

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 5 2018 (МАЙ)

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](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>  
<http://www.vipstd.ru/nauteh>

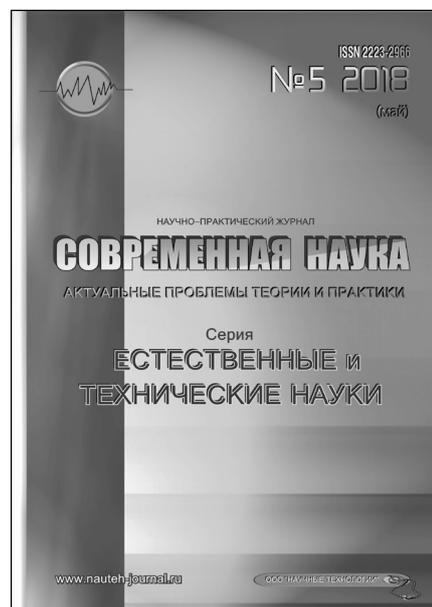
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK - 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



### В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ,  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ  
И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ,  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ,  
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 20.05.2018 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.



# Редакционный совет

**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

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

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

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

**Квасов Андрей Иванович** — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева

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

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

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

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

**Матвеев Всеволод Борисович** — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, 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, заместитель главного пульмонолога МО РФ, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

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

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

**Дроздова А.Е., Мельник И.В.** — Оценка экологического состояния территории Соколовских нефтяных ям (Астраханская область) методом фитоиндикации  
*Drozdova A., Melnik I.* — Estimation of the ecological state of territory of Sokolovskyof petroleum pits (Astrakhan region) by the method of fitoindication..... 6

**Краснобаев Д.А.** — Многолетние исследования фауны и населения врановых птиц (corvidae) антропогенных ландшафтов Столичного региона  
*Krasnobaev D.* — Long-term studies of fauna and population of corvids (corvidae) of anthropogenic landscapes in the Capital region..... 16

**Проворова О.Н., Григорович Л.М.** — Основные засорители посевов кукурузы (zea mays l.) На зерно на дерново-подзолистых почвах Калининградской области  
*Provorova O., Grigorovich L.* — Main swimming pools of maize corn (zea mays l.) On grain on the stern-podzolic soils of the Kaliningrad region ..... 19

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

**Михайлова М.В., Ахмедов А.Н., Шагибалов Р.Р.** — Фотограмметрия. Основные принципы и практическое применение  
*Mikhaylova M., Akhmedov A., Shagibalov R.* — Photogrammetry. Basic principles and practical application ..... 24

**Розов С.В., Ягудин М.М.** — Программно-аппаратное фотоприемное устройство подводного лидара  
*Rozov S., Yagudin M.* — Hardware-software photo-receiving unit of the underwater lidar..... 31

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Бурдин А.Г., Байсаитов Г.Н., Кривцов С.П., Дуйсембеков О.А., Дмитриев В.И.** — Комплекс абстрактных и математических моделей для изучения свойств и параметров систем связи специального назначения  
*Burdin A., Baiseitov G., Krivtsov S., Duisembekov O., Dmitriev V.* — Complex of abstract and mathematical models for studying properties and parameters of special-purpose communication systems..... 37

**Бурдин А.Г., Байсаитов Г.Н., Кривцов С.П., Дуйсембеков О.А., Калмыков Д.А.** — Концептуальные основы моделирования и анализа процессов функционирования взаимосвязанных систем связи специального назначения  
*Burdin A., Baiseitov G., Krivtsov S., Duisembekov O., Kalmykov D.* — Conceptual bases of modeling and analysis of processes of functioning of interconnected systems of communication of a special purpose..... 41

**Орлова Л.И., Кривцов С.П., Хамдан М.Р., Байсаитов Г.Н., Абд Аль Кадар Ахмед Ясин** — Распределение трафика реального времени по кондиционным маршрутам телекоммуникационной сети  
*Orlova L., Krivtsov S., Hamdan M., Baiseitov Gh., Abd Al-Qadar Ahmed Yassin* — Distribution of real-time traffic on the air-conditioned routes of the telecommunication network ..... 45

**Орлова Л.И., Кривцов С.П., Хамдан М.Р., Байсаитов Г.Н., Абд Аль Кадар Ахмед Ясин** — Методика оценки структуры телекоммуникационной сети численными методами  
*Orlova L., Krivtsov S., Hamdan M., Baiseitov Gh., Abd Al-Qadar Ahmed Yassin* — Method of estimation of telecommunication network structure by numerical methods..... 49

**Семенец В.О., Трухин М.П.** — Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам  
*Semenets V., Trukhin M.* — Methods of co-operation without flammable aircraft ..... 55

**Хеин Мин Зо, Довгаль В.М., Кудинов В.А.** — Шумоподавление при обработке речевого сигнала с использованием вейвлет-преобразования  
*Hein Min Zaw, Dovgal V., Kudinov V.* — Noise reduction for speech signal processing by using wavelet transform ..... 60

ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ

- Авксентьева Е.Ю., Авксентьев С.Ю.,  
Платунова С.М.** — Проблемы и перспективы  
развития автоматизированной системы  
управления иммунопрофилактикой населения  
*Avksentieva E., Avksentiev S., Platunova S.* —  
Problems and prospects of development  
of the automated control system  
of immunoprophylaxis of the population .....65
- Акимов Д.А., Дятченкова А.Ю., Сачков В.Е.** —  
Организация целенаправленного активного  
поиска на основе оценки синтагматических  
и парадигматических ассоциаций текстовых сообщений  
*Akimov D., Dyatchenkova A., Sachkov V.* —  
The organization of purposeful active search  
on the basis of assessment of syntagmatic  
and paradigmatic associations of text messages .....69
- Бондарев А.В.** — Использование методов  
оптимизации для построения генетического алгоритма  
формирования сложных электронных систем  
*Bondarev A.* — The use of optimization  
methods to build a genetic algorithm  
for the formation of complex electronic systems .....76
- Горковенко Д.К.** — Применение имитационного  
моделирования для оптимизации  
информационного управления в социальных сетях  
*Gorkovenko D.* — Application of simulation  
modeling for the optimization  
of information management in social networks .....80
- Забодаев С.В.** — Технические аспекты  
современной научной электроэнцефалографии  
*Zabodaev S.* — Technical aspects  
of the modern science of electroencephalography .....87
- Звонков И.В.** — Планирование ресурсов  
ЖД предприятия по неразрушающему  
контролю с использованием методов  
стохастического программирования  
*Zvonkov I.* — Enterprise Resource  
Planning for non-destructive testing  
using stochastic programming methods .....94
- Кошкаргов А.В., Кошкаргова Т.А.** —  
Технологии сбора и анализа данных  
в цифровом сельском хозяйстве: барьеры  
и условия для внедрения и использования  
*Koshkarov A., Koshkarova T.* — Technologies  
for data collection and analysis in digital agriculture:  
barriers and conditions for implementation and use .....100
- Клюев А.С., Файзенгер А.А., Юрьев Д.Р.** —  
Оценка рисков в функционирующей  
информационной системе  
*Klyuev A., Fajzenger A., Yuriev D.* — Risk assessment  
in the functioning information system .....105
- Мальшева А.В.** — Усовершенствованный  
алгоритм распознавания бликов  
бинаризованного изображения пены  
*Malysheva A.* — Modified algorithm  
for determination of glares on foam binarized images .....110
- Марченко А.Ю.** — Недостатки существующих  
политик информационной безопасности  
*Marchenko A.* — Disadvantages  
of existing policies of information security .....117
- Панченко А.А., Рахман П.А., Сафаров А.М.** —  
Нейросетевые модели прогнозирования  
уровня загрязнения атмосферного  
воздуха в промышленном городе  
*Panchenko A., Rahman P., Safarov A.* —  
Neural network models for prediction  
of air pollution index in an industrial city .....121
- Радута В.П., Викторов А.А., Гарибьянц А.А.** —  
Имитационное моделирование процессов развития  
транспортных сетей в условиях дефицита информации  
*Raduta V., Viktorov A., Garibiantc A.* —  
Imitation modeling of transport network development  
processes in conditions of information deficit .....127
- Сачков В.Е.** — Использование ассоциативного  
векторного пространства в семантическом поиске  
*Sachkov V.* — Using the associative  
vector space in a semantic search .....132

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Абдулазизова Ф.А., Мардонова С.М.,  
Курбанова М.Х., Болиева Г.У.** — Особенности  
клинического течения и лечение вульвовагинитов  
у девочек нейтрального периода жизни  
*Abdulazizova F., Mardonova S., Kurbanova M.,  
Bolieva G.* — Clinical features and treatment  
of vulvovaginitis in girls .....136
- Албакова Х.А., Албакова М.Х., Богатырева Л.Н.,  
Аушева Ф.Х.** — ДВС-синдром у беременных:  
современные аспекты патогенеза, подходы  
к диагностике, терапии, методам профилактики  
*Albakova K., Albakova M., Bogatyreva L.,  
Ausheva F.* — DIC-syndrome in pregnant women:  
modern aspects of pathogenesis, approaches  
to diagnosis, therapy, prevention methods .....141

- Базанов С.О.** — Современные методы и подходы к протезированию больных, имеющих низкие или разрушенные клинически коронки зубов  
*Bazanov S.* — Modern methods and approaches to prosthetics of patients with low or destroyed clinical crowns of the teeth .....145
- Жарова Е.Ю., Виндерлих М.Е.** — Неврологический статус у детей со сколиотической деформацией позвоночника  
*Zharova E., Vinderlich M.* — Neurological status in children with scoliotic deformity of the spine .....149
- Лазарева Н.В., Белянин В.В.** — Оценка вегетативной регуляции деятельности сердца у больных системной склеродермией  
*Lazareva N., Belyanin V.* — Assessment of vegetative regulation of heart activity in patients with systemic scleroderma .....154
- Магомедов Ш.Г., Джуракулов Ш.Р.** — Ангиографические и отдаленные клинические результаты открытых оперативных вмешательств при лечении поражений артерий бедренно-подколенного сегмента нижних конечностей  
*Magomedov Sh., Jurakulov Sh.* — Angiographic and long-term clinical results of open surgical intervention for the treatment of lesions of the femoro-popliteal segment of the lower extremities .....157
- Магомедов Ш.Г., Джуракулов Ш.Р.** — Ангиографические и отдаленные клинические результаты открытых оперативных вмешательств при лечении поражений артерий берцово-стопного сегмента нижних конечностей  
*Magomedov Sh., Jurakulov Sh.* — Angiographic and long-term clinical results of open surgical interventions in the treatment of arterial lesions of the tibia-stop segment of the lower extremities .....163
- Магомедова М.А., Капланова З.А.** — Динамика уровня некоторых метаболитов энергетического обмена в крови у детей проживающих в условиях высокогорья Дагестана  
*Magomedova M., Kaplanova Z.* — Dynamics of the level of some metabolites of energy metabolism in the blood of children living in the highlands of Dagestan .....170
- Михайлова М.В., Климова А.А., Бухарметова Н.Н., Шагибалов Р.Р.** — Критерии выбора CAD/CAM системы для изготовления бюгельных конструкций. Особенности компьютерного моделирования  
*Mikhaylova M., Klimova A., Buhametova N., Shagibalov R.* — Selection criteria CAD/CAM system for the manufacture of clasp prothesis. Especially computer simulation .....174
- Овсянникова В.В., Кузнецов С.И., Зязина В.О.** — Современные представления поражения сосудистого русла у больных артериальной гипертензией на фоне сахарного диабета 2 типа  
*Ovsyannikova V., Kuznetsov S., Zyazina V.* — Modern representations of a lesion of a vascular bed at sick of an arterial hypertension on a background of a diabetes of 2 types .....181
- Осипов М.В.** — Побочные эффекты андрогенных анаболических стероидов  
*Osipov M.* — Side effects of androgenic anabolic steroids .....187
- Салах М.М. Сехвейл** — Глиальные опухоли головного мозга: краткий обзор литературы  
*Sehweil Salah M.M.* — Glial tumors of the brain: brief review of literature .....191
- Сергеев Ю.А.** — Верхушечный периодонтит: современные подходы и инновационные технологии в лечении заболевания  
*Sergeev Yu.* — Apical periodontitis: current approaches and innovative technologies in the treatment of disease .....196
- Сигал З.М., Сурнина О.В.** — Явление взаимодействия и преобразования артериальных потоков при УЗИ-трансиллюминационном мониторинге  
*Sigal Z., Surnina O.* — The phenomenon of interaction and transformation of arterial flows during ultrasound-transillumination monitoring .....199
- Трунин Е.М., Моулабакас М.Д., Смирнов А.А., Зорин И.М., Зорина Н.А., Татаркин В.В., Рыбаков В.А.** — Интракорпорально полимеризующийся эксплантат для миниинвазивной пункционно-инфузионной пломбировки пахового канала при лечении вправимых паховых грыж  
*Trunin E., Mowlabucus M., Smirnov A., Zorin I., Zorina N., Tatarkin V., Rybakov V.* — Intracorporeally polymerising implant used in a minimally invasive method "puncture-infusion-seal" of the inguinal canal in the treatment of reducible inguinal hernias .....203
- Шутов Ю.М., Пахомов К.Г.** — Биохимические показатели и морфофункциональное состояние печени в оценке прогнозирования заболевания у больных с механической желтухой, печеночной недостаточностью и принципы корректирующей терапии  
*Shutov Yu., Pakhomov K.* — Biochemical parameters and morphofunctional state of the liver in evaluating the prediction of disease in patients with mechanical jaundice, liver insufficiency and principles for corrective therapy .....211

## ИНФОРМАЦИЯ

Наши авторы. Our Authors .....216

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....219

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ СОКОЛОВСКИХ НЕФТЯНЫХ ЯМ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) МЕТОДОМ ФИТОИНДИКАЦИИ

## ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF TERRITORY OF SOKOLOVSKY PETROLEUM PITS (ASTRAKHAN REGION) BY THE METHOD OF FITOINDICATION

**A. Drozdova  
I. Melnik**

*Summary.* Pollution of soils with oil and oil products is a very common type of negative anthropogenic impact, especially in industrial regions of Russia.

An assessment was made of the ecological condition of the territory of the Sokolovskoye oil fields by the bioindication method (fluctuating asymmetry) according to the methodology of Russian scientists Yablokov A. V., Zakharov V. M., 1996, the methodology is based on the theory that the difference between the left and right halves of the leaf correlates with the degree of general disturbance of the environment. As a bioindicator used elm small-leaved, black mulberry, large burdock, nightshade black, broad-leaved quinoa, silver fir.

Estimating the degree of fluctuating asymmetry in the territory of the Sokolovskoye oil fields in the Astrakhan region, the work shows that the plants in the oil-polluted zone are in critical condition, and the territory itself is assessed as environmentally unfavorable.

*Keywords:* elm small-leaved, contamination, quinoa sprawling, large burdock, silver ferruginous, nightshade black, Sokolov oil wells, fluctuating asymmetry, black mulberry.

**Дроздова Алёна Евгеньевна**

Аспирант, ФГБОУВО Астраханский государственный  
технический университет, г. Астрахань  
alenuchka\_1991@mail.ru

**Мельник Ирина Викторовна**

К.б.н., доцент, ФГБОУВО Астраханский  
государственный технический университет,  
г. Астрахань

*Аннотация.* Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами относится к весьма распространенному типу негативного антропогенного воздействия, особенно в промышленных регионах России.

Была дана оценка экологического состояния территории Соколовских нефтяных ям методом биоиндикации (флуктуирующей асимметрии) по методике российских ученых Яблокова А. В., Захарова В. М., 1996, в основе которой положена теория о степени асимметричности левой и правой половинами листовой пластины, коррелирующее с уровнем нарушенности окружающей среды. В качестве биоиндикатора использовались вяз мелколистный, шелковица черная, лопух большой, паслен черный, лебеда раскидистая, лох серебристый.

Оценив степень флуктуирующей асимметрии на территории Соколовских нефтяных Астраханской области, в работе показано, что растения нефтезагрязненной зоны находятся в критическом состоянии, а сама территория оценивается как экологически неблагоприятная.

*Ключевые слова:* вяз мелколистный, загрязнения, лебеда раскидистая, лопух большой, лох серебристый, паслен черный, Соколовские нефтяные ямы, флуктуирующая асимметрия, шелковица черная.

### Введение

**О**bjectом биоиндикации антропогенных воздействий являются растения. Они как продуценты экосистемы в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему. Ключевым элементом в цепи экологических последствий такого загрязнения является изменение видового состава растительного покрова и уменьшение его продуктивности вплоть до полной гибели всех растений на загрязненном участке [1].

Для оценки стабильности развития растения можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно нор-

мальное значение и, соответственно, учесть степень отклонения от него. Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учёт асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными.

Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития — флуктуирующая асимметрия, как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям. Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния.

Основополагающим фактором для растений являются почвы, которые в районе Соколовских ям находятся в области пустынно-степного почвообразования, а его



Рис. 1. Параметры листа на примере лебеды раскидистой

основные черты — это малая гумусность, высокая минерализация почвенных растворов и грунтовых вод [4].

Цель исследования: определить толерантные и более чувствительные жизненные формы растений методом флуктуирующей асимметрии на территории Соколовских нефтям (Астраханская область).

#### Материалы и методы исследований

Была дана оценка экологического состояния территории Соколовских нефтям методом биоиндикации (флуктуирующей асимметрии) по методике российских ученых А. В. Яблокова и В. М. Захарова (1996). В качестве биоиндикатора использовались деревья (вяз мелколистный, шелковица черная), травянистые растения (лопух большой, паслен черный, лебеда раскидистая), и кустарники (лох серебристый), широко произрастающие на исследуемой территории [3].

Образцы растений были отобраны на территории Соколовских нефтям. Сбор материала осуществлялся после завершения интенсивного роста (конец августа — начало сентября).

В качестве контроля использовалась располагающаяся в 150 м от нефтям рекреационная территория (Ас-садулаевский пляж) со схожими почвенными условиями и отсутствием загрязнений нефтепродуктами. Состав почвогрунтов по результатам рекогносцировочных обследований включает в себя песчано-растительный слой (до 20 см), суглинки серовато-бурые, глину серую

и песок (пылеватый и мелкий), что является характерным для данной природной зоны. Сравнение показателей грунтов Соколовских нефтям и рекреационной зоны свидетельствует об их схожести [2].

Для определения степени асимметричности производилось определение следующих морфометрических показателей: 1 — ширина половинки листа; 2 — длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3 — расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 — расстояние между концами этих жилок; 5 — угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка (рис. 1.).

Величина асимметричности оценивалась с помощью интегрального показателя — величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков). Вычисления производились для каждого листа по пяти признакам в пятикратной повторности.

#### Результаты исследования

Результаты произведенных промеров исследуемых показателей по всем объектам позволили определить их степень асимметричности (табл. 1–12).

