008. — 29 с.
11. Савельев, В. С. Перитонит и эндотоксинавая агрессия / В. С. Савельев, В. А. Петухов. — М., 2012. — 326 с.
12. Асташев, П.Е., Гудымович, В. Г. Маркеры эндотелиальной дисфункции как прогностический признак течения внутрисердечного инфекционного процесса // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. — 2011. — Т. 6. — № 3. — С. 3–8.
13. Мнихович М. В. Оценка апоптоза при раке молочной железы по данным изучения полутонких срезов и электронной микроскопии // Морфология. — 2011. — Т. V, № 2. — С. 45–48.
14. Mancuso, P. Validation of a standardized method for enumerating circulating endothelial cells and progenitors: flow cytometry and molecular and ultrastructural analyses / P. Mancuso, P. Antonioti, J. Quarna et al. // Clin. Cancer Res. — 2009. — № 5(1). — P. 267–73.
15. Woywodt, A. Circulating endothelial cells: life, death, detachment and repair of the endothelial cell layer / A. Woywodt, F. H. Balhmann, K. Groot et al. // Nephrol Dial Transplant. — 2002. — 17. P. 1728–1730.
16. Ордиянц, И. М. Цитоморфометрическое прогнозирование невынашивания ранней беременности / И. М. Ордиянц, Д. А. Макаева, Д. Олузола и др. // Журн. Мать и Дитя в Кубассе. — 2012. — № 1. — С. 83–87.
17. Эльжорукаева, Ж. А. Терапия угрозы прерывания беременности утроежестаном: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. наук / Ростовский НИИ акушерства и педиатрии, 2006. — 21 с.
18. Дивакова, Т.С., Фомина, М. П. Особенности влияния дигидрогестерона и ацетилсалициловой кислоты на плацентарный ангиогенез при осложненной беременности // Медицинские новости. — 2014. — № 2. — С. 67–72.
19. Левкович, М. А. Роль иммунологических факторов в прогнозировании исхода беременности при урогенитальной инфекции // Медицинская иммунология. — 2004. — Т. 6, № 3–5. — С. 382.
20. Nadar, S.K., Lip, G.Y., Lee, K.W. // Thromb. Haemost. — 2005. — Vol. 94, № 4. — P. 707–712.
21. Wang, C., Li, H., Fu, P. Clin. Hemorheol. Microcirc. — 2005. — Vol. 32, № 4. — P. 287–296.
22. Yang, L.X., Zhu, S.J. // Zhonghua Nei Ke Za Zhi. — 1993. — Vol. 32, № 12. — P. 816–818.
23. Chong, A.Y., Blann, A.D., Patel, J. // Circulation. — 2004. — Vol. 110. — P. 1794–1798.

© Миронов Алексей Валентинович (Mironov75av@gmail.com), Умаханова Мадина Мусаевна, Жукоцкий Александр Васильевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЧЕК

Сабирова Венера Шакировна

Башкирский государственный медицинский
университет, г. Уфа
Sabirova_vsh@list.ruRADIATIVE DIAGNOSTICS
OF KIDNEY DISEASES

V. Sabirova

Summary. Diagnosis of kidney disease in the last 10–15 years has undergone significant changes, which is mainly due to the progress of methods of radiation diagnosis. In the vast majority of cases, the disease is detected by accident at the stage of its development, when clinical manifestations are not yet or they are minimal. The tendency to increase the number of detected asymptomatic tumors of the kidney is clearly seen in time. In the article the analysis of modern methods of radiation diagnosis of kidney diseases. Considered the features of the use of different methods for the verification of benign and malignant neoplasms of the kidney.

Keywords: kidney disease, kidney cancer, kidney tumors, methods, radiation diagnosis, surgical treatment.

Аннотация. Диагностика заболеваний почек в последние 10–15 лет претерпела существенные изменения, что связано главным образом с прогрессом методов лучевой диагностики. В подавляющем большинстве наблюдений заболевание выявляется случайно на той стадии своего развития, когда клинических проявлений еще нет или они минимальны. Тенденция к увеличению количества выявляемых бессимптомных опухолей почки отчетливо прослеживается во времени. В статье дан анализ современных методов лучевой диагностики заболеваний почек. Рассмотрены особенности применения различных методов для верификации доброкачественных и злокачественных новообразований почки.

Ключевые слова: заболевание почек, рак почки, опухоли почек, методы, лучевая диагностика, хирургическое лечение.

Введение

На сегодняшний день во всем мире более 500 миллионов человек, или в среднем каждый десятый взрослый житель нашей планеты, живут с различными заболеваниями почек, часто влекущие к инвалидности. В России таких пациентов — более 15 миллионов, и 60% из них составляют люди молодого возраста, притом ежегодно сотни тысяч людей умирают преждевременно от осложнений. Злокачественное образование почки занимает 2–3% всех новообразований. В России ежегодно от рака почки умирает 8000 человек или 2,8% в структуре общей онкологической смертности. Наиболее часто встречается почечно-клеточный рак — 28,61% от всех злокачественных образований почек. Уровень заболеваемости напрямую зависит от качества ранней

диагностики при помощи ультразвукового исследования (УЗИ) и компьютерной томографии (КТ). Так в 25–40% случаев данное заболевание выявляется во время профилактических медицинских осмотров. Предшественником рака почки является киста, которую можно определить при проведении планового УЗИ [4, с. 42].