См. таблицу 1. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7}{7}$$

Таблица 1. Расчет степени асимметричности лебеды раскидистой (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}$
1	0	0,1	0,09	0,2	0,059	0,089
2	0,037	0,16	0,06	0	0,09	0,347
3	0	0,08	0,125	0,066	0	0,271
4	0,25	0,043	0,066	0	0,059	0,418
5	0,22	0,087	0,052	0,066	0,069	0,497
6	0,05	0,02	0	0,04	0,135	0,245
7	0,052	0	0,08	0	0,02	0,152

Таблица 2. Шкала оценки степени асимметричности по В. М. Захарову и Е. Ю. Крысанову (1996)

Балл	Значение показателя асимметричности
1 балл — условная норма	До 0,055
2 балл	0,055–0,060
3 балл	0,060–0,065
4 балл	0,065–0,070
5 балл — критическое состояние	Более 0,07

Таблица 3. Степень асимметричности лебеды раскидистой в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}$
1	0,066	0,034	0,08	0,06	0,047	0,057
2	0,04	0,035	0,1	0,028	0,07	0,055
3	0,09	0,036	0,05	0,05	0,02	0,05
4	0,018	0,046	0,04	0,019	0,02	0,028
5	0,017	0,027	0,04	0,019	0,047	0,04
6	0,045	0,026	0,04	0,045	0,08	0,047
7	0,0044	0,028	0,019	0,043	0,05	0,036
8	0,06	0,057	0,038	0,02	0,045	0,04

$$\chi = \frac{0,089+0,347+0,271+0,418+0,497+0,245+0,152}{7} =$$

$$= \frac{1,330}{7} = 0,190$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения, для которого разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы (табл. 2). Полученный в результате расчетов показатель равен 0,190 (более 0,07), что свидетельствует о превышении значения уровня асимметричности 5-балльной шкалы.

Данное обстоятельство позволяет заключить то, что лебеда раскидистая находится в критическом состоянии.

В таблице 3 представлены результаты расчетов степени асимметричности листовых пластин лебеды раскидистой, собранной с территории рекреационной зоны (Асадулаевский пляж) и используемой в качестве контрольного варианта.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5+Z_6+Z_7}{7}$$

Таблица 4. Расчет степени асимметричности вяза мелколистного (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0,06	0,166	0,33	0,052	0,055	0,1326
2	0	0	0,33	0,27	0	0,12
3	0	0,117	0	0,27	0,03	0,0834
4	0,032	0,058	0	0,09	0,024	0,0408
5	0,07	0	0,143	0,143	0,023	0,0758

Таблица 5. Степень асимметричности вяза мелколистного в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0	0,053	0,143	0	0,017	0,0426
2	0	0,03	0	0,07	0,047	0,0294
3	0,085	0,085	0,143	0	0,007	0,064
4	0,06	0,09	0,2	0,27	0,018	0,1276
5	0	0,06	0,2	0,111	0,037	0,0816

Таблица 6. Расчет степени асимметричности шелковицы черной (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0	0,024	0,21	0,025	0,066	0,065
2	0,041	0,138	0,162	0	0,047	0,0776
3	0	0,059	0,277	0,161	0,066	0,1126
4	0,028	0,05	0,111	0,058	0,066	0,0626
5	0	0	0,312	0,133	0,039	0,0968

$$x = \frac{0,057 + 0,055 + 0,05 + 0,028 + 0,04 + 0,047 + 0,036 + 0,04}{8} = \frac{0,297}{8} = 0,037$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лебеды раскидистой (0,037 менее 0,055), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о благоприятной экологической ситуации на территории рекреационной зоны (табл. 4).

См. таблицу 4. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$X = \frac{\Sigma Z}{n} = \frac{Z1+Z2+Z3+Z4+Z5}{5}$$

$$X = \frac{0,1326+0,12+0,0834+0,0408+0,0758}{5} = \frac{0,4118}{5} = 0,0823$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0823 более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-бальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение вяз мелколистный находится в критическом состоянии.

Таблица 7. Степень асимметричности шелковицы черной в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,037	0,043	0,025	0,125	0,09	0,064
2	0,122	0,017	0,285	0,077	0,023	0,1068
3	0	0,137	0,2	0,157	0	0,0988
4	0,019	0,015	0,068	0,2	0,08	0,0764
5	0,074	0,032	0,04	0,055	0,013	0,0428

Таблица 8. Расчет степени асимметричности лопуха большого (территория нефтям)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,015	0,09	0,11	0,052	0,066	0,0666
2	0,015	0,016	0,066	0,06	0,07	0,0454
3	0,064	0,018	0,063	0,027	0,1	0,0544
4	0,066	0,09	0,04	0,11	0,03	0,0672
5	0,046	0,138	0,166	0,02	0,08	0,126

См. таблицу 5.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0426+0,0294+0,064+0,1276+0,0816}{5} = \frac{0,3452}{5} = 0,069$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины вяза мелколистного (0,069 более 0,065), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), характеризует территорию на 4 балла, что свидетельствует о существенных (значительных) отклонениях от нормы.

См. таблицу 6. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,065+0,0776+0,1126+0,0626+0,0968}{5} = \frac{0,4146}{5} = 0,0829$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0829 более 0,07) свидетельствует о превышении значения уровня асимметрично-

сти 5-бальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение шелковица черная находится в критическом состоянии.

См. таблицу 7.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,064+0,1068+0,0988+0,0764+0,0428}{5} = \frac{0,3888}{5} = 0,0777$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины шелковицы черной составляет (0,0777), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о критической экологической ситуации на территории рекреационной зоны.

См. таблицу 8. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0666+0,0454+0,0544+0,0672+0,126}{5} = \frac{0,3596}{5} = 0,0719$$

Таблица 9. Степень асимметричности лопуха большого в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0	0,034	0,064	0,095	0,0386
2	0,015	0,02	0,054	0,095	0,065	0,0498
3	0,046	0,07	0,1	0,2	0	0,0832
4	0,085	0,04	0,136	0,09	0,014	0,0458
5	0,09	0,03	0,07	0	0	0,038

Таблица 10. Расчет степени асимметричности паслена черного (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,09	0,2	0,11	0,027	0,0854
2	0,11	0,11	0,11	0	0,013	0,2246
3	0,047	0,04	0,07	0,07	0,1	0,0654
4	0	0,03	0,09	0	0,06	0,036
5	0,043	0,062	0,23	0	0	0,042

Таблица 11. Степень асимметричности паслена черного в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,043	0,032	0,07	0,07	0,015	0,046
2	0,083	0,096	0,23	0,2	0,062	0,1342
3	0,11	0,09	0,066	0,11	0,034	0,082
4	0,034	0,125	0,07	0,058	0,068	0,071
5	0,062	0,11	0,058	0,052	0,037	0,0638

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0719 более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение лопух большой находится в критическом состоянии.

См. таблицу 9.

$$X = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$X = \frac{0,0386+0,0498+0,0832+0,0458+0,038}{5} = \frac{0,2554}{5} = 0,0510$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лопуха большого составляет (0,0510), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о 1 балле — (до 0,055) условная норма.

См. таблицу 10. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

Таблица 12. Расчет степени асимметричности лоха серебристого (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,032	0,09	0,058	0	0,036
2	0	0,034	0,066	0,2	0,009	0,309
3	0,09	0,034	0,076	0,066	0,096	0,0724
4	0,047	0,037	0,1	0,058	0,1	0,0684
5	0	0	0,285	0,214	0,073	0,1144

Таблица 13. Степень асимметричности лоха серебристого в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,037	0	0	0,113	0,03
2	0	0	0,23	0	0,064	0,0588
3	0	0,04	0	0	0,106	0,0292
4	0,125	0,076	0,076	0	0,027	0,0608
5	0	0,076	0,58	0	0,014	0,134

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0854+0,2246+0,0654+0,036+0,042}{5} = \frac{0,4534}{5} = 0,0907$$

Полученный в результате расчетов показатель равен 0,0907 (более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение паслен черный находится в критическом состоянии.

См. таблицу 11.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,046+0,1342+0,082+0,071+0,0638}{5} = \frac{0,305}{5} = 0,061$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины паслена черного составляет (0,061), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о среднем уровне отклонений от нормы.

См. таблицу 12. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,036+0,309+0,0724+0,0684+0,1144}{5} = \frac{0,6002}{5} = 0,1200$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения, для которого разработана пяти-балльная шкала отклонения от нормы (табл. 3). Полученный в результате расчетов показатель равен 0,1200 (более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение лох серебристый находится в критическом состоянии.

См. таблицу 13.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,03+0,0588+0,0292+0,0608+0,134}{5} = \frac{0,3128}{5} = 0,0625$$

Таблица 14. Степень асимметричности растений различных жизненных форм

Жизненные формы растений	Виды растений	степень асимметричности			
		территория нефтяям	рекреационная зона	условная норма	критическое состояние
1. Травянистые растения	лопух большой	0,0833	0,065	до 0,055	более 0,07
	лебеда раскидистая	0,19	0,037	до 0,055	более 0,07
	паслен черный	0,097	0,061	до 0,055	более 0,07
2. Кустарники	лох серебристый	0,12	0,0625	до 0,055	более 0,07
3. Деревья	вяз мелколистный	0,0823	0,069	до 0,055	более 0,07
	шелковица черная	0,0829	0,0777м	до 0,055	более 0,07

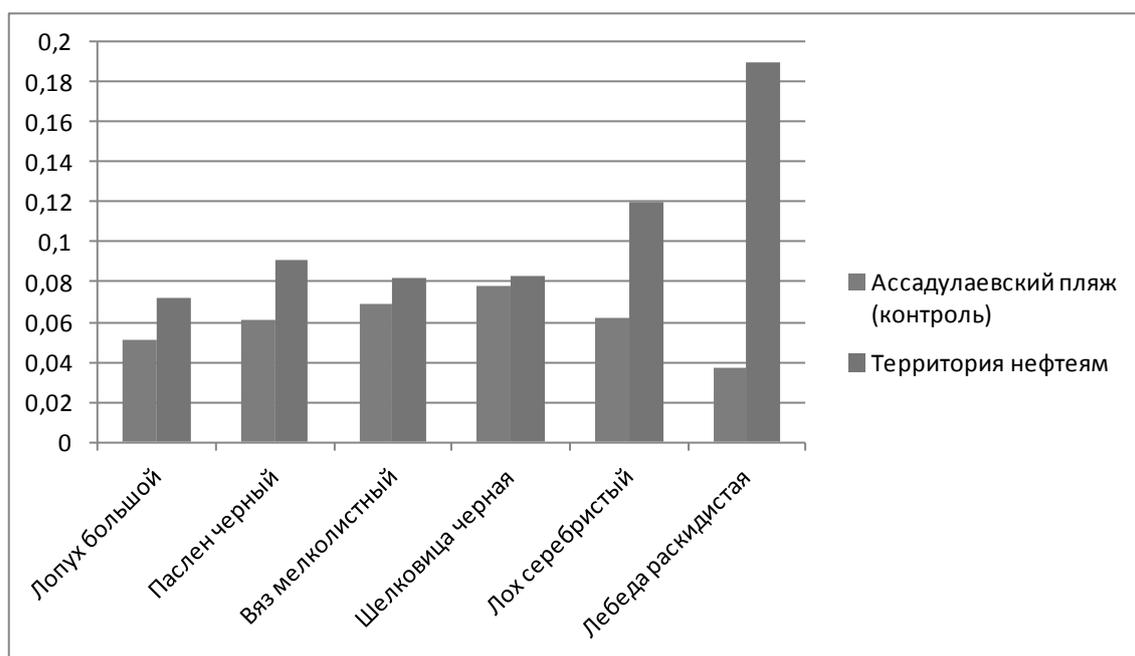


Рис. 2. Значения показателей асимметричности

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лоха серебристого (0,0625), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о значении, оцениваемом в 3 балла. Это средний уровень отклонений от нормы.

Результаты сравнительного анализа исследуемого показателя на двух территориях (нефтяям и пляж-контроль) представлены на рисунке 2.

Данные рисунка показывают превосходство показателя степени асимметричности листовой пластины лебеды раскидистой, лопуха большого, паслена черного, лоха серебристого, вяза мелколистного, шелковицы черной произрастающей на территории Соколовских нефтяям, относительно проб, собранных на территории пляжа (контроль), более чем в 5 раз. При этом следует отметить, что наиболее чувствительной по отношению

к нефтяному загрязнению является лебеда раскидистая, показатель асимметричности которой был максимальным (0,190) на территории нефтяям и минимальным (0,037) — в рекреационной зоне (табл. 14). Разница между данными значениями была максимальной для всех исследуемых растений и составляла 0,153 (рис. 3). Реакция на нефтяное загрязнение у паслена черного и лопуха большого была схожей с таковой у лебеды раскидистой, однако разница между значениями была ниже (0,036 и 0,0169, соответственно).

См. таблицу 14.

Таким образом, исследованные травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая и паслен черный, обладают высокой чувствительностью к нефтяному загрязнению почвы и поэтому могут использоваться в качестве фитоиндикаторов окружающей среды для

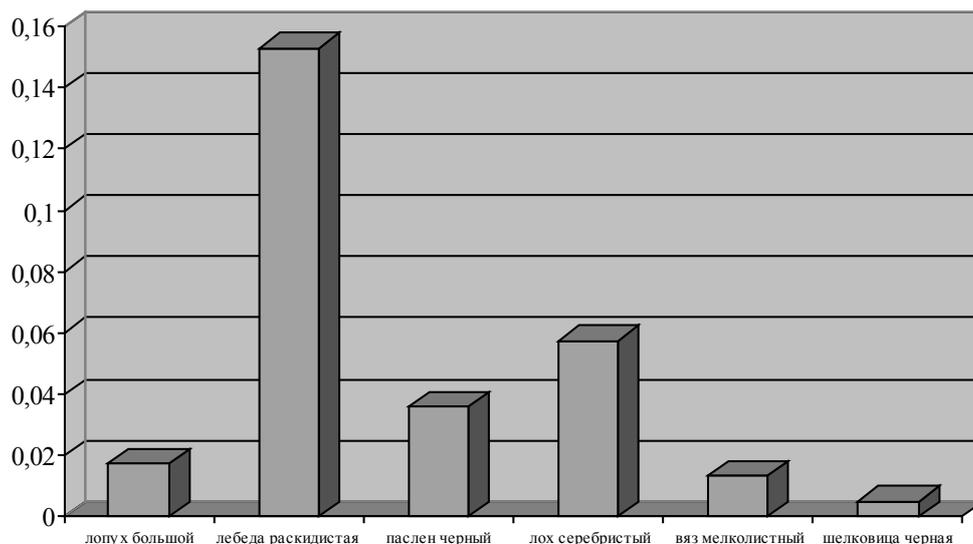


Рис. 3. Чувствительность растений к нефтяному загрязнению

оценки экологического состояния территории методом флуктуирующей асимметрии.

По результатам исследований двух видов деревьев (вяз мелколистный, шелковица черная) нами отмечено, что и на территории нефтяем, и в рекреационной зоне (контроль) растения находятся в критическом состоянии (степень асимметричности более 0,07). Однако на нефтезагрязненной территории данный показатель имеет тенденцию к увеличению (на 0,012 у шелковицы черной и на 0,013 у вяза мелколистного), что подтверждает повышенную загрязненность данной территории.

Экологическое состояние рекреационной зоны (контроль-пляж) вызывает большие сомнения в ее благополучии и требует проведения дополнительных исследований по степени загрязнения территории по различным компонентам окружающей среды. Тем более, учитывая тот факт, что и р.Волга, и ее рукав Кизань активно используются судоходством, а в 100–200 м от исследуемых объектов ведутся инженерно-строительные работы на бывшей территории Башмаковского рыбопитомника по формированию площадки под строительство коттеджного поселка. Не следует пренебрегать и природным фактором учитывая, что данная территория находится в неблагоприятной природно-климатической зоне и характеризуется высоким риском сезонного подтопления.

А, в целом, реакция растений на обоих участках (нефтяемы, контроль) была практически идентичной, что позволяет рекомендовать данные виды деревьев для биоиндикации окружающей среды методом флуктуирующей симметрии.

Из кустарников на данной территории произрастает один вид — это лох серебристый, степень асимметричности листьев которого была одной из самой высокой в наших исследованиях на территории нефтяем (0,120) и уступала только таковой лебеды раскидистой (0,190). Однако и в данном случае кустарник в условиях рекреационной зоны (контроль) испытывает определенный дискомфорт согласно Шкале оценки по В.М. Захарову (1996) — степень асимметричности 0,0625 (3 балла) соответствует среднему уровню отклонения от нормы.

На рисунке 3 показана разница между минимальным и максимальным значением степени асимметричности, которая может являться показателем чувствительности растений к загрязнению нефтепродуктами.

Максимальной чувствительностью к нефтяному загрязнению, согласно данным, представленных на рисунке 3, обладают травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая. Высокой чувствительностью также характеризуется и кустарник лох серебристый. И только деревья обладают относительной толерантностью к нефтяному загрязнению, хотя их состояние было критическим в обоих вариантах и на территории нефтяем, и в рекреационной зоне.

В целом, результаты проведенных исследований являются неоднозначными для различных жизненных форм растений, что является следствием длительного воздействия нефтяного загрязнения на все компоненты окружающей среды территории (Соколовские нефтемы использовались с начала прошлого века). В данном аспекте особый интерес может представлять загрязнение подземных вод по причине их близкого залегания

Таблица 14. Содержание нефтепродуктов в подземных водах

ПДК <sub>в</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (водоемы рыбохозяйственного значения)	ПДК <sub>в</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (водоемы хозяйственного и культурно-бытового водополь- зования)	Содержание загрязняющих веществ, мг/ дм <sup>3</sup>	
		н/я № 1	н/я № 2
0,05	0,3	4,4	26,0

(в отдельных местах до 0,5 м) и поднятия к поверхности в период естественного подтопления.

Согласно результатам комплексного мониторинга, проведенного Астраханским государственным техническим университетом на территории Соколовских нефтям (Отчет о НИР..., 2015), в подземных водах исследуемой территории отмечаются превышения содержания нефтепродуктов в 88 и 14,4 раз для 1-й нефтямы и 520 и 86,6 раз для 2-й ямы относительно норм (табл. 15) с учетом того, что р. Кизань является, как водоемом рыбохозяйственного, так хозяйственного и культурно-бытового назначения. Необходимо отметить, что повышенное содержание нефтепродуктов в грунтовых водах говорит о высокой их миграционной активности. И поскольку рекреационная зона располагается в непосредственной близости от нефтям (300 м) и, учитывая высокую миграционную скорость нефтепродуктов, можно говорить о загрязнении подземных вод на значительной площади. Положение усугубляется в период сезонного подтопления и поднятия подземных вод.

Данное обстоятельство представляет значительную опасность для деревьев, обладающих развитой длинной корневой системой. Возможно, поэтому и на террито-

рии нефтям, и в рекреационной зоне вяз мелколистный и шелковица черная находятся в критическом состоянии.

#### ВЫВОДЫ

1. Максимальной чувствительностью к нефтяному загрязнению обладают травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая. Высокой чувствительностью также характеризуется и кустарник лох серебристый.

2. Деревья вяз мелколистный и шелковица черная обладают относительной толерантностью к нефтяному загрязнению.

3. Критическое состояние деревьев, а также кустарника и на территории нефтям, и в рекреационной зоне обусловлено загрязнением подземных вод нефтепродуктами и природным сезонным подтоплением территории.

4. Высокая чувствительность лебеды раскидистой и лоха серебристого позволяет рекомендовать данные растения в качестве фитоиндикаторов окружающей среды для оценки экологического состояния территории методом флуктуирующей асимметрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коцубинский А. О. Нефтьшлямы. — М., Наука, 2001. — С.12–47.
2. Отчет о НИР «Оценка технологий утилизации нефтеотходов для сохранения биоразнообразия на северном каспии в рамках мероприятий по снижению накопленного экологического ущерба в Астраханской области», АГТУ, 2015. С. 74.
3. Пилипенко В. Н., Современная флора и динамика растительности дельты Волги. Автореф. дисс.док. биол. наук. Астрахань, 2003. — 44 с.
4. Пилипенко В. Н., Шейн Е. В., Федотова А. В., Перевалов С. Н., Яковлева Л. В., Сальников А. Л. Почвенно — растительный мониторинг дельты Волги // Успехи современного естествознания. 2003. № 12. С. 101–103.

© Дроздова Алёна Евгеньевна (alenuchka\_1991@mail.ru), Мельник Ирина Викторовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАУНЫ И НАСЕЛЕНИЯ ВРАНОВЫХ ПТИЦ (CORVIDAE) АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СТОЛИЧНОГО РЕГИОНА

## LONG-TERM STUDIES OF FAUNA AND POPULATION OF CORVIDS (CORVIDAE) OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPES IN THE CAPITAL REGION

*D. Krasnobaev*

*Summary.* This article presents the results of long-term records of birds in the anthropogenic landscapes of the Capital region. The analysis of the obtained data in the comparative plan and separately for each area of accounting is carried out. Presents a forecast of the probability of changes in the fauna and population of corvids study area in the future.

*Keywords:* anthropogenic transformation of avifauna and population of birds, corvids, ornithocomplexes, urbanized landscapes.

**Краснобаев Денис Алексеевич**

Соискатель, ГАОУ ВО города Москвы «Московский  
городской педагогический университет»  
*krasnobaev.d@mail.ru*

*Аннотация.* В настоящей статье изложены результаты длительных учётов врановых птиц в антропогенных ландшафтах Столичного региона. Проведён анализ полученных данных в сравнительном плане и отдельно по каждому району учёта. Представлен прогноз вероятностных изменений фауны и населения врановых птиц исследуемых районов в будущем.

*Ключевые слова:* антропогенная трансформация авифауны и населения птиц, врановые птицы, урбанизированные ландшафты.

### Актуальность исследуемой проблемы

Представленная работа основана на анализе многолетних сравнительных исследований фауны и населения врановых птиц (*Corvidae*) в избранных антропогенных ландшафтах Центрального Нечерноземья. Врановые являются показательной и достаточно удобной модельной группой птиц для изучения процессов синантропизации наземных животных, вызванных углублением их связей с селитебными ландшафтами и антропогенной трансформацией естественных природных территорий за продолжительный период времени.

### Материал и методика исследований

Данные для статьи были получены в ходе многолетних учётов врановых птиц Столичного региона с 1995 по 2017 гг. Полученные результаты сравнивали с материалами учётов врановых птиц с 1971 по 1979 гг.

Исследования проводили в лесных массивах Московской области, небольших деревнях, крупные дачных и сельских посёлках Подмосковья, в пригородных лесопарках и на территории парков и жилых кварталов в черте города Москвы. Следует отметить, что все слабо изменённые лесные территории, а также и небольшие деревни, и сёла в районе проведения исследований с 01 июля 2012 г. согласно Постановлению Совета Федерации Федерального Собрания РФ от 27 декабря 2011 г.

N560-СФ «Об утверждении изменения границы между субъектами Российской Федерации городом федерального значения Москвой и Московской областью» официально вошли в состав территории города Москвы. При проведении учётов были использованы общепринятые методики [1; 8; 9]. Данные учётов пригодны для сравнительного анализа многолетних изменений фауны и населения врановых с 1970-х гг. по 2010-е гг. [2; 3; 4; 5; 6; 7].

В **слабо изменённых лесных** ландшафтах складывается следующая картина. Как и ранее [2; 3; 4; 5] врановые представлены здесь несколькими широко-распространёнными видами с общей долей участия в населении птиц менее 5%. Естественный ход динамики их населения носит флуктуирующий характер с небольшой ежегодной амплитудой. Только в лесных ландшафтах обнаружена отмечена стабильная плотность населения кедровки (*Nucifraga caryocatactes*) сойки (*Garrulus glandarius*). Гнездовые участки серых ворон (*Corvus cornix*) фиксировали в небольших населенных пунктах, кормовые — на соседних полях вдоль автотрасс, у помоек и свалок. Многолетние и сезонные колебания птиц незначительны. В целом, обилие серой вороны и сороки (*Pica pica*) здесь ещё сравнительно невелико и составляет около не более 20% населения врановых птиц. Но, учитывая склонность данных видов к модификациям поведения, проявляющихся в гнездовании, трофических кочёвках и зимовках в пределах селитебных ландшафтов [9; 10; 11; 12], значение врановых в населении птиц лесных ландшафтов в будущем вероятно может возрасти.

В ближайшем Подмоскowie роль врановых в населении птиц **пригородных лесопарков** достигает 15–20% всего населения птиц, что, однако, является самым низким показателем, установленным для сильно изменённых ландшафтов [6]. Но в результате мощного хозяйственного освоения пригород Москвы в 2000-е годы отмечен заметный рост значения синантропных врановых в общем населении птиц пригородных лесопарков. Так, теперь здесь постоянно гнездится галка (*Corvus monedula*), отмечены регулярные трофические кочёвки серой вороны.

В **центральных городских парках** в течение круглого года в населении птиц доминируют серая ворона, галка и грач (*Corvus frugilegus*), на долю которых составляют приходится от половины до двух третей населения птиц (44,1% и 68,3% соответственно). Согласно проведённым учётам, отмеченная особенность доминирования синантропного ядра в населении птиц парковых ландшафтов может сохраняться на протяжении длительно времени, что может быть связано с лимитированием интенсивного преобразования естественных природных ландшафтов парков по причине уязвимости их биоразнообразия.

Изменения в фауне и населении врановых птиц **небольших сельских населённых пунктов** неразрывно связаны с самими поселениями человека. Особенно чётко это прослеживается на примере изменений численности такого типичного трофического синантропа, как серая ворона. Так, в 1980-х гг. запустение и исчезновение нескольких деревень в районе исследований, в том числе и хутора Борисовка, зарастание пешеходных троп, вырубок и просек [5] вероятно послужило причиной снижения численности данного вида. А в 2000-х гг. нами было отмечено заметное увеличение гнездовой и особенно зимней популяции серой вороны. Как раз на это десятилетие пришлось активная застройка естественных территорий в районе исследований: появилось восемь современных коттеджных посёлков, из которых три заложены непосредственно на пути учётного маршрута, были проложены дороги с улучшенным покрытием, выросло число постоянно проживающих в посёлках людей, расширилась кормовая база антропогенного происхождения за счёт специально установленных мусорных баков и контейнеров, а также круглогодично существующих «нелегальных» помоек и свалок. Сведение поросли берёзы и ивы вдоль заборов и оград отдельных дачных посёлков и современных коттеджных посёлков снижает привлекательность данных участков для гнездования сороки, плотность населения которой сокращается до 4 раз. В тоже время не отмеченные ранее на гнездовании ворон (*Corvus corax*) и галка находят подходящие места для гнездования на опорах ЛЭП и под крышами

высоких трёхэтажных коттеджей [5; 6]. Зимой врановые здесь совершают постоянные утренние кочёвки в крупные сельские населённые пункты, к птицефермам, помойкам и свалки, автодорогам, в возвратном направлении концентрируются на ночёвках. В целом, характерные черты орнитокомплексов врановых птиц небольших деревень и посёлков Московской области становятся всё более схожими с таковыми из крупных пригородных населённых пунктов.

Многолетняя динамика населения врановых птиц **пригородных сельских посёлков** определяется характером сезонных колебаний численности четырёх широко распространённых видов: серой вороны, галки, сороки, и в гнездовой период – грача. В посёлках с развитой агроструктурой крупные животноводческие комплексы и птицефермы выступают в роли важных кормовых угодий для врановых. В таких посёлках постоянно фиксировали трофические кочёвки ворон, галок и грачей из городских окраин и обратно. На протяжении десяти лет подряд здесь фиксировали стабильную численность ворона. Птицы ежегодно гнездились на одних и тех же опорах ЛЭП, в качестве кормовых участков посещали обрабатываемые поля, животноводческие комплексы, встречались вдоль автотрасс у окраин Москвы.

В **дачных посёлках** значение врановых в орнитокомплексах ниже на 40–50% и составляет лишь около четверти всего населения птиц. Но зато этот показатель стабильно сохраняется здесь длительное время в связи с проявлением заметных тенденций к осёдлому образу жизни у врановых по причине наличия множества удобных мест для гнездования и ночёвок, а также регулярной подкормки птиц людьми. [2; 3; 4; 5; 6].

Мощнейшая хозяйственная деятельность человека в **городских ландшафтах** Москвы всецело определяет трансформацию населения врановых птиц. При этом, по причине высокой концентрации различных ландшафтов на ограниченных территориях, зависимость плотности населения врановых птиц и динамики их многолетней численности от характера использования людьми естественных природных территорий (кварталы жилой застройки, промышленные зоны, озеленённые бульвары и скверов, пустырей и т. д.) не проявляется, в отличие от пригородных посёлков.

Выявленные изменения соответствуют современному характеру перераспределения врановых в пределах антропогенных ландшафтов, однако влекут за собой естественную нивелировку различий в фауне и населении между ними. Общую картину «размывают» также трофические кочёвки и сезонные миграции птиц в пределах соседних районов исследования. Однако,

сравнительный анализ наших результатов с данными, собранными на тех же самых учётных маршрутах почти 50 лет назад подтверждает сохранение в настоящее время ранее выявленных закономерностей перераспределения врановых птиц в антропогенных ландшафтах всего Центрального района Европейской России [2; 3; 4; 5; 6]. Как и прежде, это проявляется в постепенном нарастании плотности населения врановых птиц при движении от пригорода к окраинам, а от них к центру города.

Для получения более полной картины также проводили учёты врановых птиц в открытых ландшафтах Столичного региона, результаты которых использовали в качестве дополнительного анализа.

Открытые ландшафты полей и лугов Московской области малозначимы для врановых в связи с малокормностью территорий.

При движении к пригородам большого города резкий подъём общей плотности населения врановых птиц происходит из-за регулярных трофических кочёвок их смешанных стай, но только при расширении кормовой базы самих ландшафтов в условиях их использования человеком в качестве территорий аграрного комплекса.

Таким образом, анализ данных, собранных в ходе нового цикла 20-и летних учётов в антропогенных ландшафтах Столичного региона подтверждает характер перераспределения врановых птиц в пределах Центрального района Европейской России. При этом обнаруженные изменения выступают в качестве корректирующих дополнений общей картины, что позволяет рассматривать их в качестве современной специфики взаимодействия модельной группы птиц с человеком в условиях продолжающейся антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов конкретного региона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Н. Н. Опыт определения точности методики количественного учёта птиц / Н. Н. Данилов // Зоологический журнал. — Т. 35, Вып. 11. — М.: 1956. — С. 169–70.
2. Константинов В. М. О закономерностях годичной динамики численности синантропных врановых в культурном ландшафте средней полосы Европейской части России / В. М. Константинов, В. Г. Бабенко // Орнитология. — Вып. 13. — М.: МГУ, 1977. — С. 100–109.
3. Константинов В. М. Численность и некоторые черты экологии синантропных популяций врановых птиц в условиях интенсивной урбанизации / В. М. Константинов, В. Г. Бабенко, И. К. Барышева // Зоологический журнал. — В. 12. — М.: 1982. — С. 1837–1845.
4. Константинов В. М. Численность врановых, зимующих на территории Москвы / В. М. Константинов, А. А. Вахрушев, И. Г. Лебедев // Молодёжь и экология Москвы. — М., 1986, С. 119–121.
5. Константинов В. М. Многолетние изменения населения серой вороны в Центральном регионе Европейской России / В. М. Константинов, Д. А. Краснобаев // Серая ворона *Corvus cornix* в антропогенных ландшафтах Палеарктики. — М.: МПГУ, 2007. — С. 22–33.
6. Краснобаев Д. А. Современная динамика фауны и население врановых птиц антропогенных ландшафтов Центрального района Европейской России и тенденции дальнейших изменений / Д. А. Краснобаев, В. М. Константинов // Сборник материалов VIII Международной конференции. Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах. — М.: Ставрополь, 2007. — С. 17–21.
7. Равкин Е. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учёту птиц / Е. С. Равкин, Н. Г. Челинцев. — М.: ВНИИ Природа, 1990. — 34 с.
8. Равкин Ю. С. К методике учёта птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время / Ю. С. Равкин, Б. П. Доброхотов // Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов. — М.: 1963. — С. 130–136.
9. Резанов А. А. Оценка антропоустойчивости птиц в условиях селитебного ландшафта / А. А. Резанов // Естественнонаучное образование: методология, теория и методика. — СПб.: РГПУ, 2005. — С. 166–170.
10. Резанов А. А. Антропоустойчивость птиц как один из критериев их синантропизации / А. А. Резанов // Биология для школьников. — № 1. — М., 2009. — С. 31–41.
11. Резанов А. А. Синантропизация птиц как популяционное явление: классификации, индекс синантропизации и критерии его оценки / А. А. Резанов, А. Г. Резанов // Труды Мензбирова орнитологического общества: мат-лы XIII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. — Т. 1. — Махачкала: АЛЕФ, 2011. — С. 55–69.
12. Резанов А. Г. Гнездование врановых птиц (*Corvidae*) на зданиях и на сооружениях человека: экологический и историко-географический анализ / А. Г. Резанов, А. А. Резанов // Экология врановых птиц в условиях естественных и антропогенных ландшафтов России. — Казань: Новое Знание, 2006. — С. 94–111.

© Краснобаев Денис Алексеевич ( krasnobaev.d@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСНОВНЫЕ ЗАСОРИТЕЛИ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ (*ZEA MAYS* L.) НА ЗЕРНО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

## MAIN SWIMMING POOLS OF MAIZE CORN (*ZEA MAYS* L.) ON GRAIN ON THE STERN-PODZOLIC SOILS OF THE KALININGRAD REGION

**O. Provorova  
L. Grigorovich**

*Summary.* This article is devoted to the problems of combating the main weeds of corn crops for grain in conditions of sod-podzolic soils of the Kaliningrad region. The determination of the specific composition of weed grasses on sod-podzolic soils used for maize sowing allows us to make the right choice of the mechanical treatment of crops or the introduction of herbicides. Correctly drawn up a schedule of works will make it possible to achieve the maximum and timely destruction of weed plants, which will make it possible to increase the yield of corn for grain by using information on the types of weeds.

*Keywords:* weed plants, sod-podzolic soils, maize for grain, maize crops, weeds, processing, yield.

**Проворова Ольга Николаевна**

Аспирант, Калининградский государственный  
технический университет  
provorova.olga@mail.ru

**Григорович Людмила Михайловна**

К.б.н., доцент, Калининградский государственный  
технический университет;  
lmg05@mail.ru

*Аннотация.* Данная статья посвящена проблемам борьбы с основными засорителями посевов кукурузы на зерно в условиях дерново-подзолистых почв Калининградской области. Проведённое определение видового состава сорных трав на дерново-подзолистых почвах, используемых под посевы кукурузы, позволяет сделать правильный выбор механической обработки посевов или внесения гербицидов. Правильно составленный график работ даст возможность добиться максимального и своевременного уничтожения сорных растений, что позволит добиться повышения урожайности кукурузы на зерно за счёт использования сведений о видах засорителей.

*Ключевые слова:* сорные растения, дерново-подзолистые почвы, кукуруза на зерно, посевы кукурузы, сорняки, обработка, урожайность.

**А**ктуальность данной работы обусловлена тем, что на современном этапе проблема борьбы с сорными растениями при выращивании кукурузы на зерно приобрела особую остроту в связи с тем, что эта культура является одной из наиболее востребованных как в нашей стране, так и за рубежом, и одной из самых урожайных. Возможность экспортировать зерно кукурузы ставит перед российскими аграриями задачу максимального увеличения урожайности культуры за счёт улучшения борьбы с сорняками.

Проблемным местом в агротехнологиях выращивания кукурузы является система защиты от вредных организмов, в частности, — от сорняков. Это вызвано низкой способностью кукурузы и её угнетение из-за исключительно благоприятных условий (достаточной площади питания и хорошем освещении в течение длительного времени) для роста сорной растительности [7].

Стабильный спрос на зерно кукурузы, а также ее преимущества в агротехнологическом плане — такие, как сроки сева, способы и время сбора, новейшие технологии в гибридизации, уровень производственных затрат и другие — способствуют существенному росту площадей этой культуры как в мировом масштабе, так и в Рос-

сии в целом и в Калининградской области — в частности. Посевы культуры активно расширяются, что требует дополнительных исследований возможностей повышения её урожайности, в частности, — за счёт совершенствования борьбы с сорняками [2].

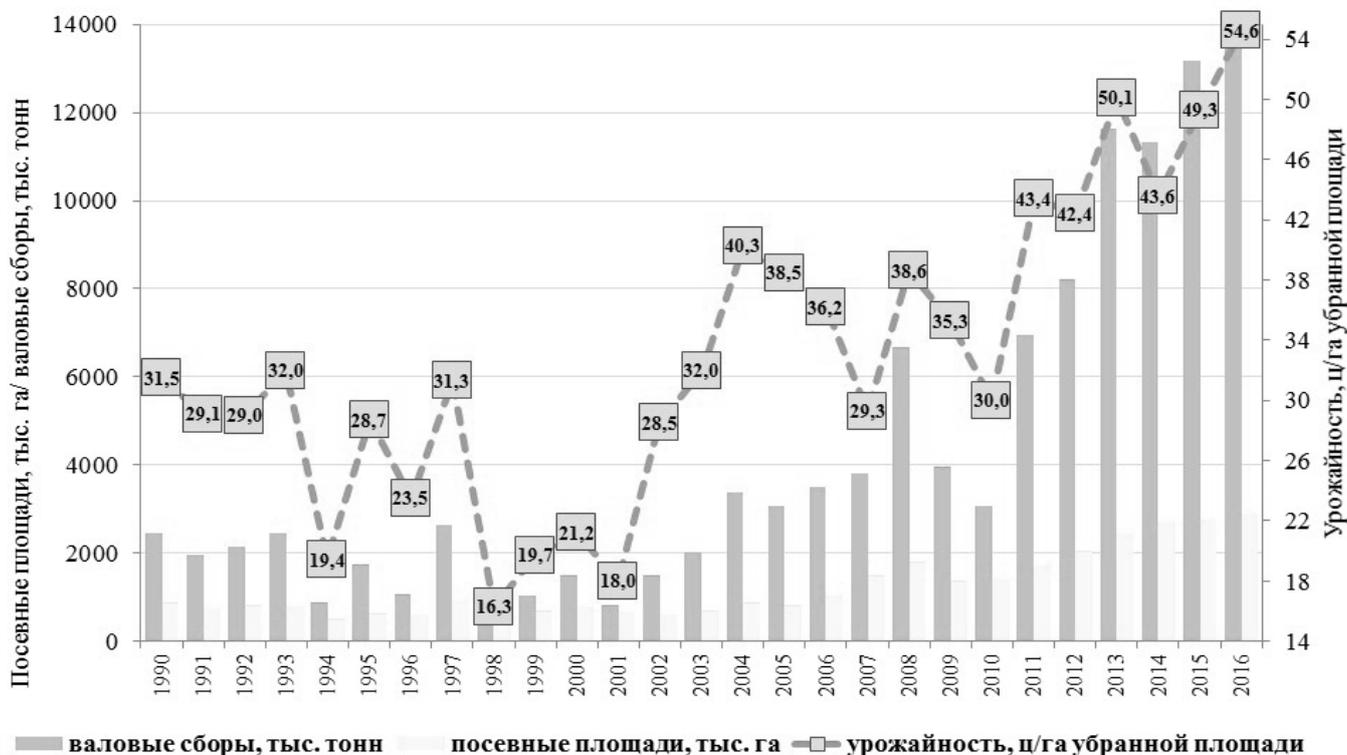
В 2016 году в России был собран рекордный урожай — 14,11 млн. тонн. В результате по сравнению с 2011 годом показано увеличение экспорта зерна кукурузы больше, чем в 6 раз [8].