Анализ и обсуждение

Для определения злокачественности кисты почек на сегодняшний день используют принятую в 1986 году классификацию Босняк, которая включают в себя 4 вида малигнизации:

Босняк-1. При диагностическом исследовании выявляют однокамерную простую кисту, жидкой кон-

систенции и имеет тонкостенную перегородку. Без накопления соли, контрастного вещества и кальцификата. Этот вид встречается довольно часто и не имеет опасности. Первый вид особых лечений не требует, но нужно наблюдение врача; Босняк –2. Ко второму виду относят образования доброкачественного характера с утолщенной стенкой, а также имеется несколько перегородок располагающиеся на тонкой основе. Изменения, происходящие в них менее заметны. Однако к этому виду относят плотные образования с четкими границами доходящих до 3 см. Второй тип отличается от первого тем, что в перегородке и внутри капсулы накапливается кальций. Лечить не нужно, так как не происходит перехода в злокачественную форму. Но важно периодически обследоваться; Босняк –2Ф.К этому типу относят кисты, которые считаются злокачественными, но при этом они также обладают доброкачественными свойствами. Имеют множественные перегородки с тонкими стенками, накапливающий кальций, но без накопления контраста. Однородные плотные образования, размеры которых больше 3 см также относят к этому типу. Однако можно обойтись без хирургического лечения, но обследования обязательно; Босняк –3. Образования которые относят к данной категории находятся под большим сомнениями. Риск перехода доброкачественного характера в злокачественное очень высокое. Наблюдается неравномерное утолщение стенки и выявляют участки с накоплением кальция и контраста. В эту группу входят как злокачественные, так и доброкачественные образования которые невозможно отнести к другим группам по различным причинам. Есть большой риск развития онкологии, для этого необходимо производить оперативное лечение; Босняк-4. Присутствуют все признаки злокачественности. К ним относятся: накопления контраста, утолщение стенок множественных перегородок, кальцевые отложение в виде узелков, полость с жидкостью. Эти свойства свидетельствует о кистозном раке. Для предотвращения метастазирования нужно немедленно произвести операцию. Кистозные заболевания почек рано или поздно приобретают злокачественный характер [9, с. 693].

Рак почки — это злокачественное новообразование, которое возникает из клеток самой почки. По морфологическому строению различают 5 типов рака почки: папиллярный (хромофильный) — 9–15%, онкоцитарный-3%, хромофобный — 5–7%, опухоль собирательных протоков-2%, светлоклеточный-80%.

По течению рака почек выделяют 4 стадии. Стадия 1- опухоль размером до 7 см, метастазы отсутствуют, клетки рака размещены только в ткани почки. Вероятность восстановления здоровья при данной стадии 85%. Стадия 2 -размер опухоли больше 7см, но не выходит за пределы

почки. Стадия 3 -наблюдается метастазы в регионарных лимфатических узлах, а также затрагивает полую или почечную вену. Стадия 4 — происходит прорастание опухоли в соседние органы и ткани.

Важное в диагностики опухоли — это правильный выбор метода, который должен обладать высокой информативностью. Одним из более достоверным в диагностики почечных заболеваниях является гистологический метод, который позволяет дифференцировать опухоль от кисты. Различают несколько видов биопсии: чрез-кожную, открытую, транс-яремная биопсия и уретроскопия с биопсией. Среди этих видов самый подходящий для диагностики опухоли почек — это чрез-кожная биопсия. Используют как толсто-игольный, так и аспирационный вариант биопсии, для определения природы новообразования. Техника выполнения: процесс нужно проводить под контролем компьютерной томографии, рентгеном, ультразвуком или магнитной резонансной томографии. На коже в области почек делается небольшой надрез, куда вставляется тонкая игла. Пациента просят сделать глубокий вдох и должен задержать дыхания на сорок или сорок пять секунд. При проникновении иглы через кожу чувствуется давление, а при отборе образца слышится щелчок. Звук производится прибором которой служит для забора ткани и введение иглы [5, с. 17]. Для получения необходимой количества материала, проводят несколько проколов. После окончания процесса, выводят иглу и ставят повязку на место прокола. Не смотря на информативность метода, есть и недостатки, к которым относятся такие тяжелые осложнения как: кровотечение, инфицирования, пневмоторакс в результате попадания воздуха в плевральную полость и воспаления гнойного характера. Поэтому перед назначением биопсии нужно проводить тщательные не инвазивные обследования, которые представлены ниже.

Наиболее часто используемым методом считается УЗИ. Этот метод можно считать, как первичным методом выявления новообразования в почке. С помощью УЗИ можно выявить 90% опухоли почек, которые протекают бессимптомно. Но УЗИ может обнаружить опухоли, размеры которых не меньше трех сантиметров. Отличительной особенностью УЗИ является дифференцировка опухолей с кистоматозными образованиями.

Признаки опухоли на УЗИ: Неравномерное утолщение стенки почек. Для определения типа васкуляризации узла опухоли используют цветное доплеровское картирование (ЦДК).

Также обязательно нужно провести УЗИ сосудов почек и нижней полой вены. Для более точной визуализа-

ции применяют дополнительные методы (ангиографию, магнитно-резонансную томографию, компьютерную томографию). С помощью метода УЗИ проводят тонкоигольную аспирационную биопсию [3, с. 127].

Ангиография почки незаменимый метод в диагностике опухоли, благодаря почечной ангиографии можно определить объём происходящего процесса в почке, а также различить опухоль от кисты. Метод определяет опухоли малых размеров, которые находятся в корковом слое почки и без изменения в чашечно-лоханочной системе. Проводится исследование почечных вен и нижней полой вены на отсутствие или присутствие опухолевых тромбов в просвете сосудов. Выявляется наличие метастазов в соседние органы. Обзорная аортография предоставляет информацию о почечных артериях и всех источниках кровоснабжающие опухоль. При обнаружении добавочных артерий, которые кровоснабжают опухоль, в начале операции планируется их лигирование. Обязательно нужно тщательно исследовать сосуды противоположной почки, а тем более у тех пациентов, у которых наблюдаются сопутствующие заболевания.

Метод, позволяющий оценить выделение вещества по моче выделяющей системе, называется экскреторная урография, его проводят с помощью рентген-контрастного вещества, которое вводится внутривенно. После введения контрастного вещества делают несколько рентген снимков мочевых путей и почек. Метод позволяет оценить выделение вещества по моче выделяющей системе (почки, мочеточники, мочевой пузырь). Экскреторная урография при раке почек предоставляет информацию о нарушениях контура почек, наличие кальцификата, увеличение размеров, а также о деформации чашечно-лоханочной системы [7, с. 2291].