На рис. 1. мы видим рост урожайности кукурузы в России по всем показателям.

В различных регионах России урожайность кукурузы колеблется не только в зависимости от почвенных и погодных условий, но и от применяемых методов обработки культуры в целом и борьбы с сорняками — в частности. Показатели урожайности по регионам России отражены в диаграмме на рис. 2.

Исходя из данных рис. 2., в 2016 году по общим показателям урожайности кукурузы Калининградская область даже не вошла в десятку, зато по урожайности той же кукурузы непосредственно на зерно (при учёте

**Корреляция показателей посевных площадей, урожайности и валовых сборов кукурузы в России в 1990-2016 гг.**



Источник: составлено АБ-Центр на основе данных Росстата

Рис. 1. Корреляция показателей посевных площадей, урожайности и валовых сборов кукурузы в России [9]

первоначально оприходованного веса) область заняла первое место среди остальных субъектов РФ [10]. Такие результаты говорят о возможности расширения площадей под посевы кукурузы на зерно в Калининградской области, где для этой культуры благоприятны климат и почвы [6].

Необходимо отметить, что посевные площади кукурузы, возделываемой на зерно, в Калининградской области ежегодно увеличиваются, достигнув в 2016 году 10,7 тыс. га, а урожайность их за последние пять лет колебалась в среднем по региону от 5 до 7,9 т/га [6].

Для выращивания кукурузы идеально подходят плодородные разрыхленные, хорошо структурированные, богатые питательными веществами и с глубоким гумусовым горизонтом почвы, которые регулярно обеспечиваются водой и хорошо удерживают влагу и имеют уровень кислотности pH от 6,0 до 7,5 [5].

Самым простым способом увеличения урожайности зерновой кукурузы является подбор семенного матери-

ала высшего качества и борьба с сорняками. Определение видового своеобразия сорняков на определённых почвах региона позволяет выбрать правильно тип борьбы с сорняками и необходимость внесения соответствующих гербицидов [4]. Рассмотрим проблемы борьбы с сорными растениями на примере выращивания в условиях Калининградской области на дерново-подзолистых почвах кукурузы на зерно.

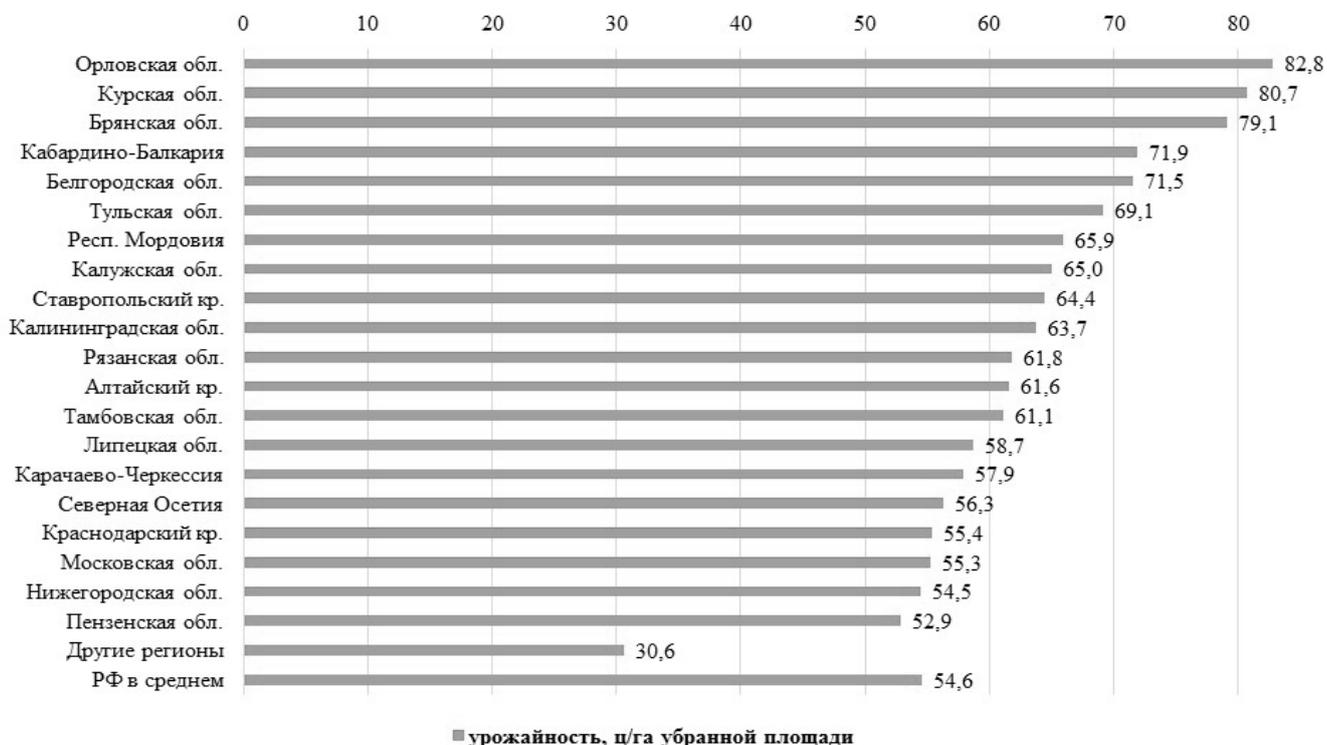
На территории Калининградской области исследования основных засорителей посевов зерновой кукурузы ещё не проводились, что обусловило новизну рассматриваемого вопроса. Опыты ведутся автором уже в течение трех лет, собраны агрохимические показатели по опытным полям, что позволяет сравнивать данные с условиями в других регионах России и делать выводы о возможности планомерной и качественной борьбы с сорняками.

Одними из основных вредоносных объектов, снижающих не только урожайность кукурузы, но и ухудшающих качество продукции, являются сорные растения.

### Рейтинг регионов России по урожайности кукурузы в 2016 году, ц/га убранной площади



ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР АГРОБИЗНЕСА  
www.ab-centre.ru



Источник: Росстат

Рис. 2. Рейтинг регионов России по урожайности кукурузы в 2016-м году — ц/га убранной площади [8]

Контроль как видового состава, так и численности сорняков в агрофитоценозе позволяет наиболее полно обеспечить защиту посевов кукурузы от ущерба, наносимого сорняками [2].

Научными исследованиями установлено, что разница в урожае зерна культуры на вариантах посевов без сорняков и на сорных участках в течение всего периода вегетации составляет 40–60%. Резкое снижение урожая происходит, если сорняки в посевах активно вегетируют в интервале 30–40 дней от появления всходов кукурузы [7].

Наличие этих «конкурентов» на начальных этапах органогенеза заставляет культуру практически необратимо закладывать более низкую производительность. Уничтожение сорняков после прохождения этого критического периода лишь частично восстанавливает потенциальную урожайность. При сплошной массовой засоренности вполне возможна ситуация, что культура практически не образует полноценно сформированных початков [2].

В Калининградской области наиболее распространены и опасны группы малолетних двудольных и злаковых, многолетних корневищных злаков и корнеотпрысковых двудольных растений. Однолетние однодольные сорняки — метлица обыкновенная (*Apera spicaventi* Beauv.), просо куриное (*Echinochloa crusgalli* Beauv.), щетинник обыкновенный (*Setria viridis* Beauv.) и сизый (*Setria glauca* Beauv.). Многолетние однодольные сорняки — пырей ползучий (*Elytrigia repens* Nevski.) и др. Однолетние двудольные сорняки: горец шероховатый (*Polygonum scabrum* Moench), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* Vill.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), и многие другие. Многолетние двудольные сорняки: сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот полевой, желтый (*Sonchus arvensis* L.), полынь обыкновенная, чернобыльник (*Artemisia vulgaris* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и другие.

Таблица 1. Наиболее часто встречаемые засорители посевов кукурузы в 2015–2017 г.г. в Калининградской области (Выполнено автором по результатам собственных наблюдений)

Виды сорняков	Латинское название	Семейства
Малолетние		
Марь белая	<i>Chenopodium album</i> L.	Маревые
Ромашка непахучая (трехреберник)	<i>Matricaria inodora</i> L.	Астровые
Звездчатка средняя (мокрица)	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Гвоздичные
Ярутка полевая	<i>Thlaspi arvense</i> L.	Капустные
Пастушья сумка обыкновенная	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Капустные
Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i> Murray	Фиалковые
Горец вьюнковый	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	Гречишные
Горец птичий	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Гречишные
Яснотка стеблеобъемлющая	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Губоцветные
Вероника полевая	<i>Veronica agrestis</i>	Норичниковые
Пикульник обыкновенный	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	Яснотковые
Горчица полевая	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Капустные
Сурепка обыкновенная	<i>Babarea vulgaris</i> R. Br.	Капустные
Василек синий	<i>Centaurea cyanus</i> L.	Астровые
Подмаренник цепкий	<i>Galium aparine</i> L.	Мареновые
Ежовник обыкновенный (просо куриное)	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	Мятликовые
Многолетние		
Бодяк полевой (осот розовый)	<i>Cirsium arvense</i> L.	Астровые
Осот полевой (осот желтый)	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Астровые
Пырей ползучий	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	Мятликовые
Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Астровые

Нарушение научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур в пространстве и времени (расширение площадей под зерновыми культурами, монокультура) значительно увеличивает засоренность полей, в частности многолетниками — пыреем ползучим, осотом розовым и полевым и другими растениями [4].

Изменение климата в сторону потепления способствует росту засоренности посевов кукурузы и ее предшественников вследствие перезимовки различных зимующих сорняков, а также продвижения на север видов, которые считались ранее характерными только для южных регионов, а именно: щирицы обычной (*Amaranthus retroflexus* L.), паслена черного (*Solanum nigrum* L.), амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) и других. При этом практически не наблюдается миграции северных видов на юг [7].

Определяющим в снижении засоренности посевов агротехническими мероприятиями являются механический метод, прежде всего — основная обработка почвы, противосорняковая эффективность которой составляет 60–70% общей системы земледелия. Рациональная и своевременная обработка почвы обеспечивает значительное ухудшение условий прорастания семян сорняков и дальнейшего их развития. Многие ученые и производственники сходятся во мнении, что для снижения

засоренности посевов кукурузы рациональной является дифференцированная по глубине, мерам и способам система обработки почвы в севообороте [2].

Поздно посеянная кукуруза быстро развивается и подавляет сорняки. Ранние посевы вследствие низких температур часто приводит к остановке роста кукурузы. Приспособленные к холодным температурам сорняки продолжают в течение этого времени расти и конкурировать с кукурузой.

На стадии развития 2–8 листьев кукуруза реагирует на конкуренцию со стороны сорняков наиболее уязвимо.

Таким образом, борьба за высокие урожаи культуры в Калининградской области должна охватывать все этапы возделывания, в том числе и в первую очередь, — борьбу с сорняками.

Положение территории Калининградской области в зоне лесов, в подзоне смешанных (широколиственных-хвойных) лесов определило зональные типы преобладающих здесь почв. В регионе преобладают дерново-подзолистые почвы, они занимают 80% площади сельскохозяйственных угодий области. Территории с дерново-подзолистыми почвами являются основой почвенного покрова Калининградской области [6]. Их

интенсивно используют пашней, пастбищами, приусадебными землями, вследствие чего почвы испытывают значительную антропогенную нагрузку [3].

Климат Калининградской области благоприятен в целом для ведения сельскохозяйственного производства, характеризуется как переходной от умеренно-континентальной к морскому. Среднегодовая температура воздуха в регионе изменяется в среднем от +7,5 °С в западной части области и до +6,5 °С — в восточной. Среднегодовые температуры поверхности почвенного покрова в среднем на 1–1,5 °С превышают среднегодовую температуру воздуха. В среднем июльскую температуру определяют в 17 градусов, в то время, как средняя январская температура –3 градуса. По продолжительности безморозный период составляет порядка 160–180 дней. При этом годовое количество выпадающих осадков в области составляет 620–820 мм. Абсолютный минимум выпадающих в регионе осадков приходится на конец зимы — начало весны — на февраль-март-месяцы. На период первой половины вегетации осадков приходится меньше приблизительно в 1,5–2 раза, чем на вторую половину. Амплитуду колебаний в годовом количестве осадков определяют как очень высокую. На экстремально засушливые сезоны приходится всего 400 мм осадков, на влажные – свыше 1000 мм выпадающих осадков [3].

По литературным данным на полях Калининградской области встречается более 300 видов сорных растений. Многолетние наблюдения за ценозом сорняков пока-

зывают, что кукуруза в почвенно-климатической зоне Калининградской области имеет более или менее постоянный состав различных видов сорной растительности. При этом видовое разнообразие и численность его компонентов меняется также в зависимости от изменений погодных условий вегетационного сезона [6].

По результатам собственных обследований в течение 3 последних лет на посевах кукурузы наиболее часто встречается 20 видов сорняков (табл. 1)

Большая часть доминирующих засорителей представляет собой биологическую группу малолетних сорняков (16 видов), меньшая — относится к многолетним (4 вида).

Таким образом, проведённые исследования показали, что на территории Калининградской области произрастает большое количество видов сорных растений, которые представляют угрозу развитию растений кукурузы и могут повлиять на снижение урожайности. Проведённое определение видового состава сорных трав непосредственно в Калининградской области на дерново-подзолистых почвах, используемых под посевы кукурузы, позволит сделать правильный выбор механической обработки посевов или внесения гербицидов. Правильно составленный график работ даст возможность добиться максимального и своевременного уничтожения сорных растений, что позволит добиться повышения урожайности кукурузы на зерно за счёт использования сведений о видах засорителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) // И. А. Губанов, К. В. Киселева, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. — М.: Т-во научных изданий КМК, Институт технологических исследований, 2002. — Т. 1. — 526 с.
2. Мингалев С. К. «Снижение засорённости посевов кукурузы и её урожайность» — Аграрный вестник Урала № 05 (159) 2017 <http://avu.usaca.ru/ru/issues/108/articles/2389> (Дата обращения — 12.09.2017 г.)
3. Рожина В. И., Дротикова А. М., Черницына В. Е., Земскова О. А. «Трипсы на кукурузе в Калининградской области» — статья в журнале — номер 1, 2016 год, страницы: 57–60 <https://elibrary.ru/item.asp?id=26164688> (Дата обращения — 12.09.2017 г.)
4. Семина, С. А. Влияние гербицидов и регулятора роста на засорённость посевов кукурузы / С. А. Семина, Ю. А. Семина. — С. 22–24. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21974152> (Дата обращения — 12.09.2017 г.)
5. Фокина И. «Золотой початок: обзор основных проблем выращивания кукурузы» — Статья опубликована в журнале «Агротехника и технологии» № 1 (59) январь-февраль 2017 <http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/25625-zolotoy-pochatok/> (Дата обращения — 12.09.2017 г.)
6. Цекоева Ф. К., Волощенко Е. В., Волощенко К. Ю. «Состояние земель сельскохозяйственного назначения Калининградской области» — статья в журнале — номер 2, 2017 год, страницы: 26–29 <https://elibrary.ru/item.asp?id=28825270> (Дата обращения — 12.09.2017 г.)
7. Шестаков П. А. Колотов А. П., Лаптев В. Р. История и перспективы возделывания кукурузы на Среднем Урале // Научные достижения и инновационные подходы к решению проблем растениеводства и животноводства на Урале. Т. 63. Екатеринбург, 2016. С. 197–203.
8. <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-zernovoy-kukuruzy-v-rossii/>
9. <http://ab-centre.ru/page/urozhaynost-kukuruzy>
10. [https://agrovesti.net/kaliningradskaya\\_oblast\\_itogi\\_razvitiya\\_apk\\_kaliningradskoy\\_oblasti\\_v\\_2016\\_godu.html](https://agrovesti.net/kaliningradskaya_oblast_itogi_razvitiya_apk_kaliningradskoy_oblasti_v_2016_godu.html)

## ФОТОГРАММЕТРИЯ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

### PHOTOGRAMMETRY. BASIC PRINCIPLES AND PRACTICAL APPLICATION

**M. Mikhaylova**  
**A. Akhmedov**  
**R. Shagibalov**

*Summary.* The use of luminaries, repairs, sets of energy, the body primed by means of technical means to make it possible to measure the parameters of objects, their position in space. The former has opened up a whole new horizon in determining the parametric characteristics of the subjects showed objective prevents science on the path of stable most three-dimensional model of the objects of study. To date, shooting equipment and methods of repair of objects have been developed at the ceremony, the methods of the device based on product programs for subsequent interpretation of the images are created. Photogrammetry has also found its application in medical technologies, especially in dental practice.

*Keywords:* CAD/CAM, dentistry, aperture, of prosthetic.

**Михайлова Мария Владимировна**

Ассистент, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И. М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)  
stom-maria@mail.ru

**Ахмедов Алиаскер Натиг оглы**

Ординатор, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И. М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)

**Шагибалов Руслан Римович**

Аспирант, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И. М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)

*Аннотация.* Использование светосилы, фиксация световой энергии, отраженной предметами с помощью технических средств, обеспечили возможность осуществлять точное измерение параметров предметов, их положение в пространстве. Фотограмметрия открыла совершенно новые горизонты в вопросах определения параметрических характеристик предметов, показала цели прикладной науки на пути составления масштабной объемной модели объектов исследования. На сегодняшний день разработано современное съемочное оборудование и методики фиксации объектов, созданы аппаратные методы на базе программных продуктов для последующей интерпретации получаемых снимков. Так же свое применение фотограмметрия нашла и в медицинских технологиях, особенно в стоматологической практике.

*Ключевые слова:* CAD/CAM, стоматология, светосила, ортопедические конструкции.

**Т**очное определение формы, размеров и положения предметов давно представляли научный и технический интерес. С помощью обычного описания предметов на основе визуального наблюдения можно было рассчитывать только на приблизительные данные о размерах и форме исследуемого объекта. Использование в целях повышения точности измерений прикладных математических методов позволило в некоторой степени добиться приблизительной точности, однако полученная картинка имело мало общего с реальным расположением предметов, с их формой и местом в пространстве.

Большая площадь исследуемого пространства, неоднозначность форм и размеров исследуемых объектов не позволяли обеспечить визуальную фиксацию в режиме реального времени, ограничивая тем самым прикладное значение исследований. Для создания точных карт и планов местности мало было использовать визуальную картинку на основе зарисовок и письмен-

ных описаний. Сказывалось отсутствие технических средств и возможностей для получения панорамного представления исследуемой зоны. Не имелись четкие методы и технические средства для фиксирования места расположения предметов и объектов в пространстве относительно друг друга. Появление фотографии открыло новые технические возможности для фиксации объектов во времени и пространстве, для составления подробного описания размера и формы предметов. Размеры и формы ортопедических конструкций в стоматологии [6].

Первые опыты с наложением отдельных снимков друг на друга указали на реальное направление ведения дальнейших работ по созданию точных описаний области исследования. Сначала в двухмерном варианте, а затем и в создании объемных геометрических моделей. Сначала существенным препятствием для точного составления объемного описания предметов в пространстве с помощью фотографии, определения разме-

ров и форм объектов на основе снимков, стала невозможностью интерпретировать фотографические снимки в практическую плоскость. Отсутствовали механизмы адаптации зафиксированной на фотографии картинке к реальной обстановке. С появлением новых фотокамер и математических алгоритмов на базе вычислительной техники стало возможным осуществлять запись на различные носители полученную визуальную информацию.

Многочисленные практические опыты и математические расчеты создали почву для появления фотограмметрии, прикладной научной дисциплины. Задачи, которые решает фотограмметрия, заключаются в технически точном определении размеров и форм объектов, фиксации их места в исследуемом пространстве на основе фотографических снимков [1].

Название точно передает всю техническую суть метода: фото — свет, грамма — запись и метрия — измерение. Сочетание всех трех аспектов обеспечивает получение необходимых информационных данных об объекте исследования путем светозаписи визуальной информации.

#### Фотограмметрия — направления развития, виды и методы работы

На сегодняшний день фотограмметрия широко используется практически во всех значимых для общества отраслях экономики и медицины [18]. Прикладное значение этой науки трудно переоценить. Картография, землеустройство, архитектура и инженерия, оборонная промышленность и военное дело в своей работе опираются на технические возможности фотограмметрии. Активно ведутся работы в данном направлении в судебно-медицинской криминалистике и в медицине. Основные базовые аспекты фотограмметрии используются в создании геоинформационных систем. Методика значительно увеличила технические возможности астрофизики и открыла новые горизонты развития космической отрасли. Стремительное улучшение и обновление существующих цифровых фотограмметрических систем, а также автоматизация практически всех производственных процессов, привели к увеличению производительности и улучшению качества фотограмметрических продуктов [7].

Сегодня метод определения размеров и форм объектов опирается не только на простое изучение и анализ фотографических данных. Фотограмметрия, благодаря техническому совершенству электронных записывающих устройств и компьютерной техники, обеспечивает высокую точность визуализации и описания объектов, делает возможным осуществить анализ места расположения объектов в пространстве с максимальной точно-

стью. Фотодетекторные матрицы имеют неизменную стационарную структуру связей элементов и постоянные параметры считывания информации со всех элементов видеодатчика без ее предварительной обработки [9]. Многие информационные системы, которые используются в практической плоскости, обеспечивают не только фиксацию информации, но и выполняют последующее редактирование, анализ полученных данных.

Фотограмметрия, как прикладная наука развивается по трем разным направлениям, каждое из которых характеризуется наличием определенного вида техники и приборов, используемых для считывания данных об объектах. В практической деятельности активно используются:

- ◆ аналоговая фотограмметрия;
- ◆ аналитическая;
- ◆ цифровая фотограмметрия.

Для аналоговой и аналитической фотограмметрии характерным является теоретический и практический метод оценки состояния объекта, его размеров, формы и положения в пространстве. Для этих целей используются аналоговые фотоснимки. Аналоговая фотограмметрия строится на работе оптико-механических аналоговых устройств и приборов, выполняющих с помощью кадровой съемки засечки предметов в пространстве и во времени. Аналитическая фотограмметрия построена на сочетании двух компонентов, геометрической модели объектов, разработанной с помощью вычислительной техники и данными, полученными в результате работы оптико-механических приборов. И в первом и во втором случае для практической работы используются аналоговые съемочные камеры, фиксирующие картинку. Существенным минус подобного метода заключается в систематических ошибках, допускаемых на снимках в результате искажений. Для нормальной работы всей съемочной системы требуется постоянная калибровка фотокамеры и проверка ориентации съемочной системы [2].

Трансформация аналогового снимка в набор метрических параметров, представляет собой процесс совмещения изображения одного и того же объекта на одном снимке в наклонной проекции с горизонтальным изображением уже на другом снимке, в одном и том же масштабе и за тот же интервал времени. Аналитическая геометрия имеет на вооружении необходимые формулы расчетов, с помощью которых устанавливается связь координат наклонного снимка и горизонтального изображения. Задача вычислений заключается в преобразовании имеющихся координат из одной системы в другую.

В случае с цифровой фотограмметрией получение данных об объекте основано на работе цифровых

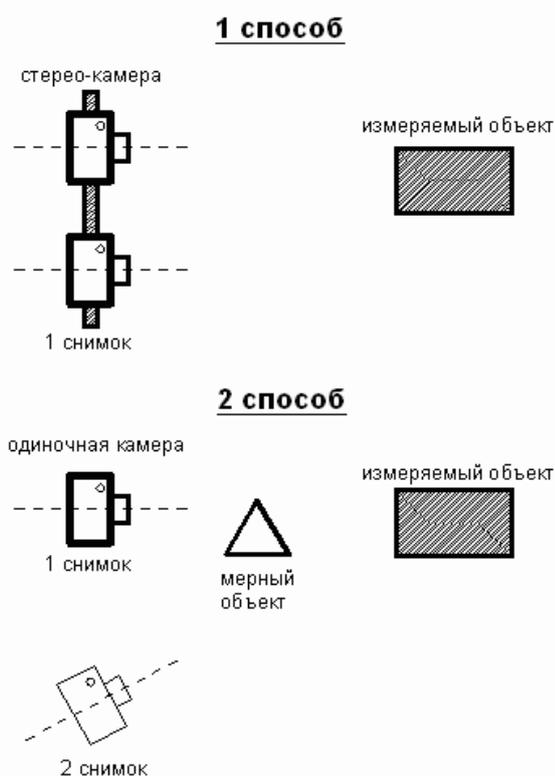


Схема 1. Способы расположения фотокамеры и предмета.

устройств, способных одновременно выполнять цифровые снимки и последующее построение геометрической модели на основе последующих автоматизированных вычислений. Для этого направлением характерным является наличие двух этапов: получение цифрового изображения. Далее следует обработка снимков с помощью специальных компьютерных программ. Получение цифровых снимков, в данном случае, может быть выполнено двумя способами: с помощью цифровой фотокамеры в режиме реального времени или при растровом сканировании уже имеющихся аналоговых фотоснимков.

Для цифровой фототехники используются координаты пикселей в наклонном снимке, которые заложены в матрицу в процессе внутреннего ориентирования камеры и калибровки объектива. Внешние данные для ориентации получают при обратных фотограмметрических вычислениях. Благодаря горизонтальным координатам строится матрица трансформированного изображения. Все допустимые углы наклоны определяются специальным программным обеспечением.

Исходным и главным рабочим инструментом для фотограмметрии является изображение объектов — сним-

ки. Для построения объемной модели на базе информации, полученной со снимков, используется принцип обратного фотографического процесса. Дать характеристику размерам объекта и его форме можно в процессе изучения одиночной фотографии в центральной проекции. Более точное, пространственное представление об объекте дает пара снимков с разных ракурсов, которые при наложении друг на друга перекрывают не менее 60% изображения.

Использование для составления описания характеристик предмета одиночного изображения называется фотограмметрическим методом, который способен дать представление о предмете только в двух плоскостях, X и Y. Фотограмметрический метод в данном случае подходит для построения плоской математической модели. Работа для получения данных об объекте в пространстве основана на изучении информации, полученной на паре снимков. Такой метод называется стереофотограмметрическим. Опираясь на пару снимков, сделанных из разных точек пространства, создается трехмерная модель объекта. Снимки перекрывают друг друга, давая возможность вычислить координаты X, Y и Z отдельных точек объекта уже в трехмерной плоскости.

Что бы построить фотограмметрическую модель исследуемой области на основании полученных снимков, устанавливается прямоугольная пространственная фотограмметрическая система координат — базовая основа стереопары. Для достижения необходимой точности измерений, используется угловая фотограмметрическая засечка. Обязательное условие, оба снимка как можно больше перекрывали друг друга. Что бы определить координаты точек, зафиксированных одновременно на двух снимках, необходимо знать координаты каждого центра проекции и соответственно сопоставлять их координатам точек на снимках. Это в идеальной ситуации. В реальности, лучи главной проекции отклоняются на определенные углы, а ось Хобычно развернута в горизонтальной плоскости. Несмотря на то, что значения углов невелики, их следует учитывать при последующих вычислениях.

Снимки объектов получают с помощью специального фотографического оборудования. В основном для работы используются кадровые фотоаппараты, способные выдавать на высокой скорости мультисерии снимков, фиксируя положение, формы и размеры объекта в пространстве за определенное время. С точки зрения основной задачи фотограмметрии главную информацию несет центральная проекция предмета, дополненная данными с другого фотоснимка. Стереопары или снимки, выполняемые с разных ракурсов и точек пространства, дают представление об объеме и форме предмета, о его положении [2].

Расположение фотокамеры во время съемки объекта в разных точках дает информацию относительно расположения исследуемого объекта в пространстве. На сегодняшний день практикуются два вида съемки, с использованием стереокамеры и работа с одиночной фотокамерой. На схеме изображен порядок расположения фотокамеры и предмета в первом и во втором случае.

Первый вариант — стереофотосъемка выполняется двумя фотокамерами, которые расположены на одной оси и ведут одновременно съемку предмета, с центрального ракурса и с бокового.

Второй вариант предполагает использование одиночной камеры для получения двух снимков объекта с разных ракурсов. Для взаимной ориентации полученных кадров в пространстве используется мерный объект, имеющий форму равностороннего треугольника.

Каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. Для стереофотосъемки отличительной особенностью является возможность получить кадры, находясь в одной точке, без привязки к исследуемой области. Качество изображений и точность в данном случае требуют соблюдения сносности положения всей съемочной системы и калибровки объективов.

Работа с одиночной камерой в этом аспекте выглядит проще и предпочтительнее. Наличие одной фотокамеры и мерного объекта существенно расширяет поле обследования и съемочную базу. Для мерного объекта можно использовать любой предмет, имеющий форму правильного треугольника. О недостатках метода можно говорить, если брать во внимание тот факт, что во время съемки требуется установка мерного объекта, для получения второго кадра необходимо сменить положение камеры. Снимки выполняются цифровыми камерами, которые обладают стабильными оптическими характеристиками, которые можно легко использовать при последующих вычислениях.

Применяемые сегодня в фотограмметрии оба метода съемки объектов обеспечивают высокую точность измерений, большую производительность и необходимую достоверность полученных данных. Благодаря фотограмметрии стало возможным вести дистанционное обследование предметов и объектов, доступ к которым ограничен или физически невозможен в силу их расположения или представляемой угрозы.

#### Устройства и приборы, используемые в фотограмметрии

Выше было сказано, что базовым предметом фотограмметрии является изображение объекта. Инстру-

менты, с помощью которого делаются снимки, это фотоаппараты и съемочные камеры, которые отличаются способом получения изображения. С практической точки зрения все съемочное оборудование делится на пассивные (ПСС) и активные (АСС) системы. Для CAD/CAM технологии применяют оптические сканеры, которые в дальнейшем позволяют фрезеровать каркасы бюгельных протезов [12, 19].

К пассивным съемочным системам относятся аппараты, способные фиксировать излучаемую объектами световую или тепловую энергию, формирующие изображение на основе собственного светового излучения или естественного света. Как правило, это телевизионные и фототелевизионные камеры, инфракрасные и многозональные камеры.

К активным съемочным системам относится оборудование, обеспечивающее построение структуры изображения на базе отраженного светового и волнового потока. К таким устройствам относятся разночастотные радиолокационные системы, лазерные съемочные системы, радио и интерферометрические станции. Качественным отличием активных систем съемки является использование в качестве источника данных отраженных электромагнитных волн определенного спектра и частоты.

Модели, получаемые в результате совмещения и взаимного ориентирования снимков стереопары, имеют произвольные масштаб и расположение в пространстве. Последующие вычисления осуществляются с использованием компьютеризированных программ и направлены на определения масштаба полученной модели. Осуществляется ориентация геометрической модели относительно основной системы координат по осям X, Y и Z.

Новая цифровая техника (ЦСК) имеет большую информационную емкость, что позволяет значительно увеличить технические возможности получения изображений в цифровом формате. Цифровые съемочные камеры активно используются в наземной стереофотограмметрии. Помимо применения цифровой техники в архитектуре, геодезии и топографии, сегодня наметился переход на более качественное использование цифровых изображений в медицинских целях, в других прикладных отраслях науки и техники. Цифровые изображения объектов практически лишены искажения, для обработки полученных снимков не требуется трудоемкого фотохимического процесса и сканирования, которые часто приводят к потере необходимого качества снимков. Параллельно с техническим совершенством цифровых камер следует отметить их высокие функциональные возможности. В процессе съемки можно осу-

ществлять непосредственный контроль над качеством изображения и позиционирования самой камеры [3].

В заключение необходимо остановиться на аппаратных технических средствах, позволяющих трансформировать аналоговые снимки в цифровое изображение. Речь идет о фотограмметрических сканерах. Первые модели увидели свет в 1990 году, когда появилась необходимость обработки аналоговых фото и киноматериалов в цифровой формат. Для первых моделей свойственными были слабые функциональные и метрические возможности. Работать можно было только с черно-белыми снимками или с цветными фото в узком диапазоне. Швейцарская (Seiko) и немецкая (Carl Zeiss) компании выпустили ряд аппаратов, которые носили уже промышленный характер и стали ограниченно использоваться в киноиндустрии.

Ограниченность применения обусловлена высокой стоимостью установок. Фотограмметрические станции в отличие от сканеров более доступны, мобильны и удобны в эксплуатации [4].

### Сфера использования фотограмметрии. Основные аспекты применения

Технические характеристики и возможности современных цифровых устройств существенно расширили сферу практического применения фотограмметрии. Возможности, которыми обладает современная фотограмметрия, позволяют с высокой точностью определять положение объектов в пространстве, создавать трехмерные модели предметов, на основании которых осуществляются научные и прикладные исследования.

Перед проведением хирургических вмешательств в стоматологии у пациентов снимают оттиски, с целью изготовления диагностической модели и последующего переноса координат поверхности данной модели в компьютер [8].

На сегодняшний день основными направлениями практического применения фотограмметрии являются картография и землеустройство, астрофизика и прикладная сфера в науке и технике. Основная задача, которую решает сегодня фотограмметрия — это составление карт, планов местности, корректировка существующих топографических карт с учетом изменений ландшафта и рельефа. На основании топографических данных, полученных с помощью аэрофотосъемки и геодезических исследований, создаются кадастровые планы, карты лесных и сельскохозяйственных угодий, ведется учет объектов землепользования. Геология и археология используют возможности фотограмметрии для оценки состояния

поверхностного слоя и недр земной поверхности. В стоматологии получают оптические слепки улыбающегося лица пациента и лица с оттиском в полости рта, причем на внешней поверхности оттисковой ложки нанесены маркеры, в виде выдавленного рельефа [11]. Очень важна передача оптической пропорции в медицине. Под пропорцией понимают закономерное соотношение частей предметов или явлений между собой и целым [13].

Съемка объектов, основанная на принципах фотограмметрии, в настоящее время является основным механизмом для проектирования в градостроительстве и конструирования в авиа и автомобилестроении. Инженерно-проектные работы, связанные с созданием объектов городской и транспортной инфраструктуры, объектов социальной сферы практически всегда опираются на измерения и данные, полученные методами фотограмметрии.

Существует способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении, отличающийся тем, что получают оптический слепок улыбающегося лица пациента с реперными объектами закрепленными на зубах, снимают оттиск с верхней челюсти пациента с реперными объектами, снимают оттиск с нижней челюсти пациента, отливают модели верхней челюсти пациента с реперными объектами и нижней челюсти, дважды сканируют модель верхней челюсти сначала с надетыми на нее реперными объектами, а потом без, отдельно сканируют модель нижней челюсти, затем сопоставляют [15]. Применение цифровых технологий значительно повышает качество лечения и облегчает работу врача-стоматолога. Наиболее информативными являются методики получения трехмерного изображения, так как дают полную клиническую картину и возможность прогнозировать эстетический результат лечения. Активно используется составление плана лечения в пластической хирургии и косметологии, существуют программные комплексы по моделированию результата оперативного вмешательства [17].

С успехом фотограмметрия применяется в медицине. Стереофотосъемка обеспечивает широкие возможности для изучения строения тела человека и оценки рельефа лицевой части. Использование полученных снимков создает реальные возможности для моделирования в области пластической хирургии, в ортопедии и в протезировании. Трехмерные модели внутренних органов и участков тела выполняются с учетом анатомических особенностей человеческого организма [5]. Для внутриротового сканирования требуется меньше времени, чем при аналоговой технике оттиска [14]. В современной стоматологии очень важен процесс фотограмметрии при использовании анализа рельефа зубных рядов и их

фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов [18].

Во многих отраслях науки и техники разработаны компьютерные технологии, которые сочетают в себе возможности фотограмметрии. В ряде случаев используются съемочные системы, разработанные на базе электронных микроскопов. Высокая разрешающая способность и цветочувствительность обеспечивают возможность осуществлять лабораторную съемку труднодоступных объектов на малых и сверхмалых расстояниях. Благодаря техническим характеристикам современных видеокамер, фотограмметрия легла в основу стереовизуализации. Создаваемые съемочные системы способны передать форму и размеры, цвет и оттенки предметов любого размера, начиная от самых больших и заканчивая сверхмалыми объектами. Результатом работы таких систем являются готовые 3D модели территории обширной площади, трехмерные модели малых и труднодоступных объектов. Полученные результаты визуально оцениваются на мониторе, программные продукты и приложения обеспечивают анализ данных и практическую работу с ними. Вся информация теперь заносится в каталоги, представлена не только в печатном виде, но и хранится на жестких носителях для последующего использования. Существуют основные этапы адаптации CAD/CAM технологий под специальные технологические требования, которые предъявляются к оборудованию, используемому в ортопедической стоматологии [16].