К широко распространенным методам диагностики относят КТ, его точность достигает до 95%. Возможности метода достигают выявлением опухоли менее 1,5 см, с ограничением до 0,5–1 см. Томограф способен дифференцировать сосудистую архитектуру, кистозные образования, кальцинаты и мягкотканые образования. Во время диагностики можно отличить ангиолипому от карциномы, благодаря визуализации жировых включений, а также позволяет оценить протяженность опухолевого тромба. Процедура может проводиться без и с применением контрастного препарата.

Выявляются метастазы чашечно-лоханочной системы, а также метастазирование в соседние органы. Маленькие узлы зачастую не видны на КТ без контраста и проявляют себя только некоторым выбуханием контура органа — они часто пропускаются при беглом просмотре изображений.

КТ с Контрастированием определяет топографическое положение опухоли к паренхиме или к чашечно-лоханочной системе.

Внедряется методика с динамическим контрастным усилением, которая определяет тип почечной карциномы. Рак почки можно определить, как узел с неровными контурами с участками распада и неоднородной областью некроза, в структуре могут содержаться мягкотканые и жидкостные компоненты. В структуре узла могут визуализироваться обызвествления и кровоизлияния. Размеры узла могут быть разными — от нескольких мм до 10 и более см [8, с. 32].

Однако, лучевая нагрузка при обследовании больного, в среднем 3–6 м³в, что превышает дозу излучения при рентгенографии. В связи с этим радиоактивная нагрузка на детей и женщин детородного возраста должно быть минимизирована. Контрастные вещества, вводимые при обследовании, могут вызывать аллергические и нефротоксические реакции. В таких случаях метод КТ заменяется методами без лучевой нагрузки.

Магнитно-резонансная томография является высокоинформативным методом визуализации томографических изображений без лучевой нагрузки, в трех перпендикулярных плоскостях, способный обнаружить кисты и опухоли диаметром менее 1 см.

Преимуществом МРТ, по отношению к КТ является распознавание псевдокапсулы у средне- и высокодифференцированных почечных карцином с размер не более 4 см. Что способствует более быстрой диагностики Т- и N-стадии рака почки.

Так же МРТ в 98% позволяет четко дифференцировать опухолевый и кровяной тромб при инвазии рака почки в почечную или нижнюю полую вену, заменяя венокавографию [2, с. 112].

МРТ с многофазным динамическим контрастированием оценивает кровоснабжение, способно отличить жиросодержащие опухоли почки, такие как липома, ангиом полипом а и фибросаркома, от почечной карциномы, в связи с подавлением импульсов от жировой клетчатки.

Противопоказаниями к проведению МРТ-исследования являются наличие у больного водителей сердечного ритма, металлических предметов (имплантатов и протезов), несостоятельность удерживать тело в неподвижном состоянии и вес более 150 кг.

В тех случаях, когда МРТ противопоказано, возможно использование радиоизотопная диагностика. Она помога-

ет выявить нарушения функции почек в начальных стадиях болезни, когда иные способы еще малоинформативны.

Для определения качественных и количественных нарушений гемодинамики почек с оценкой их степени и характера производится ангиосцинтиграфия, которая при наличии опухоли позволяет увидеть гипervasкуляризованные участки паренхимы.

Показания к ангиосцинтиграфии: артериальная гипертензия, тромбоз, эмболия, стеноз почечных артерий, оценка перфузии почечного трансплантата.

Если происходит отторжение трансплантированной почки, то поступление РФП в начальной стадии замедляется, а далее - отсутствует. При окклюзии артерий на месте трансплантата визуализируется фотопеническая зона. Травматическое повреждение или разрыв ренальной «ножки» почечных артерий проявляется гипоперфузией, варьирующей от небольшого снижения до отсутствия кровоснабжения в ней [7, с. 52].

Особое место занимает динамическая сцинтиграфия, которая определяет функции и характер опухоли. Полученная в результате диагностики сцинтиграмма является дополнением к лабораторному биохимическому анализу, а также к анализу на креатинин и рентгенологическую диагностику.

Для проведения статической сцинтиграфии почек используются $^{99\text{Tc}}\text{-DMCA}$ и $^{99\text{Tc}}\text{-глюкогептонат}$. Используемый РФП вводят внутривенно в дозе 100–200 мБк и через 1 ч после инъекции получают статические изображения почек в задней и боковых проекциях.

Новым способом радионуклидного исследования является эмиссионная томография, она позволяет изучать нарушения физиологических, биохимических и транспортных процессов. Что крайне важно для ранней диагностики патологических состояний и дает более точную информацию в сравнении с сцинтиграфией, которая, как и при обычной сцинтиграфии производит регистрацию гамма-излучения, но сбор информации осуществляют с помощью многих детекторов, которые расположены вокруг или вращаются по кругу пациента.

Однофотонная эмиссионная компьютерная визуализация основана на регистрации излучения, которое находится внутри пациента. Во время исследования в организм пациента внутривенно вводится препарат, который поглощается функционирующей паренхимой почек и сразу же начинает выводиться через них, что позволяет оценить объём нормальной сохранившейся паренхимы почки и ее скорость кровотока, особенно важно для диагностики гипертонической болезни почечного генеза,

а так даёт возможность визуализировать форму и размеры почек. В ходе обследования исследуется клиренс почек, их функции при пиело- и гломерулонефритах, что крайне необходимо учитывать при гипертонической болезни, кистоматозных образованиях и трансплантациях почек [10, с. 521]. Поэтому нефросцинтиграфия незаменима при опухолях, оценке количества сохранившейся паренхимы, метастазировании при поликистозном раке. Особенностью нефросцинтиграфии является то, что это единственная методика, позволяющая отличить сморщенную почку от карликовой (гипоплазированной).

К уникальной методике ядерной медицины, которая позволяет врачам на молекулярном и клеточном уровнях оценивать интенсивность обмена веществ в тканях организма относится позитронно-эмиссионная томография. Как известно, у опухолевых клеток обмен веществ значительно выше, чем у здоровых. Таким образом, ПЭТ позволяет выявлять опухоли на начальных стадиях их роста, оценивать их распространение и их ответ на то или иное лечение.

Главные задачи, которые решает ПЭТ/КТ с $^{18\text{F}}\text{-ФДГ}$: определение точной локализации, выявление злокачественной опухоли, дифференциальная диагностика и стадирование опухолевого процесса, а также оценка эффективности лечения. Противопоказания к ПЭТ и ПЭТ/КТ с $^{18\text{F}}\text{-ФДГ}$: беременность и лактация, уровень глюкозы в крови выше 11,0 ммоль/мл в день исследования. Анализ срезов проводится с помощью специально разработанной шкалы, включающей четыре уровня интенсивности: первый уровень, показывает накопление контрастного вещества расслабленными мышцами и мягкими тканями. Второй, накопление контраста печенью. Показатели этих двух уровней говорят о воспалительном процессе. Третий отражает уровень интенсивности содержания маркера от печени до головного мозга, что показывает о наличии хронического воспаления или онкологического образования. Четвертый уровень - накопление контраста головным мозгом, сигнализирующий о метастазах [1, с.28].

Преимущества позитронного сканирования: высокоточный метод, безболезненный, безвредный, не дает негативных последствий, одно исследование охватывает все тело человека, поэтому заменяет несколько диагностик других видов. Он позволяет исключить неэффективные методы лечения.

Заключение

Таким образом, можем сделать вывод о том, что радионуклидная диагностика считается высокоинформативным, прогрессивным методом в исследовании активной возможности почек, уродинамики верхних мочевых путей и анатомо-топографических индивидуальностей почек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетова Г.Д., Лукьянченко А. Б., Матвеев В. Б. Магнитно-резонансная томография в диагностике почечно-клеточного рака // Вестник онкологии. — 2007. — № 1. — С. 26–31.
2. Зубарев А.В., Гажонова В. Е., Зайцева Е. В. и др. Диагностические возможности магнитно-резонансной, ультразвуковой и рентгенографии при исследовании сосудов почек // Медицинская визуализация. — 2003. — № 1. — С. 106–119.
3. Лопаткин Н.А., Козлов В. П., Гришин М. А. Рак почки: нефрэктомия или резекция. 1992.
4. Матвеев В. Б. Клиника, диагностика и стадирование рака почки // Клиническая онкоурология; под ред. Б. П. Матвеева. — М.: Вердана, 2003. — С. 39–45
5. Петричко М.И., Миллер А.М, Глазун Л. О. Особенности клиники, диагностики и лечения опухолей почек в современных условиях // Дальневосточный мед. жури. — 2000. — № 4. — С. 14–18.
6. Belldegnm A, de Kernion J. B. Renal tumors. In: Campbell. 1998. 3 (76): 2283–2325.
7. Bosniak, M. A. The current radiological approach to renal cysts, 1986.
8. Halpern E. J. Contrast-enhanced ultrasound imaging of prostate cancer // Rev. Urol. — 2006. -Vol. 8, № 1. -P. 29–37.
9. Seaman E. Association of radionuclide bone scan and serum alkaline phosphatase in patients with metastatic renal cell carcinoma. Urology. 1996; (48): 692–695.
10. Significance of the 1997 // TNM staging system for pathologic classification of renal cell carcinoma. — J. Urol. — 1999. — Vol. 161, № 193. — P. 735.

© Сабирова Венера Шакировна (Sabirova_vsh@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Уфа

ИНГИБИТОРЫ АНГИОТЕНЗИНПРЕВРАЩАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА (ЭНАЛАПРИЛ), β -АДРЕНОБЛОКАТОРЫ (БИСОПРОЛОЛ, КАРВЕДИЛОЛ) И БЛОКАТОРЫ РЕЦЕПТОРОВ АНГИОТЕНЗИНА II (ИРБЕСАРТАН) В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Упницкий Александр Абрамович

К.м.н., профессор, ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова
upal2005@yandex.ru

ANGIOTENSIN-CONVERTING
ENZYME INHIBITORS (ENALAPRIL),
B-ADRENOBLOCKERS (BISOPROLOL,
CARVEDILOL) AND ANGIOTENSIN II
RECEPTOR BLOCKERS (IRBESARTAN)
IN THE TREATMENT OF CHRONIC
HEART FAILURE

A. Upnitskiy

Summary. Abstract Chronic heart failure (CHF) is currently an urgent problem in modern clinical practice, which is associated with a deterioration in the quality of life of patients and an increased risk of mortality due to the development of complications in the cardiovascular system. This fact explains the recommended integrated approach in the treatment of this pathology, among which paramount importance is given to angiotensin-converting enzyme inhibitors (ACE inhibitors) and β -adrenergic blockers. Angiotensin II receptor blockers (ARBs) are used in case of patient intolerance to an ACE inhibitor.

Keywords: chronic heart failure, quality of life, angiotensin-converting enzyme inhibitors, β -adrenergic blockers.

Аннотация. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) в настоящее время представляет собой актуальную проблему в современной клинической практике, что связано с ухудшением качества жизни пациентов и повышением риска смертности вследствие развития осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы. Данный факт объясняет рекомендуемый комплексный подход в терапии данной патологии, среди которого первостепенное значение уделяется ингибиторам ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ) и β -адреноблокаторам. Блокаторы рецепторов ангиотензина II (БРА) применяются в случае непереносимости пациентами иАПФ.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, качество жизни, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, β -адреноблокаторы.

Введение

По данным большинства исследователей, последние годы характеризуются увеличением числа пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью. Результаты Фремингемского исследования свидетельствуют о том, что в США количество больных, имеющих ХСН, составляет порядка 5 млн. человек с ежегодной тенденцией к увеличению на 400 тыс. человек. Первое российское эпидемиологическое исследование ЭПОХА продемонстрировало, что процент распространения данной патологии в европейской части Российской Федерации составляет около 12,3 [1,2].

Социальная значимость данного заболевания достаточно велика, что определяется неблагоприятным прогнозом в отношении продолжительности жизни и большими финансовыми затратами на лечение: Рочестерское

и Роттердамское эпидемиологические исследования доказали, что смертельный исход при ХСН любого функционального класса составляет 50% среди пациентов мужского пола и 46% — среди женского за 5 лет наблюдений [2,3,4].