На данный момент существуют несколько способов визуализации результатов, полученных в ходе фотограмметрических исследований. К наиболее часто используемым относятся:

- ◆ создание базовой матрицы за счет разницы цифровых моделей;
- ◆ эффект пошагового колорирования цифровой модели объекта с точечной сеткой;
- ◆ создание и построение профилей объектов, моделирование сечений и области в разрезе;
- ◆ динамическая визуализация, основанная на оценке объекта в трехмерном измерении;
- ◆ построение и создание круговых сечений объектов.

Большая часть фотограмметрических методов измерения объектов имеют логическое продолжение в виде компьютеризированных системы обработки данных. Программные продукты позволяют интерпретировать данные с полученных снимков в трехмерные модели, как отдельных объектов, так и обширных площадей. Компьютерная техника обеспечивает высокую скорость обработки цифровых снимков, сохраняя мельчайшие детали объекта. Специальные программы устраняют

возможные погрешности фотограмметрических измерений, сохраняют картинку максимально приближенную к реальности.

## Заключение

Использование в современных условиях оптических свойств предметов, применение на практике прикладных математических методов анализа, в корне изменило представление о точности измерений. Данные, полученные с помощью фотосъемки, дают наиболее полное представление об исследуемом объекте, о его положении в пространстве. Фотограмметрия, опираясь на технические возможности современной цифровой и вычислительной техники, представляет собой уникальный способ фиксации метрических параметров и измерений. Постоянная работа над совершенствованием способов фотосъемки и методов анализа полученной визуальной информации, дает основание говорить о значимости фотограмметрии для развития современной науки и техники. Характеристики цвета — яркость, насыщенность и собственно оттенок — играют неравнозначную роль в создании суммарного впечатления. В силу особенностей своего рецепторного аппарата человеческий глаз более восприимчив к разнице в яркости, нежели к разнице в насыщенности и оттенке, но, тем не менее, ошибка в определении любого из этих параметров может негативно сказаться на внешнем виде реставрации [10].

Значительным шагом в области практического применения методов цифровой съемки стала высокоточная визуализация сверхмалых предметов или объектов, расположенных на больших расстояниях. Фотограмметрия в комплексе с компьютерными программами и обеспечивает визуальный обзор скрытых объектов или предметов, доступ к которым затруднен в силу определенных причин.

До появления крупноформатных камер и сканеров, программное обеспечение выбиралось свободно, в зависимости от технической необходимости и способа обработки данных. Сегодня работа цифрового съемочного оборудования определяет вид и тип программного продукта для достижения необходимого результата [6].

Однако, несмотря на очевидные преимущества использованных методик, применение фотограмметрии в отдельных отраслях хозяйствования сталкивается с определенными трудностями. Недостаточная техническая подготовка обслуживающего персонала, отсутствие научного осмысления реальных возможностей фотограмметрических методов для практического использования, является на сегодняшний день существенным препятствием для более достижения более значимых и качественных результатов в науке и технике.

Постоянно растет потребность увеличить автоматизацию процесса съемки и последующей обработки цифровой информации. Потребность локального использо-

вания фотограмметрии в определенных областях науки и техники требует создания специальных программных продуктов и приложений.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобир Н. Я., Лобанов А. Н., Федорук Г. Д., Фотограмметрия, М. Недра, 1974 г. 472 с.
2. Дубиновский В. Б. Калибровка снимков. — М. Недра, 1982 г. -С. 220–224
3. Б.В. Краснопевцев, Фотограмметрия, М. 2008 г. .29 с.
4. Олейник С. В. Фотограмметрические сканеры, Геопрофи, № 3, 2004 г. -С.21–22
5. Ряховский А.Н., Дегтярев В. М., Юмашев А. В., Ahlering A. Автоматизированная система протезирования зубов «DENTAL» // Информатизация регионов России»: Тез. докл. СПб.,—1995. -С. 33–37.
6. Беленький В.Е., Широкова Л. И. — Ортопедическая травматология // —1969,—№ 4. — С. 6–7.
7. Г. Гольдберг, Прошлое и настоящее цифровой фотограмметрии, Метрум, Рига, 2007 г., С. 28
8. Ряховский А.Н., Рассадин М. А., Левицкий В. В., Юмашев А. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А. — Объективная методика оценки изменений топографии объектов полости рта // Панорама ортопедической стоматологии. — 2006. — № 1. — С. 8–10.
9. Катус П.Г., Катус Г. П. Системы машинного видения с интеллектуальными видеодатчиками // Информационные технологии. —2001,— № 10,— С. 28.
10. Макеева И.М., Юмашев А. В., Москалев Е. Е. Значение освещения при определении цвета зубов в клинике // Институт стоматологии. — 2006. — Т. 1. — № 30. — С. 130–131.
11. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении // Патент на изобретение RU2306113 28.09.2006.
12. Утюж А., Юмашев А., Михайлова М. Ортопедические конструкции из сплавов титана при непереносимости традиционных зубных протезов // Врач. —2016. —№ 7. —С. 62–64.
13. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Значение пропорций в формировании эстетического восприятия // Панорама ортопедической стоматологии. 2007. —№ 3. —С. 18–21.
14. Юмашев А.В., Михайлова М. В., Кудерова И. Г., Кристаль Е. А. Варианты использования 3d сканирования в ортопедической стоматологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. —2015.—Т. 9.—№ 1.—С. 2–6.
15. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении. Патент РФ № 2306113. А61С 9/00. Бюл. № 26, 2007.
16. Юмашев А.В., Ряховский А. Н. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. — 1999. — Т. 78. — № 4. — С. 56–58.
17. Ряховский А.Н., Левицкий В. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А., Юмашев А. В. Сравнительная оценка методов трехмерного сканирования лица // Панорама ортопедической стоматологии. — 2007, — № 4, — С. 10–13.
18. Юмашев А. В. Использование анализа рельефа зубных рядов и их фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов: автореф. дис. ... канд.мед. наук. Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (ЦНИИС). Москва. 1999. 18 с.
19. Utyuzh A.S., Yumashev A. V., Mikhailova M. V. Spectrographic analysis of titanium alloys in prosthetic dentistry // Journal of Global Pharma Technology. 2016. —Т. 8. —№ 12. —С. 7–11.

---

© Михайлова Мария Владимировна ( stom-maria@mail.ru ), Ахмедов Алиаскер Натиг оглы, Шагибалов Руслан Римович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ПОДВОДНОГО ЛИДАРА

### HARDWARE-SOFTWARE PHOTO-RECEIVING UNIT OF THE UNDERWATER LIDAR

**S. Rozov  
M. Yagudin**

*Summary.* The article is devoted to the development of a hardware-software two-channel device for receiving and processing the backscattered signal of an underwater lidar using the NI LabVIEW software environment for processing and visualization of the signal, as well as control the device for the allocation of extended inhomogeneity of the aqueous medium with a change in the refractive index by 20% to a depth of 100 meters. The developed device can be modified to use the required component base without significant structural changes

*Keywords:* underwater lidar, the backscatter signal, a photodetector, LabVIEW.

**Д**истанционное зондирование верхнего слоя океана с помощью лидаров применяется для измерения гидрооптических параметров морской воды, картографирования рельефа прибрежных районов морского дна, изучения экологической обстановки вблизи поверхности океана.

К настоящему времени было предложено несколько методов лазерного зондирования водной среды, однако наибольшее распространение получила схема простого импульсного лидара, которая позволяет достичь максимальной глубины зондирования. Принцип действия такого лидара состоит в излучении в толщу воды коротких световых импульсов в узком телесном угле и приём сигналов обратного рассеяния (СОР), несущих информацию о распределении слоёв мутности и препятствиях на пути зондирующего излучения.

В связи с сильным поглощением и рассеянием в воде, принимаемый лидаром сигнал обратного рассеяния быстро затухает с глубиной по закону близкому к экспоненциальному [2]. Максимальная глубина зондирования определяется величиной ослабления сигнала в водной среде, энергией излучаемых импульсов, величиной солнечной засветки и шумами системы. В прозрачных океанских водах с показателем ослабления  $\sim 0,1 \text{ м}^{-1}$  глубина зондирования может составлять более 100 м, тогда как в более мутных водах она существенно меньше.

**Розов Сергей Владимирович**

*К.т.н., Санкт-Петербургский политехнический университет Петра, Великого, Россия, г. Санкт-Петербург  
svroz@yandex.ru*

**Ягудин Митрофан Минрауфович**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Статья посвящена разработке программно-аппаратного двухканального устройства приема и обработки сигнала обратного рассеяния подводного лидара с использованием программной среды NI LabVIEW для обработки и визуализации сигнала, а также управления устройством для выделения протяженной неоднородности водной среды с изменением показателя преломления на 20% до глубины 100 метров. Разработанное устройство может быть модифицировано под использование требуемой компонентной базы без существенных конструктивных изменений.

*Ключевые слова:* подводный лидар, сигнал обратного рассеяния, фотоприемник, LabVIEW.

В ходе данной работы было разработан макет программно-аппаратного двухканального устройства приема и обработки СОР подводного лидара с использованием программной среды NI LabVIEW для обработки и визуализации сигнала и управления устройством для выделения протяженной неоднородности водной среды с изменением показателя преломления на 20% до глубины 100 метров.

Алгоритм обработки сигнала  
обратного рассеяния

На данный момент применяются следующие алгоритмы обработки СОР[3]:

1. Нормировка сигналов лидара на максимум мощности излучения лазера.
2. Корректировка привязки сигналов лидара к моменту излучения лазерного импульса.
3. Разбиение приемного устройства на два канала приема сильного и слабого сигнала.
4. Логарифмирование сигналов.
5. Нормировка на сигнал чистой воды.
6. Усреднение данных за заданный промежуток времени.
7. Обработка сигналов двух каналов поляризационного лидара.
8. Применение статистических методов обработки сигналов.
9. Свертка сигналов.

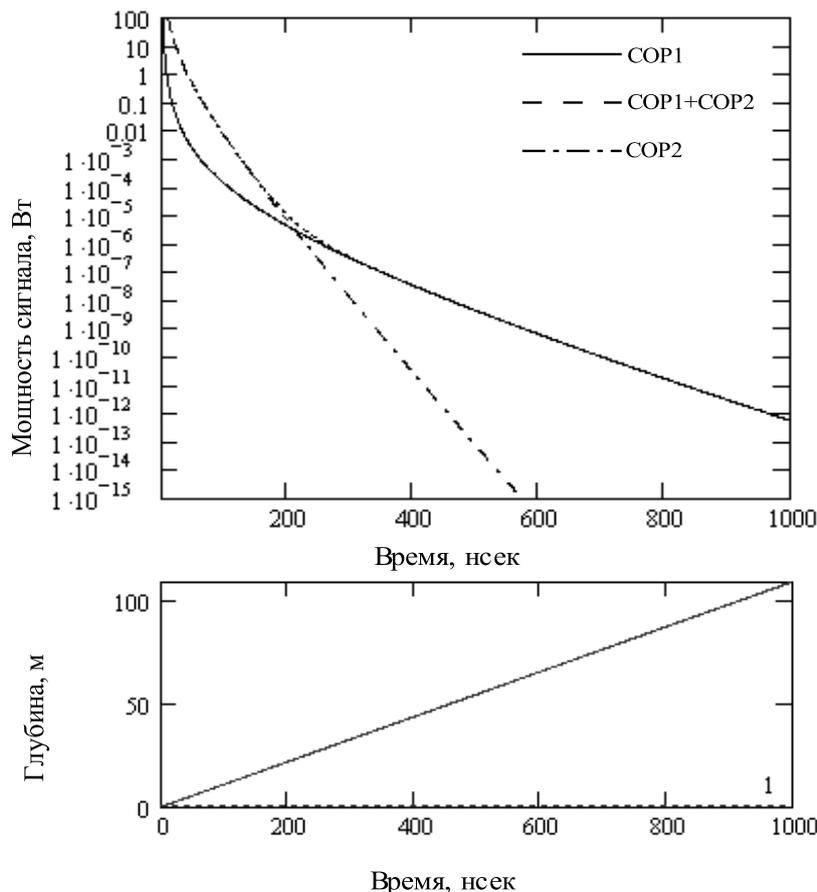


Рис. 1. Зависимость COP от глубины

В проектируемом устройстве применены алгоритмы обработки с 1 по 6. Возможно осуществить применение остальных алгоритмов при доработке устройства.

Мощность сигнала обратного рассеяния [1] определяется соотношением между уровнями сигналов, сформированными за счет однократного и многократного рассеяния:

$$P_{COP}(z) = P_{COP1}(z) + P_{COP2}(z) \quad (1)$$

где  $P_{COP1}(z)$ -мощность сигнала COP в приближении однократного рассеяния:

$$\frac{P_{COP1}(z)}{P_0} = K_{OIT} \left( \frac{\sigma_{\pi ct_{\text{ум}}}}{8n} \right) r_n^2 \frac{\exp(-2\varepsilon z)}{z^2} \frac{\alpha_n^2}{\alpha_n^2 + \alpha_n'^2}, \quad z \gg b \quad (2)$$

$P_{COP2}(z)$ - мощность сигнала COP в приближении многократного рассеяния:

$$\frac{P_{COP2}(z)}{P_0} = K_{OIT} \left( \frac{\sigma_{\pi ct_{\text{ум}}}}{8n} \right) \frac{r_n^2 \exp[-2\varepsilon z(1-\Lambda)] \alpha_n^2}{4\mu^2(\Lambda\varepsilon)z^3 + (\alpha_n^2 + \alpha_n'^2)z^2} \quad (3)$$

На основе рекомендаций и соотношений, приведенных в источниках, при расчете были использованы следующие значения параметров лидара и морской воды:

$\sigma=0,15$  – коэффициент поглощения;  
 $\varepsilon=0,25$  – коэффициент ослабления;  
 $\chi\tau=0,024$ ;  $\mu=0,071$  – параметры индикатрисы рассеяния;

$\Lambda=0,6$  – вероятность выживания фотона;  
 $g_p=0,1$  – радиус приемного объектива;  
 $t_{\text{им}}=5$  нс – длительность импульса;  
 $n=1,35$  – коэффициент преломления воды;  
КОПТ – коэффициент потерь света в оптической системе (~0,7).

$\alpha_p=\alpha_i=0,01$  – полуширина поля зрения приемника и половина ширины луча лазерного передатчика;

По формулам (1), (2), (3) построен график зависимости (рис. 1) уровня входного сигнала от времени для сигналов COP1 и COP2 и суммарного сигнала для лазера на Nd:Yag с длиной волны 532 нм, длительностью 5 нсек и энергией 400мДж, так же приведен график соответствия времени и глубины.

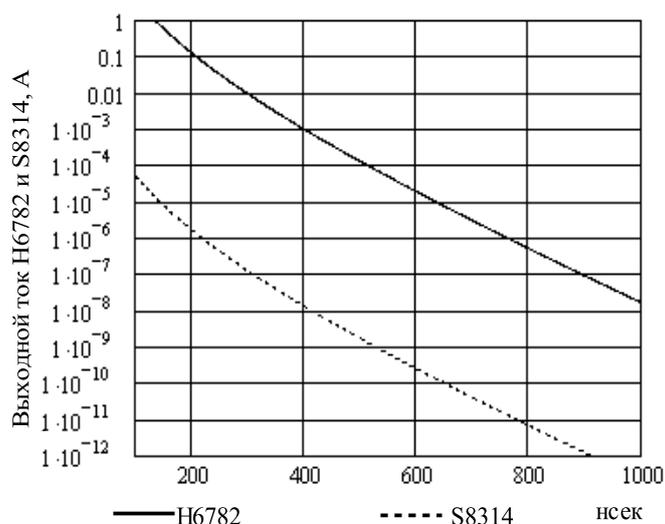


Рис. 2. Выходной сигнал ФЭУ H6780 и

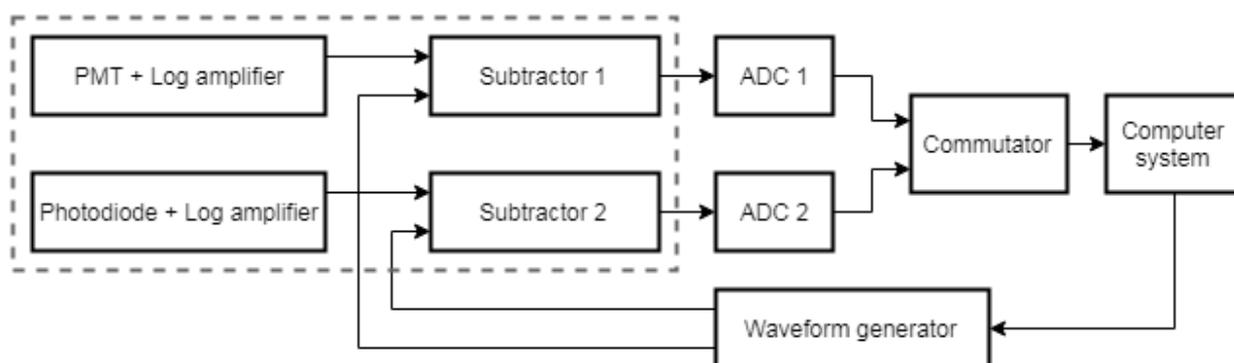


Рис. 3. Структурная схема устройства обработки сигнала

### Принцип работы и структурная схема

В связи с тем, что мощность сигнала обратного рассеяния с увеличением глубины убывает экспоненциально, динамический диапазон СОР для глубин от 5 до 100 метров равен  $\sim 10^{13}$  (рис. 1), в то время как динамический диапазон ФЭУ не превышает  $\sim 10^{10}$ . В связи с этим, приемную часть лидара целесообразно разделить на два канала — большой и малой мощности. Кроме этого, по данным фирмы Hamamatsu [4], деградация ФЭУ типа H5773/H6780, связанная с засветкой мощным сигналом, начинается при превышении выходного тока ФЭУ 100 мкА, т.е. точка деления каналов соответствует глубинам 20–30 м. В этом случае в качестве фотоприемного устройства канала большой мощности целесообразно использовать фотодиод (типа S8314). На рис. 2 показан зависимость выходного тока ФЭУ и фотодиода от глубины.

### Структурная схема и алгоритм обработки СОР

Структурная схема устройства обработки сигнала представлена на рис. 3.

С ФПУ сигналы обоих каналов проходят через логарифмические усилители, где зависимость мощности СОР от времени становится близкой линейной. Затем, сигналы обоих каналов поступают на вычитающие устройства, где происходит нормировка на сигнал чистой воды. Для этого на вычитающем устройстве из выходного сигнала логарифмирующего усилителя вычитается сигнал с генератора сигналов специальной формы (ГССФ).

Генерация сигнала чистой воды производится в программной среде LabVIEW. Форма сигнала может быть задана двумя способами: рассчитана как усреднение многократно измеренных СОР в данном водоеме на на-

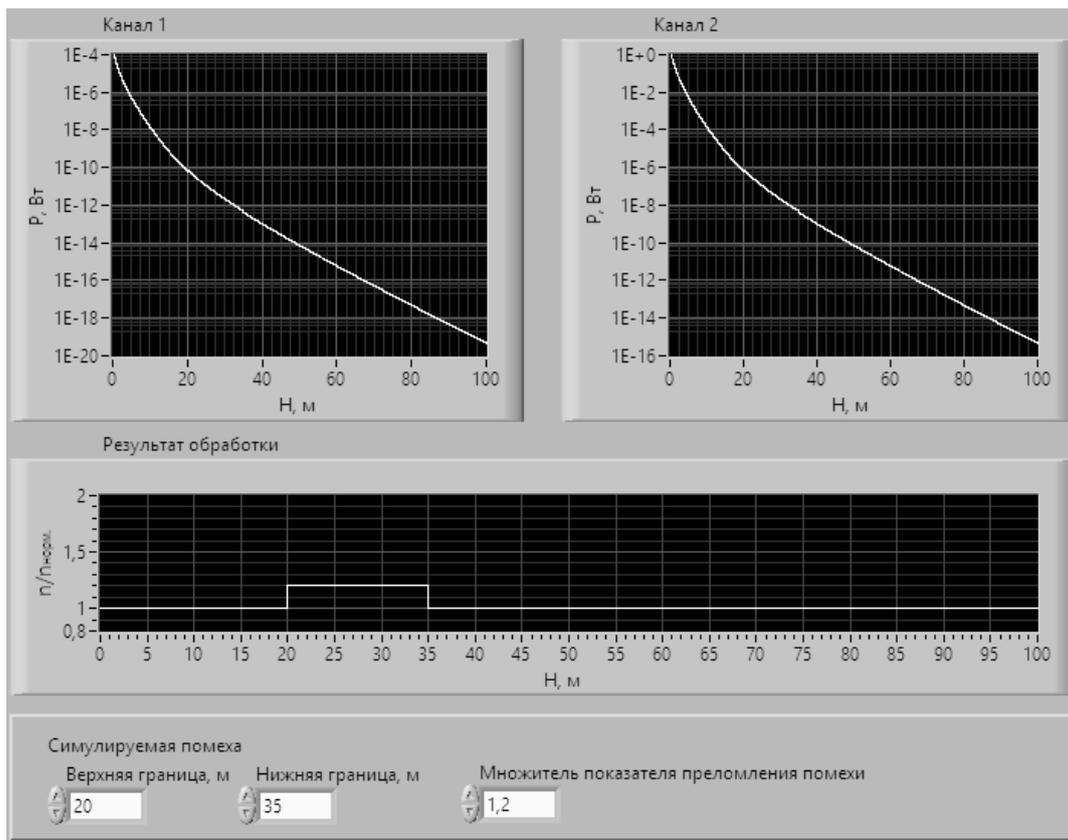


Рис. 4. Обработка сигнала обратного рассеяния на глубине 20–35 м

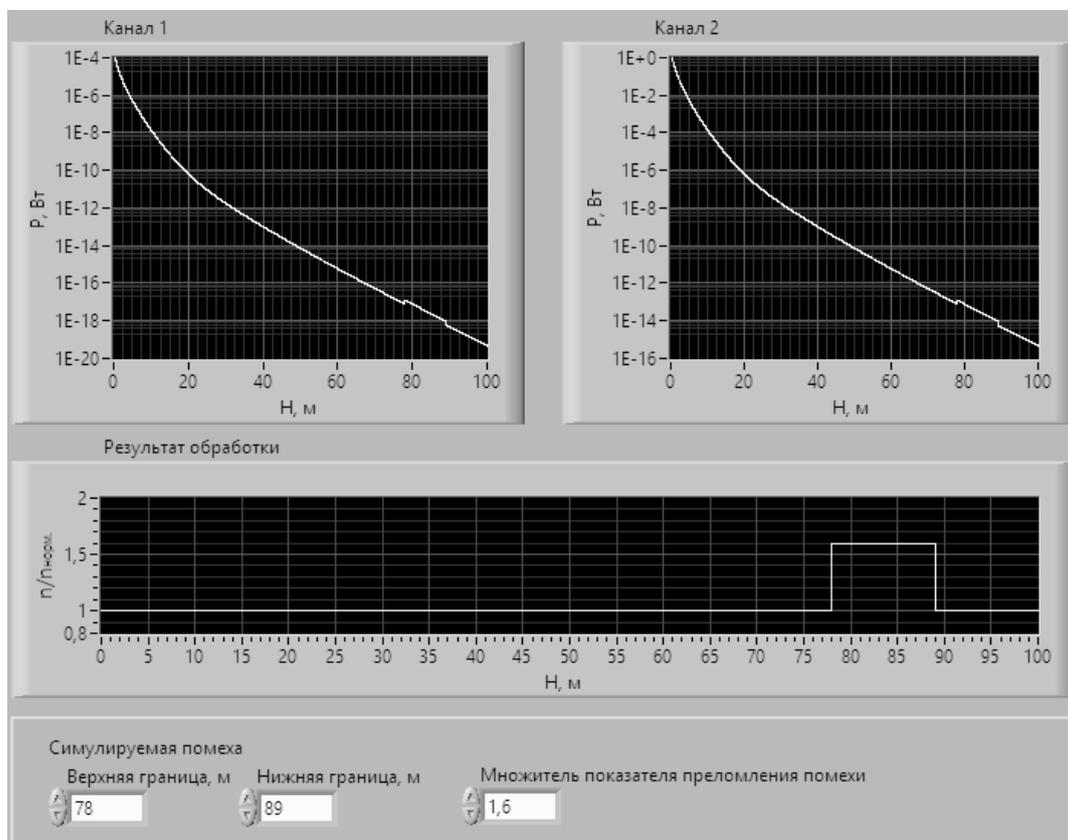


Рис. 5. Обработка сигнала обратного рассеяния на глубине 78–89 м.

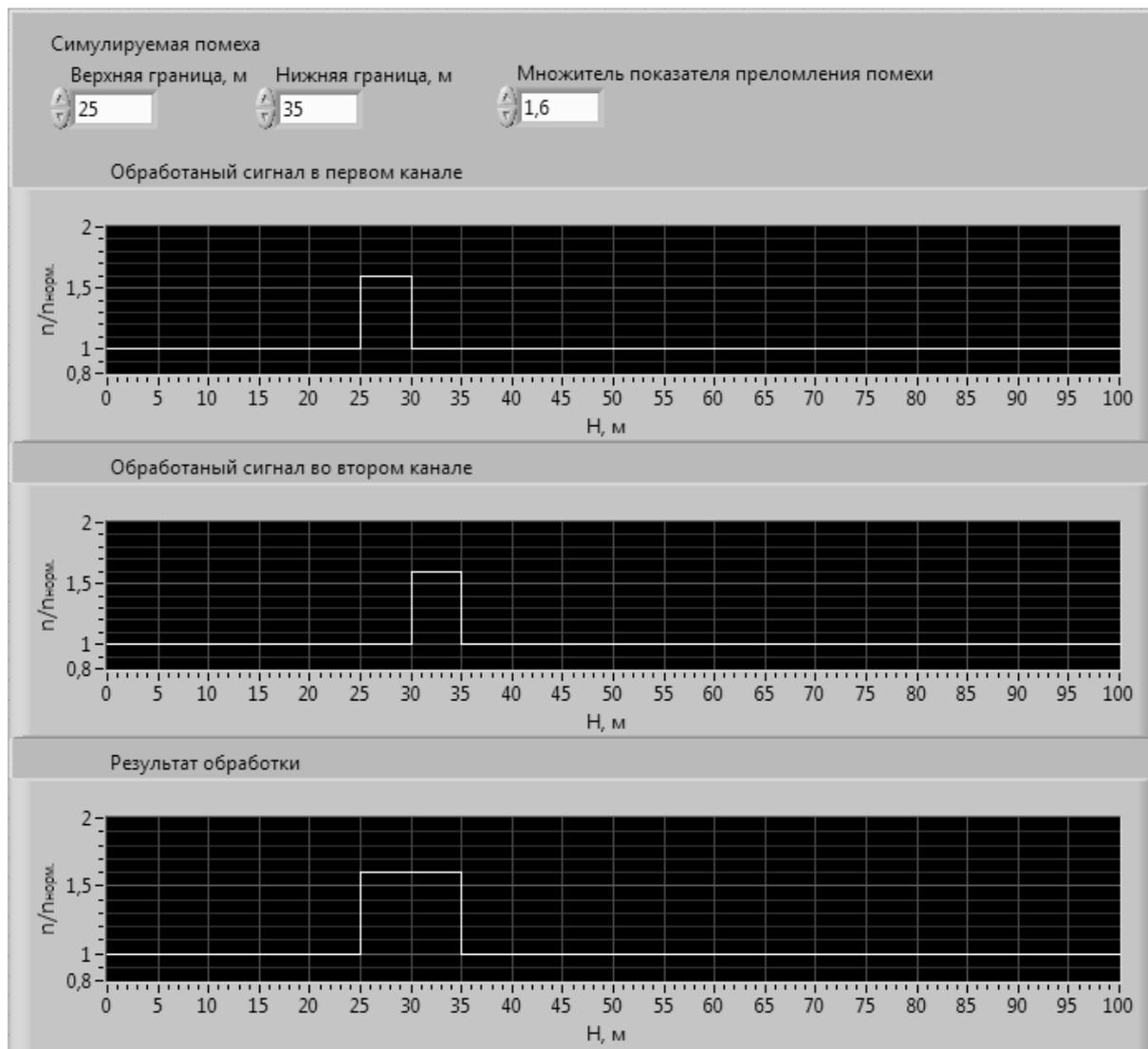


Рис. 6. Результат обработки симулированного сигнала с помехой, расположенной на границе разделения каналов.

чальном этапе работы или задана по формуле (1) с учетом всех характеристик соответствующих водоему.

С выхода вычитающих устройств сигналы поступают на аналоговые входы АЦП и в программной среде NI LabVIEW производится их оцифровка. Оцифрованные сигналы «сшиваются» в коммутирующем ВП, канал 1 предназначен для работы с большими сигналами (глубина менее 30 м), канал 2 — с малыми сигналами (глубина более 30 м). Затем коммутированный сигнал обоих каналов подается на вход программного устройства обработки СОР.

Применение вычитающего устройства до АЦП позволяет при сохранении точности и динамического диапазона устройства в целом, резко уменьшить требуемую разрядность АЦП.

Фотоприемники на базе ФЭУ и фотодиода, логарифмические усилители и вычитающие устройства выполнены отдельным блоком. Управление и обработка сигналов АЦП 1 и АЦП 2и коммутирующего устройства реализуются в программной среде NI LabVIEW. В работе применено 2-канальное 14-разрядное АЦП типа SignatecPDA14 с возможностью управления от внешнего триггера. Также предусмотрена внутрипрограммная коммутация данных при использовании АЦП другого типа и замене драйвера устройства (АЦП PCI-5153 фирмы National Instruments). ГССФ выполнен на базе программируемого генератора сигналов LeCroy 9109 с управлением от разработанного устройства. Синхронизация работы устройства в целом осуществляется от блока управления лазерным излучением (на схеме не показано).

В программной части устройства используются два виртуальных прибора (ВП):

- ◆ ВП для обработки сигнала, осуществляющий собствен прием и обработку сигналов АЦП и запись и визуализацию данных.
- ◆ ВП включающий в себя блок симуляции сигнала лидара с регулируемой глубиной расположения помехи и показателем преломления помехи и блок обработки этого сигнала, а также формирует сигнал «чистой воды» и управляет ГССФ.

В режиме симуляции ВП также формирует имитационный сигнал неоднородности, подаваемый на вход вычитающего устройства со второго выхода ГССФ. Далее работа устройства происходит аналогично вышеописанному. Программным способом можно также добавлять имитацию шумов СОР и приемного тракта

На рис. 4 и 5 представлены результаты работы ВП:

На рис. 6 показан вид сигналов на входе и выходе коммутирующего устройства в случае присутствия протяженной неоднородности, расположенной на глубине с 25 до 35 метров (одновременно в обоих каналах), с показателем преломления в 1.6 раза превышающим показатель преломления чистой воды.

Как видно из рисунка, в случае симулированного сигнала с помехой, расположенной на границе каналов, сигнал обрабатывается корректно и общий сигнал неоднородности является суперпозицией сигналов каждого их каналов.

Разработанное двуканальное фотоприемное устройство сигналов обратного рассеяния подводного лидара позволяет визуально определить присутствие и расположение протяженной неоднородности водной среды при изменении коэффициента преломления воды на 20%. Применение фотодиода в канале приема сильного сигнала позволяют использовать его для подводного лидара с глубиной зондирования практически от 0 м до 90–100 метров без опасности деградирования фотодетекторов.

При дальнейшей доработке прибора возможно добавление программного определения типа преграды (водная среда с отличающимся показателем преломления/затухания, или непрозрачная преграда/дно) по величине отклика СОР.

Разработанное приемное устройство подводного лидара может быть без существенных конструктивных изменений модифицировано под использование требуемой компонентной базы. Целесообразно перейти на платформу приборов PXI для уменьшения габаритов системы и использования более современных устройств ввода/вывода данных.

Также, для увеличения достоверности результатов обнаружения и увеличения максимальной глубины зондирования, возможно проведение вторичной обработки сигнала методами свертки и статистической обработки сигналов в этой же программе.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карасик В.Е., Орлов В. М. Лазерные системы видения: Учебное пособие. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э Баумана, 2001–352с.
2. Лучинин А. Г. Теория подводного лидара со сложно модулированным пучком подсветки // Известия российской академии наук. Физика атмосферы и океана 2012. Т. 48. № 6. С. 663–671.
3. Dolin L.S., Dolina I. S., Savel'ev V.A. A lidar method for determining internal wave characteristics // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 2012. Т. 48. № 4. С. 444–453.
4. PHOTOMULTIPLIER TUBES. Basic and applications [http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT\\_handbook\\_v3aE.pdf?ga=2.79821791.971815948.1522684571-1904463120.1522684571 \(02.04.2018\)](http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT_handbook_v3aE.pdf?ga=2.79821791.971815948.1522684571-1904463120.1522684571 (02.04.2018))

---

© Розов Сергей Владимирович ( svroz@yandex.ru ), Ягудин Митрофан Минрауфович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КОМПЛЕКС АБСТРАКТНЫХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## COMPLEX OF ABSTRACT AND MATHEMATICAL MODELS FOR STUDYING PROPERTIES AND PARAMETERS OF SPECIAL-PURPOSE COMMUNICATION SYSTEMS

**A. Burdin**  
**G. Baiseitov**  
**S. Krivtsov**  
**O. Duisembekov**  
**V. Dmitriev**

*Summary.* the paper considers a set of abstract and mathematical models of special-purpose communication systems. General methodological principles of research of communication systems, as well as the principles of construction of conceptual, content and mathematical models of communication systems for special purposes.

*Keywords:* special purpose communication system, decision-making process, official, decision-makers, principles of communication systems research, conceptual model, informative model, mathematical model.

**Бурдин Александр Георгиевич**

*К.в.н., доцент, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
*staskriv1979@yandex.ru*

**Байсаитов Гани Нуралиевич**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
*bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru*

**Кривцов Станислав Петрович**

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

**Дуйсембеков Оркен Авайсканович**

*Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
*arlan070707@mail.ru*

**Дмитриев Владимир Иванович**

*Д.т.н., профессор, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
*Vidmitriev949@yandex.ru*

*Аннотация.* в работе рассмотрен комплекс абстрактных и математических моделей систем связи специального назначения. Общие методологические принципы исследования систем связи, а также принципы построения концептуальных, содержательных и математических моделей систем связи специального назначения.

*Ключевые слова:* система связи специального назначения, процесс принятия решения, должностное лицо, лицо принимающие решение, принципы исследования систем связи, концептуальная модель, содержательная модель, математическая модель.

**С**истемы связи специального назначения (СССН) являются человеко-машинными системами и относятся к классу целенаправленных управляемых систем, управляющая роль в которых принадлежит человеку или лицу, принимающему решение (ЛПР). Такими системами занимается кибернетика и, в частности, теория исследования операции. При использовании термина исследование операции, имеется в виду применение различных методов для моделирования существенных свойств систем и анализа их параметров (характеристик), между тем СССР — сложная иерархическая струк-

тура, состоящая из большого множества систем связи по звеньям управления, существенно различающихся по оперативно-тактическим условиям функционирования, предъявляемым функциональным требованиям и коренным образом отличающихся от гражданских систем[1].

В процессе принятия решения выявляется процедуры формулировки (определения) целей систем связи специального назначения, выбора показателей степени достижения цели, синтеза возможных альтернатив пове-

дения и выбора из них наиболее рациональных. Для них характерны высокая степень ответственности за принятые решения часто влекущая за собой серьёзные последствия. а также высокая степень неопределенности исходных данных. Важную роль в этих условиях играет выбор аппарата оценки эффективности принимаемых решения должностными лицами, а также некоторую долю уверенности в правильности определенных путей и направлении развития рассматриваемых систем.

Наиболее общим методологическим принципам исследования системы связи, рассматриваемым в статье, в настоящее время является системный подход. В рамках системного подхода взаимосвязанная система связи специального назначения рассматривается как техническая основа (как составная часть) системы управления операцией (систем более высокого порядка). Методология исследования таких систем основана на сочетании методов индукции (рассмотрения от простого к сложному или от частного к общему) и дедукции (декомпозиции), то есть рассмотрение от общего к частному, от сложного к простому. Воспользуемся частным случаем такого подхода — рассмотрение системы связи в рамках иерархической структуры, основными признаками которой являются:

- ◆ последовательное вертикальное расположение подсистем (сетей связи), составляющих данную систему (вертикальная декомпозиция);
- ◆ приоритет действий или право вмешательства подсистем верхнего уровня;
- ◆ зависимость действий подсистем верхнего уровня от фактического исполнения нижними уровнями своих функций.

При описании системы связи специального назначения целесообразно рассмотреть три вида иерархии:

- ◆ иерархия описания или абстрагирования;
- ◆ иерархия цели;
- ◆ иерархия принятия решение.

Иерархия описания или абстрагирования системы связи вводится как способ разрешения противоречий между простотой описания и необходимостью учета многочисленных (поведенческих) характеристик системы.

В данном случае система задается множеством моделей, каждая из которых формируется с точки зрения различных уровней абстрагирования.

Для каждого уровня иерархии существует свои особенности, переменные, законы и принципы, с помощью которых и описываются поведения системы, а также, свой собственный набор терминов, концепций и принципов.

Концептуальная модель сети связи специального назначения есть абстрактная модель, содержащая описание (преимущественно на качественном уровне) принципов построения и структуры системы, анализ её существенных свойств на предмет соответствия требованиям, а также основные вопросы организации управления системой в процессе функционирования.

К основным элементам концептуальной модели сети связи специального назначения (СССН) относятся: предназначение (цель функционирования) СССР; принципы её построения, функционирования; принципы логики; общая структура (состав элементов системы и среды, взаимосвязей и их характеристик); существенные свойства системы и реализуемого ею процесса; показатели (существенных свойств) и требования, предъявляемые к значениям этих показателей; механизм функционирования системы и её взаимодействие со средой; а также оценка (результаты) адекватности модели.

При исследовании системы связи целесообразно концептуальную модель в два этапа:

- ◆ на первом этапе строится концептуальная модель существующей (построенной на основе разных подсистем без специальных элементов взаимодействия между ними в интересах достижения основной цели) системы связи с целью определения факта наличия проблемы и описания её существа, при этом производится сравнительный анализ значения показателей существенных свойств системы с требуемыми значениями этих показателей.
- ◆ на втором этапе разрабатывается концептуальная модель вновь создаваемой системы, которая является средством решения проблемы, вскрытой при предыдущем концептуальном моделировании существующей системы связи.