Что касается экономических затрат, то по данным фармако-экономических исследований, проведенных в странах Европы и США, отмечено, что эта цифра составляет от 2 до 3% всего бюджета здравоохранения, превосходя затраты на лечение ишемической болезни сердца и всех онкологических заболеваний, вместе взятых.

Основным стратегическим направлением, влияющим на повышение эффективности терапии данной когорты пациентов, является улучшение качества их жизни (за счет уменьшения выраженности клинической

симптоматики и функциональных ограничений: положительная динамика параметров, полученных при проведении эхокардиографического исследования сердца (Эхо-КГ), и улучшение прогноза (снижение смертности от данной патологии и сопутствующих осложнений) [4,5].

Согласно рекомендациям по лечению пациентов с ХСН, использование в терапии β -адреноблокаторов способствует снижению риска смерти от развития сердечно-сосудистых осложнений; увеличению продолжительности жизни, уменьшению потребности в госпитализациях у больных, имеющих клинически выраженную сердечную недостаточность и сниженную фракцию выброса. Отмечено, что в клинической практике себя зарекомендовали карведилол, относящийся к категории неселективных β_1 - и β_2 -блокаторов с дополнительными свойствами α_1 -блокатора, и бисопролол (селективный β_1 -блокатор).

Данные двух плацебо-контролируемых исследований CIBIS и CIBIS II продемонстрировали, что применение бисопролола позволило снизить общую смертность больных с тяжелой ХСН на 29% [5].

По результатам работы А.Ю. Гуровой и соавт. (2012), бисопролол обладает большей доказательной базой эффективности по сравнению с другими представителями данного класса лекарственных препаратов, особенно у пациентов, имеющих сопутствующую бронхообструктивную патологию [6].

В рандомизированном открытом исследовании, выполненном зарубежными исследователями, при сравнении эффективности и безопасности бисопролола и карведилола у пациентов с ХСН на фоне патологии бронхолегочной системы было зафиксировано, что нежелательные явления со стороны органов дыхания реже регистрировались в группе бисопролола, но не в группе карведилола [7].

Результаты, полученные при проведении исследования СОМЕТ, демонстрируют, что карведилол обеспечивает высоко достоверное 17%-е улучшение выживаемости, что является свидетельством превосходства всесторонней β_1 -, β_2 - и α -блокады по сравнению с β_1 -селективной блокадой. Согласно данным, полученным в исследовании МОСНА, карведилол демонстрирует эффективность даже при его приеме в малых дозах (по 6,25 мг 2 раза в сутки). Это, возможно, объясняется тем, что при ХСН в миокарде возрастает доля бета-2-адренорецепторов (в норме соотношение бета-1/бета-2 составляет 80/20%, в то время как при ХСН оно равно 60/40%).

В исследовании CARMEN было установлено, что у пациентов с ХСН применение карведилола способствова-

ло обратному развитию ремоделирования левого желудочка; в SWEDIC — продемонстрировано значительное улучшение диастолической функции левого желудочка на фоне 6-месячной терапии карведилолом [1].

Работа S. Caromolla с соавт. (2000) свидетельствует о положительном влиянии терапии карведилолом у пациентов с дилатационной кардиомиопатией и тяжелой ХСН, заключающемся в увеличении фракции выброса левого желудочка, времени раннего диастолического наполнения, снижении индекса конечного систолического объема и уменьшении степени митральной регургитации. Данные изменения являются предиктором восстановления диастолического резерва и имеют благоприятное значение в отношении прогноза [8].

В работе отечественных авторов отмечено, что более благоприятная эхокардиографическая динамика была выявлена у пациентов, которые принимали карведилол, и заключалась она в увеличении фракции выброса на 8,97% (у бисопролола- 5,14% соответственно) и достоверном уменьшении индекса локальной сократимости миокарда на 29,9% (против 24,9% в группе бисопролола) [9].

Другими авторами было отмечено благоприятное влияние карведилола на клиническую картину заболевания, оценка которой осуществлялась по шкале общего клинического самочувствия; повышение толерантности к физической нагрузке с тестом с шестиминутной ходьбой и снижение функционального класса ХСН. Улучшение внутрисердечной гемодинамики проявлялось снижением объемов ЛЖ и индекса массы его миокарда, а также замедлением процессов дезадаптивного ремоделирования левого желудочка [10,11].

Минаков Э.В. и соавт. пришли к выводу, что лечение хронической сердечной недостаточности, основанное на применении иАПФ совместно с карведилолом, обеспечивает замедление процессов структурного ремоделирования левого желудочка путем восстановления его систолической и диастолической функций. Данные суточного мониторирования ЭКГ на фоне терапии продемонстрировали достоверное уменьшение общего количества суправентрикулярных, в том числе парных и групповых, а также желудочковых эктопических комплексов [12].

Доказательства улучшения симптоматики, качества жизни и повышения выживаемости больных ХСН при применении ингибиторов АПФ послужили основанием рекомендовать ингибиторы АПФ всем пациентам с клиническими признаками ХСН, имеющим сниженную систолическую функцию левого желудочка, при отсутствии противопоказаний.

Наибольший объем информации по терапии ХСН с применением ингибиторов АПФ был отражен в серии классических исследований с применением эналаприла (CONSENSUS, SOLVD treatment, SOLVD prevention, V-HeFT II) у пациентов, страдающих различными стадиями декомпенсации ХСН. Исследование CONSENSUS (Cooperative North Scandinavian enalapril survival study), являющееся самым ранним из проведенных рандомизированных испытаний с участием эналаприла, свидетельствует о возможности улучшения прогноза у больных ХСН IV ФК (NYHA). В процессе двойного слепого и открытого периодов исследования было выявлено снижение относительного риска смерти у пациентов, достигающее 30%. Позднее в исследовании SOLVD было отмечено преимущество применения эналаприла по сравнению с плацебо при бессимптомной дисфункции левого желудочка, заключающееся в статистически значимом снижении комбинированного показателя смертности и частоты развития ХСН [13].

Согласно Национальным рекомендациям, применение ингибиторов АПФ у больных систолической ХСН любого функционального класса относится к уровню доказательности А, а у больных с диастолической дисфункцией миокарда — к уровню В. Это свидетельствует о том, что препараты данной группы показаны всем больным ХСН независимо от этиологии, стадии заболевания и наличия признаков декомпенсации [2].

Согласно Рекомендациям ESC по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности (2016) — блокатор ангиотензиновых рецепторов необходимо назначать только в качестве альтернативы у пациентов с непереносимостью иАПФ. БРА относятся к дополнительным средствам в терапии ХСН (уровень доказательности В).

По данным двойного слепого рандомизированного исследования SILVHIA при сравнении эффектов длительной терапии ирбесартаном и ателололом, отмечено значимое снижение индекса массы миокарда у 16% пациентов, принимающих БРА, по сравнению с аналогичным показателем в группе β-блокатора [14].

В работе Ч.М. Мусина и соавт. отмечено, что лечение с применением ирбесартана способствует улучшению показателей диастолической функции левого желудочка у больных хронической сердечной недостаточностью, проявляющемуся замедлением раннего диастолического наполнения [15]. Другими исследователями было выявлено, что назначение данного лекарственного средства в дозе 300 мг/сутки в течение 5 лет у больных ХСН с сохраненной систолической функцией левого желудочка приводит к уменьшению гипертрофии миокарда и улучшает диастолическую функцию левого желудочка, повышая толерантность к физической нагрузке и улучшая качество жизни [1,14].

ВЫВОД

Препараты группы иАПФ (эналаприл), β-адреноблокаторов (бисопролол, карведилол) относятся к основным средствам терапии ХСН в клинической практике согласно уровню доказательности, эффективности и безопасности в плане их применения; препарат ирбесартан (группы БРА) — к дополнительным, назначение которого рекомендовано при непереносимости иАПФ. Положительная оценка представленных лекарственных средств по данным многочисленных исследований в научной литературе базируется на таких параметрах, как: клиническая картина заболевания, качество жизни пациента и динамика показателей Эхо-КГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Упницкий А. А. Современные подходы к фармакотерапии хронической сердечной недостаточности // Медицина и здравоохранение: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Казань, март 2018 г.). — Казань: Молодой ученый, 2018. — С. 46–49.
2. Национальные рекомендации ОССН, РК0 и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр) // Сердечная недостаточность. — 2013. — № 7 (81). — С. 1–94.
3. Куликов К.Г., Ющук Е. Н., Дударенко О. П. и др. Влияние медикаментозной терапии на вариабельность ритма сердца при хронической сердечной недостаточности. Клиническая фармакология и терапия 2004; 13(3): 74–80.
4. Рылова А.К., Розанов А. В. Применение β-блокаторов у пациентов пожилого возраста с хронической сердечной недостаточностью (Randomized Trial to determine the effect of nebivolol on mortality and cardiovascular hospital admission in elderly patients with heart failure — SENIORS). Сердце 2005; 4(1): 49–53.
5. Д. П. Саливончик, Е. Ф. Семеняго, В. А. Шилова Хроническая сердечная недостаточность: современная диагностика Проблемы здоровья и экологии С 4–10
6. Гурова А.Ю., Чаплыгин А. В., Свет А. В., Морозова Т. Е., Цветкова О. А. Особенности рациональной фармакотерапии бета-адреноблокаторами при сочетании ишемической болезни сердца и хронической обструктивной болезни легких // Лечащий врач. 2012. № 2. С. 15–19.
7. Mitja Lainscak Matej Podbregar Dragan Kovacic Janez Rozman Differences between bisoprolol and carvedilol in patients with chronic heart failure and chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial October 2011 Volume 105, Supplement 1, Pages S44–S49
8. Capomolla S., Febo O., Gnemmi M. et al. Betablockade therapy in chronic heart failure: diastolic function and mitral regurgitation improvement by Carvedilol // Am. Heart J. 2000. Vol. 139(4). P. 584–586.

9. Беленков Ю. Н., Мареев В. Ю., Скворцов А. А., Агеев Ф. Т., Овчинников А. Г., Литонова Г. Н. Эналаприл против карведилола. Сравнительное рандомизированное исследование у больных с хронической сердечной недостаточностью (ЭКСТАЗ) // Сердечная недостаточность. 2001. Т. 2. № 2. С. 84–91
10. Стаценко М.Е., Спорова О. Е., Беленкова С. В., Шилина Н. Н. Кардиоренальные взаимоотношения и качество жизни у больных пожилого возраста с хронической сердечной недостаточностью при длительном лечении карведилолом и бисопрололом. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии 2005; № 3 11–16
11. Фуштей И.М., Подсевахина С. Л., Ткаченко О. В., Савченко О. А., Паламарчук А. И. Влияние карведилола на ремоделирование миокарда, иммуновоспалительные реакции и эндотелиальную функцию у больных ишемической болезнью сердца с хронической сердечной недостаточностью КТЖ 2010, № 2, том 2 84–87
12. Минаков Э.В., Хохлов Р. А., Кузнецова Т. Н., Поповская Ю. В., Царева Е. Е. Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2008; 7(1) 69–76 Влияние терапии карведилолом на структурное и электрическое ремоделирование при хронической сердечной недостаточности
13. McKelvie R.S., Rouleau J. L., White M. et al. Comparative impact of enalapril, candesartan or metoprolol alone or in combination on ventricular remodelling in patients with congestive heart failure. Eur Heart J 2003;24(19):1727–34.
14. Malmqvist K, Kahan T, Edner M. et al. Comparison of actions of irbesartan versus atenolol on cardiac repolarization in hypertensive left ventricular hypertrophy: results from the Swedish Irbesartan Left Ventricular Hypertrophy Investigation Versus Atenolol (SILVHIA). Am J Cardiol 2002;90(10): 1107–12
15. Мусина Ч. М., Абдикерова К. О., Маликова Р. П., Клименко В. Д., Джолдасбаева Б. К. Влияние ирбесартана на диастолическую функцию сердца у больных хронической сердечной недостаточностью. Медицина и экология, 2011, ЗС. 72–73

© Упницкий Александр Абрамович (upal2005@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abdulhabirov M. — Candidate of medical Sciences, associate Professor, Peoples ' Friendship University of Russia
abdulhabirov@yandex.ru

Al Abdallah Mohammad — Postgraduate student, Peoples ' Friendship University of Russia
moha.abdullah24@gmail.com

Alekseeva E. — Assistant, Eastern federal University
alekseeva.eo@dvmfu.ru

Alekseeva L. — MD, Associate Professor, Dotsent of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Buryat State University" Ulan - Ude, Russia, deputy chief doctor of the medical work at the State Autonomous Healthcare Institution "Republican Perinatal Center", Ulan – Ude, the Republic of Buryatia, Russia
lalekseeva09@mail.ru

Alekseeva L. — MD, Associate Professor, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Buryat State University" Ulan-Ude; deputy chief doctor of the medical work at the State Autonomous Healthcare Institution "Republican Perinatal Center", Ulan–Ude
lalekseeva09@mail.ru

Alhatim Ali — Graduate student, Moscow, Peoples' Friendship University of Russia
alialhatem@mail.ru

Alimov V. — Clinical Hospital №2 JSC Medsi Group of Companies, Moscow

Aminova L. — Clinical Hospital №2 JSC Medsi Group of Companies, Moscow

Ashurova Z. — Nizhnevartovsk State University
zuhra00164@gmail.com

Asliyan S. — Postgraduate, State Research Institute of Biological Instrument-Making, Moscow

Avdeev A. — Ph.D., associate professor of the Perm State Medical University
svenav@mail.ru

Badzyuk I. — PhD, Associate Professor of the East-Siberian Institute of the MIA of Russia
demy@bk.ru

Berdyugin E. — First St. Petersburg State Medical University named after academician I.P. Pavlova
slak4@rambler.ru

Bezruchko V. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Academy of Federal Guard Service of the Russian Federation
vlvd@mail.ru

Bogachyova N. — Moscow, City clinical hospital №13

Darashkevich Y. — Postgraduate, Bauman Moscow State Technical University

Darkhanova S. — Obstetrician - gynecologist, a graduate student of the Department of Obstetrics and Gynecology with the course of Pediatrics, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Buryat State University" Ulan – UdeRussia
darkhvet@mail.ru

Darkhanova S. — Obstetrician-gynecologist, a graduate student of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Buryat State University" Ulan-Ude
darkhsvet@yandex.ru

Dolgikh A. — Engineer, NRC "Kurchatov Institute"

Drakin A. — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Bryansk State Technical University
ada108@yandex.ru

Dzhanibekov M. — Postgraduate student, National medical research center of traumatology and orthopedics named after N. N. Priorov
inko_1@bk.ru

Elkin O. — Head of Division, Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok
elkin8@yandex.ru

Frolov S. — Maxillofacial surgeon, Kursk regional clinical hospital

Galliamov E. — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of Russia

Gallyamov E. — Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia

Ganin P. — NRU "MPEI", Moscow
ganinpe@gmail.com

Garina A. — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of Russia

Golodkov Y. — PhD, Irkutsk National Research Technical University
yrg27@mail.ru

Gololobov G. — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of Russia

Golubenko E. — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of Russia

Grebenyuk I. — General project manager, Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok
grebenyuk.iv@dvmfu.ru

Grishin E. — Director "Promdiagnostica" LTD

Gromov A. — Ph.D., associate Professor of the Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Gubar T. — Obstetrician - gynecologist, a graduate student of the Department of Obstetrics and Gynecology with the course of Pediatrics, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Buryat State University" Ulan - UdeRussia
gtk71@mail.ru

Gukockiy A. — Pirogov Russian National Research Medical University

Ilivanov S. — Postgraduate student, medical oncologist, Kazan state medical Academy-branch FGBOU DPO RMAPO Ministry of health of Russia, Kazan; GAUZ "Republican clinical Oncology dispensary" of the Ministry of health (MOH SAHI RCOD); Eighty nine billion six hundred seventy four million seven hundred thirty one thousand seven hundred eighty four
ilivanovs@mail.ru

Ilivanov Y. — Urologist, BU RKB Ministry of health of the Chuvash Republic, Cheboksary

Isaev I. — Postgraduate, Industrial University of Tyumen
NaviVeasi@gmail.com

Ivanin A. — Associate at the Military Academy of Communications them. Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg

Ivannikov S. — PhD (Chemistry), Researcher, Institute of Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok
fyajkfqn@mail.ru

Ivanov S. — Doctor of medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation

Kalinina E. — Assistant, Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad)
EAKalinina1@kantiana.ru

Kanaev A. — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg

Karondeev A. — Postgraduate student, Bauman Moscow State Technical University; Research Specialist, "Oxygen Software" (Moscow)
karondeev@oxygensoftware.com

Kasianov B. — PhD Student, Orel State University
borys.kasianov@gmail.com

Khaerdinov K. — Head of Central Research Laboratory, Kazan state medical Academy-branch FGBOU DPO RMAPO Ministry of health of Russia, Kazan

Khasanov R. — MD, corresponding member of RAS, Professor, Kazan state medical Academy-branch FGBOU DPO RMAPO Ministry of health of Russia, Kazan

Kluev D. — Cloud Services Specialist, "Oxygen Software" (Moscow); Admiral Nevelskoy Maritime State University
kluev@oxygensoftware.com

Koptev A. — Samara National Research University named after academician S.P. Korolev
eat@ssau.ru

Koriagina N. — MD, Ph.D., professor of the Perm State Medical University, Chief Therapist of the Ministry of Health of Perm Krai
nina11-85@mail.ru

Kovalevsky A. — MD, associate Professor "Military medical Academy. S. M. Kirov" Ministry of defense of the Russian Federation

Kovalsky S. — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Academy of Federal Guard Service of the Russian Federation
metal_forever@inbox.ru

Larionova E. — Doctor of Chemical sciences, associate professor of the East-Siberian Institute of the MIA of Russia
lari555@mail.ru

Laurinavicius K. — Candidate of biological sciences, Pushchino scientific center of the Russian academy of sciences
laurinaoke@mail.ru

Lazarev A. — Doctor of medical Sciences, Professor, Central research Institute traumatology and orthopedics. N. N. Priorova
lasarev.anatoly@gmail.com

Leontyev D. — K.G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management (The First Cossack University)
leontiev.d@mail.ru

Levandovsky E. — St. Petersburg State Pediatric Medical University
doc.edvard@mail.ru

Magomadov V. — Chechen State University (Grozny)
vmagomadov@gmail.com

Matveychuk I. — Samara National Research University named after academician S.P. Korolev
irina.vasileva.14@mail.ru

Mingalimova A. — Senior Research, Fellow Regional historically-culture and ecological center
ksanne-86@mail.ru

Mironov A. — A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; City clinical hospital №13, Moscow
Mironov75av@gmail.com

Murzina A. — Clinical Hospital №2 JSC Medsi Group of Companies, Moscow

Nabiev D. — Samara National Research University named after academician S.P. Korolev
asteroy9191@gmail.com

Nadjari H. — Samara National Research University named after academician S.P. Korolev
hoseinnadjari@gmail.com

Nesterov K. — Chief Engineer, Promdiagnostica
nesterovKS@promdiag.bizml.ru

Nesterov S. — Ph.D. "Algoritm-SOFT" LTD
serg0044@mail.ru

Osipova V. — PhD in Technics, Associate Professor, Siberian Federal University
vv-osipov@ya.ru

Osipov V. — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Siberian Federal University
va-osipova@ya.ru

Panasyuk A. — Doctor of technical sciences, professor, All-Russian scientific research Institute of the brewing, beverage and wine industry
alpanasyuk@mail.ru

Poluboyarinov V. — Graduate student, Dubna State University, Moscow region
rbl-omr@mail.ru

Potapov L. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Bryansk State Technical University
l.a.pota39@yandex.ua

Romashkova O. — PhD (technical sciences), professor, Moscow City University (MCU), Moscow, Russia
ox-rom@yandex.ru

Rostov A. — Candidate of medical Sciences, chief physician, Limited liability Company "Center of medical legal consulting "Rubicon"
a_rostov@mail.ru

Rostov A. — The General Director, Limited liability Company "Center of medical legal consulting "Rubicon"
ar-rostov@yandex.ru

Rusinkevich A. — Head of the laboratory, Research Center "Kurchatov Institute
nrcki@nrcki.ru

Sabirova V. — Bashkir State Medical University
Sabirova_vsh@list.ru

Samoylov V. — Post-graduate student of the Russian University of Transport (RUT (MIIT), Moscow, Russia
samoilov.1992@list.ru

Shafigullina N. — Assistant Lecturer, Kazan Federal University; Researcher, National Park "Nizhnyaya Kama" (Yelabuga)
nadiashafigullina@gmail.com

Shaykhutdinova G. — Assistant professor, Kazan Federal University; Researcher, National Park "Nizhnyaya Kama" (Yelabuga)
gshaykhu@gmail.com

Shchenin A. — Postgraduate student, Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
schenin-92@mail.ru

Shcherbak K. — Associate at the Military Academy of Communications them. Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg

Shkolin A. — Researcher, Bryansk State Technical University
uxe@yandex.ru

Shoberg A. — Ph. D., associate Professor, Pacific National University, Khabarovsk
shoberg@rambler.ru

Shoberg K. — Pacific national University, Khabarovsk
shoberg@bmail.ru

Skorobogatova O. — Candidate of Biological Science, Associated Professor, Nizhnevartovsk State University
olnics@yandex.ru

Sokolov A. — Head of Laboratory, State Research Institute of Biological Instrument-Making, Moscow
niibp16.3@gmail.com

Solod E. — Doctor of medical Sciences, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Central research Institute traumatology and orthopedics. N. N. Priorova
doctorsolod@mail.ru

Stol E. — Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad)
ed-wizard@live.ru

Sturov V. — MD., Professor of Postgraduate Medical Education Centre of the Institute of Retraining and Advanced Training, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Novosibirsk National Research State University", Novosibirsk, Russia
sturov@mail.ru

Subbotin D. — Lecturer of the Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg
dmitriy.vas.subbotin@gmail.com

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

Taskin A. — PhD (Chemistry), Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok
taskin@yandex.ru

Tolstel O. — Ph.D., docent, Immanuel Kant Baltic Federal University
tolstel.oleg@mail.ru

Torchinov A. — A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

Umakhanova M. — A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

Unanyan A. — First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of Russia

Upnitskiy A. — Candidate of medical Sciences, Professor, Russian national research medical University them. N. And. Pirogov, Moscow
upal2005@yandex.ru

Usmanova G. — Head. immunological laboratory, GAUZ "Republican clinical Oncology dispensary" MZ RT(RCOD MUZ MZ RT), Kazan

Vinokurova N. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad)
NVinokurova@kantiana.ru

Vukolova A. — Engineer, NRC "Kurchatov Institute"
anvukolova@gmail.com

Vysotskaya M. — Samara National Research University named after academician S.P. Korolev
manya_93@mail.ru

Yumagulova E. — Candidate of Biological Science, Associated Professor, Nizhnevartovsk State University
elvirau2009@yandex.ru

Zagorodny N. — Doctor of medical Sciences, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Central research Institute traumatology and orthopedics. N. N. Priorova, Head of the Clinic of arthroplasty
zagorodny51@mail.com

Zheleznov V. — Doctor of Chemical Sciences, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok

Zhelobov V. — MD, Perm State Medical University
zhelobov.vg@psma.ru

Zhukova M. — Post-graduate student, Ulyanovsk State University
Musya-123-91@yandex.ru

Zhulev E. — Doctor of medical Sciences, Professor, Volga research medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation
hrustalev54@mail.ru

Zotin V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Bryansk State Technical University
v.f.zotin@gmail.com

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).