Концептуальная модель в отличии от содержательной модели, является первым шагом на пути формализации системы связи. Следующим шагом является разработка собственно математических моделей. В этом случае концептуальная модель является связывающим звеном между содержательной и математическими моделями.

Содержательная модель в данной статье рассматривается как отдельная модель, важность которой считается выше важности всех вместе взятых моделей комплекса моделей, принятого для исследования.

Основными признаками, по которым модель можно отнести модели к классу содержательных моделей является:

- ◆ содержательная модель, которая выбирает и обосновывает исходные данные, уточняет их количественные значения для конкретных свойств системы связи, определяет точность исследования. Она определяется качеством выбора исходных данных. Поэтому её надо обязательно иметь в составе комплекса моделей, а её адекватность должна проверяться всеми доступными методами до полной убежденности в её соответствии объекту по выбранным существенным его свойствам.
- ◆ содержательная модель используется только как исходные данные для построения других моделей комплекса (и в первую очередь концептуальной). На её основе никакого самостоятельного результата в аспекте цели исследования получить нельзя.
- ◆ содержательная модель ССН сделана специально сверх избыточной, так как на её основе построен целый ряд моделей, каждая из которых соответствует своей отдельной цели исследования.
- ◆ содержательная модель не имеет описания симптомов проблемы и природы управляемых характеристик.

Концептуальная модель присутствует в обязательном порядке как в научных исследованиях, так и при формировании структуры взаимоувязанной системы связи, на очередную операцию, должностными лицами.

Обобщённо функциональную архитектуру ССН можно представить в виде трёхуровневой концептуальной модели, представленной на рисунке 1.

Первый уровень (внутренний) описывает функции и правила взаимосвязи при передаче различных видов информации между территориально удалёнными абонентскими системами через физические каналы связи (передачи) и реализуются транспортной сетью.

Второй уровень (промежуточный) описывает функции и правила обмена информацией в интересах взаимосвязи прикладных процессов различных абонентских систем и реализуется телекоммуникационной сетью. Телекоммуникационная сеть представляет собой единую инфраструктуру для обмена различными видами информации в интересах пользователей информационной сети.

Третий уровень (внешний) образуется совокупностью прикладных процессов, размещённых в территориально удалённых абонентских системах. Абонентские системы являются потребителями информации и выполняют её содержательную обработку. третий уровень,

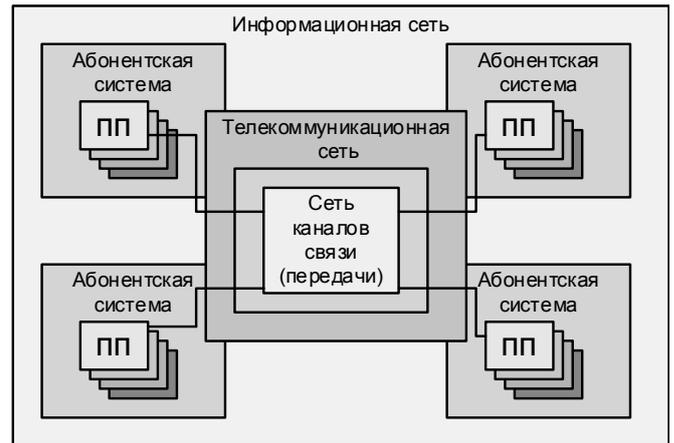


Рис. 1. Обобщённо функциональная архитектура ССН

дополняя первый и второй указанными функциями обработки информации, образует внешний облик информационной сети[1].

В комплекс моделей введено более 10 математических моделей. Это сделано только с одной целью — получить близкие к реальным значениям характеристики основных свойств взаимоувязанной системы связи.

Далее рассмотрим принципы построения математических моделей, что позволяет сделать вывод о важности математического моделирования в сложных системах специального назначения.

Принцип соответствия модели цели исследования. Создание моделей для анализа параметров свойств системы базировалась на конкретизации цели исследования (моделирования). Исключен опыт создания модели на все случаи. В основу определения цели положены принципы логики такие как:

- ◆ анализ самой системы связи, а не представление о ней;
- ◆ рассмотрение конкретной системы связи в конкретных условиях её функционирования;
- ◆ анализ только тех свойств и связей, которые существенны в условиях проведения операции.

В принципе соответствия между сложностью модели и точностью результатов используя правило — построения модели определенной сложности, с помощью которой необходимо добиться максимальной точности результатов моделирования.

При построении математических моделей используются методы по уменьшению их сложности такие как уменьшение числа характеристик возмущающих факторов, то есть из множества характеристик системы связи

исключаются те, которые могут быть определены без моделирования или которые являются вторичными, изменение природы характеристик системы, изменение функциональной зависимости между характеристиками, а также изменение ограничений.

Принцип баланса погрешностей: погрешность метода; остаточная погрешность; начальная погрешность; погрешность ограничения.

Для баланса погрешностей определены следующие составляющие: точность вычислений должна соответствовать точности самих исходных данных. а точность самих исходных данных практической потребности, для которой нужны результаты моделирования и сама модель в целом.

Для удобства процесс математического моделирования условно разбит на ряд этапов.

На начальном этапе моделирования, ибо именно здесь вырабатывается решения, которые существенным образом определяют содержание и результаты всех остальных этапов.

Непосредственно построение модели начинается с содержательного описания взаимосвязанной системы связи. Система связи описывается с позиции системного подхода. При этом определяется совокупность элементов, их возможные состояния, указываются связь между ними, даются сведения о физической природе исследуемого объекта. Создание комплекса моделей проводится с учетом требования адекватности, т.е. адекватность находится в противоречии с требованием простоты и это

всегда учитывается при проверке моделей на адекватность. Проверяются причины неадекватности моделей: это идеализация внешних условий и режимов функционирования, исключение тех или иных параметров, пренебрежение некоторыми случайными факторами. Кроме того, отсутствие точных сведений о внешних воздействиях и определенных особенностях процесса функционирования системы. принятие способы аппроксимации и различного рода допущении также ведут к уменьшению соответствия между моделью и системой связи.

Завершающим этапом моделирования является перенос результатов моделирования на реальный объект — взаимосвязанную систему связи специального назначения, для принятия решения о работоспособности системы, прогнозирования её поведения и для оптимизации её функционирования. При этом, прогноз развития системы связи является главной целью моделирования. он заключается в оценке поведения системы в будущем при определенных сочетании внешних и внутренних дестабилизирующих факторов. Оптимизация же представляет собой определения такой стратегии поведения взаимосвязанной системы с учетом среды, при которой достижение цели функционирования системы управления обеспечивалось бы при минимальном или допустимом расходе ресурсов.

В процессе построения и проектирования СССН ключевую роль играет построение абонентских и внутренних сетей связи таким образом, чтобы должностные лица пунктов управления могли в полном объеме использовать все возможности сети связи, а также с максимальным удобством пользоваться теми услугами связи, которые она может им предоставить[3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Губская О. А., Кривцов С. П. Оптимальная цифровизация военных систем связи. Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки № 3–4. 2017. С. 22–26.
2. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. Учебное пособие. —Спб, изд. РГГМУ, 2012. С.3–7.
3. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Жадан А. П., Кривцов С.П, Басулин Д. В. Оценка необходимых и достаточных значений реальной пропускной способности военных систем передачи информации. Информация и космос. Радиотехника и связь. СПб. 2017. С. 133–136.

© Бурдин Александр Георгиевич ( staskriv1979@yandex.ru ),

Байсаитов Гани Нуралиевич ( bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru ), Кривцов Станислав Петрович ( staskriv@mail.ru ),

Дуйсембеков Оркен Авайсканович ( arlan070707@mail.ru ), Дмитриев Владимир Иванович ( Vidmitriev949@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЗАИМОУВЯЗАННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## CONCEPTUAL BASES OF MODELING AND ANALYSIS OF PROCESSES OF FUNCTIONING OF INTERCONNECTED SYSTEMS OF COMMUNICATION OF A SPECIAL PURPOSE

**A. Burdin  
G. Baiseitov  
S. Krivtsov  
O. Duisembekov  
D. Kalmykov**

*Summary.* the paper considers the conceptual basis of modeling and analysis of the processes of functioning of interconnected communication systems for special purposes. Stages and principles of their construction, and also the properties allocated at construction of interconnected systems of communication of a special purpose are described.

*Keywords:* special purpose communication system, modeling, modeling technology, principles of communication systems research, conceptual model, content model, abstract image of the system.

**Бурдин Александр Георгиевич**

*К.в.н., доцент, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
staskriv1979@yandex.ru

**Байсаитов Гани Нуралиевич**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru

**Кривцов Станислав Петрович**

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

**Дуйсембеков Оркен Авайсканович**

*Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
arlan070707@mail.ru

**Калмыков Денис Александрович**

*Преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого» (г. Санкт Петербург)*  
dekac29@mail.ru

*Аннотация.* в работе рассмотрены концептуальные основы моделирования и анализа процессов функционирования взаимосвязанных систем связи специального назначения. Этапы и принципы их построения, а также описаны свойства, выделяемые при построении взаимосвязанных систем связи специального назначения.

*Ключевые слова:* система связи специального назначения, моделирование, технология моделирования, принципы исследования систем связи, концептуальная модель, содержательная модель, абстрактный образ системы.

**В**заимоувязанные системы связи специального назначения (СССН) представляет собой множество подсистем связи (элементов), находящихся в отношениях и связях друг с другом образующих определенную целостность в виде технической основы системы управления исследуемого объекта (совокупность сил и средств для проведения операции). Целью создания такой системы является получение эмерджентности в виде свойства взаимосвязанности для создания единого информационного пространства. Между тем СССР — сложная иерархическая структура, состоящая из большого множества систем связи по звеньям управ-

ления, существенно различающихся по оперативнотактическим условиям функционирования, предъявляемым функциональным требованиям и коренным образом отличающихся от гражданских систем[1].

По сложности и размеру рассматриваемая система связи относится больше к сложным системам, т.к. она требует много модельности и обладает следующими свойствами:

- ♦ структурной сложностью (большое количество и разнообразие элементов и связей между ними, иерархических уровней и подсистем);

- ◆ сложностью функционирования, определяемой перечнем состояний, правилами перехода между состояниями, типом воздействия среды на систему и обратно, степенью неопределенности учитываемых факторов;
- ◆ сложностью выбора поведения в много альтернативных ситуациях, которая определяется характером целесообразности системы и гибкой ее реакции на заданные неизвестные воздействия;
- ◆ управляемостью;
- ◆ структурируемостью;
- ◆ эффективностью функционирования.

В процессе построения и проектирования СССН ключевую роль играет построение абонентских и внутренних сетей связи таким образом, чтобы должностные лица могли в полном объеме использовать все возможности сети связи, а также с максимальным удобством пользоваться теми услугами связи, которые она может им предоставить[2].

Исследованием управляющими и сложным специальными системами занимается кибернетика (теория исследования операций), цель, которой в процессе исследования операций, заключается в том, чтобы выявить наилучший (оптимальный) способ действий при решении той или иной задачи организационного управления в таких условиях, когда имеет место ограничения информативного, технико-экономического или какого-либо другого характера. При этом в ходе формирования управляющих решений часто сталкиваемся с факторами, которые являются существенными для правильного решения поставленной задачи, но не поддаются строгой формализации, следовательно, не могут непосредственно вводиться в математическую модель. Одним из трудно формализуемых факторов такого рода является фактор человеческой деятельности.

Наличие бихевиоральных элементов в моделируемых системах организационного управления в ряде случаев приводит к тому, что используемая для выработки управляющего решения математическая модель оказывается слишком грубой и поэтому неспособной дать правильный ответ на поставленный вопрос. Следовательно, для адекватного представления взаимоувязанной системы связи, необходим еще один, дополнительный, уровень их описания, называемый концептуальным.

Концептуальные основы моделирования процессов функционирования взаимоувязанной системы связи специального назначения — это содержание и последовательность моделирования. Моделирование является важнейшей составляющей системой исследования, где в качестве одного из главных принципов постулируется принцип множественности в котором система с заданной

степенью точности может быть представлена конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определенную грань ее сущности. Таким образом, суть моделирования заключается в замещении взаимоувязанной системы связи комплексом моделей содержательной; концептуальной; математической. При этом изучение свойств оригинала (системы связи специального назначения) осуществляется путем их исследования на моделях, после чего результаты исследования переносятся (возвращаются) на оригинал (систему связи специального назначения).

Моделирование в отличие от натуральных экспериментов с реальными объектами, производится для упрощения и ускорения процесса изучения свойств оригинала. Для исследования взаимоувязанной системы связи специальных объектов связи — это единственный путь исследования, т.к. отсутствует возможность прямого исследования, по причине её эксклюзивности на будущую операцию.

В этом случае перед предстоящей операцией моделируется и исследуется система связи, а по результатам моделирования создаются единственные возможные для этой операции, в взаимосвязанной системы связи. Основой для моделирования является концептуальное основы моделирования.

В данной статье представлены концептуальное основы моделирования такой системы связи.

Построение любой системы характеризует именно система. Концепция моделирования взаимоувязанной системы связи — это целостный способ моделирования оригинала системы посредством строгого представления о цели функционирования системы и располагать информацией об ограничения, которые предельные область допустимых значения управляемых параметров числовых характеристик показателей существенных свойств объекта связи. Как цель, так и объект ограничения представляется в виде функции от управляемых переменных. Анализ модели приводит к определению наилучшей структуры системы, то есть обосновать количество ее элементов и их связи между собой и внешней средой, а также обеспечит выполнения требуемых функции самой системы в различных режимах ее работы.

Сложность реальной системы сильно затрудняет представлении цели и ограничении в аналитическом виде. Поэтому в концепции моделирования предусмотрено уменьшение размерности решаемых задач таким образом, чтобы обеспечить возможность построения подходящих моделей. Поэтому при упрощенном отношении реальной системы, на основы который строится та или иная модель прежде всего идентифицированном доминирующие переменных существенных свойств, параметры и ограничения.



Рис. Технология моделирования взаимосвязанных систем связи специального назначения

Упрощенный образ реальной системы отличается от оригинала тем, что в нём находят отражение только доминирующие факторы (переменные, ограничения и параметры) определяемые основными функциями (поведения) реальной системы. Модель, является образом реальной системы и представляет собой наиболее существенные свойства для описания системы в виде целевой функции и совокупности ограничений.

Для формирования упрощенного абстрактного образа реальной системы она рассматривается как единый объект, а не как частные детали анализируемой проблемы. В связи с этим систему можно охарактеризовать как единое целое и рассматривать в общем плане с точки зрения построения и применения (функционирования).

В концепции моделирования учитывается тот факт, что степень сложности модели всегда находится в обратной зависимости от степени управления реальной системы.

Правил, определяющих переход от реальной системы к модели, не существует, сведение множества факторов управляющих поведением системы, к относительно небольшому количеству доминирующих факторов и переход от управляющих образов системы — оригинала к модели в большой мере искусство, чем наука. Степень адекватности построения модели реальной системы зависит прежде всего от творческих способностей и интуиции исследователя.

Несмотря на то что строгие предписания о том, как следует формировать концепции моделирования, представить невозможно все же представляется целесообразным в данной статье сделать акцент на некоторые представления о принятых моделях, их общей структуре и характеристиках.

Под концептуальной моделью системы связи понимается абстрактная модель, содержащая описание (преимущественно качественном уровне) принципов построения и структуры системы, анализ существенных свойств этих систем на предмет соответствия требованиям, а также основные вопросы организаций связи и управления в процессе функционирования.

Если учесть этапы проведения системного анализа, то выясняется, что при исследовании взаимосвязанной системы связи концептуальную модель необходимо строить дважды (в рамках концептуального моделирования).

Целью первой концептуальной модели является определение факта наличия проблемы и её описания, при этом возникает возможность провести сравнение значений показателей существенных свойств системы с требуемыми значениями этих показателей. Результатом такого концептуального моделирования является выделение и конкретизация проблемы.

Во втором случае разрабатывается концептуальная модель вновь создаваемой системы (на каждую новую операцию), которая является средством решения проблемы, вскрытой при предыдущем концептуальном моделировании существующей не взаимоувязанной системы связи. Важно отметить новые элементы введенных в концепцию моделирования взаимоувязанной системы связи позволяющие повысить эффективность моделирования. Основным таким элементом является содержательная модель.

Содержательная модель используется только как исходные данные для построения других моделей (в том числе и концептуальных). На её основе никакого самостоятельного результата в рамках цели исследования получить невозможно. Но при этом содержание построенных на её основе других моделей может существенно отличаться в лучшую сторону по эффективности рассматриваемых систем связи, так как обоснованность и точность исходных данных определяет круг методов и способов, отличающихся точностью полученных результатов (не точные исходные данные не нуждаются в точных методах исследования).

Содержательная модель всегда сверхизбыточна, так как на ее основе можно построить целый ряд концептуальных моделей, каждая из которых будет соответствовать своей отдельной цели исследования.

Разработчиками содержательных моделей являются специалисты не в области моделирования, а в предметной области объекта исследования.

Концептуальная модель в отличие от содержательной модели является первым шагом на пути формализации процесса или системы.

Следующий шаг в концепции — разработка собственно математических моделей. Концептуальное модели-

рование является связующим звеном между содержательным и математическим моделированием.

К настоящему времени уже накоплен определённый опыт, дающий основание сформулировать основные принципы построения моделей. Хотя при построении моделей и очень важна роль опыта, интуиции, интеллектуальных качеств исследователя, тем не менее многие ошибки и не удачи в практике обусловлены именно незнанием методологии моделирования (концепции моделирования) и наблюдением принципов построения бихивеоральных моделей.

Принцип построения моделей — это основные руководящие правила, действуя согласно которым, исследователь наверняка достигнет целей т.е. построит хорошую математическую модель. Принципы определяют те общие требования, которым должны удовлетворять правильно построенная модель. К таким принципам применительно к рассматриваемой концепции моделирования отнесены[3]:

- ◆ принцип соответствия модели цели исследования;
- ◆ принцип соответствия между сложности модели и точностью результатов;
- ◆ принцип баланса погрешностей различных видов;
- ◆ принцип модульности построения;
- ◆ принцип открытости;
- ◆ принцип удобства пользования моделью.

В заключение изложения данного вопроса отмечаем, что трудно переоценить роль концептуального моделирования. Оно присутствует как в научных исследованиях при анализе существующих и проектировании новых систем и их элементов, так и в обыденной жизни человека. Причем человек может этого и не знать, но все равно его образ мышления от природы оперирует моделями на основе своего упрощённого восприятия существа реальной действительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Губская О. А., Кривцов С. П. Оптимальная цифровизация военных систем связи. Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки № 3–4. 2017. С. 22–26.
2. Исаков Е. Е., Мякотин А. В., Жадан А. П., Кривцов С. П., Басулин Д. В. Оценка необходимых и достаточных значений реальной пропускной способности военных систем передачи информации. Информация и космос. Радиотехника и связь. СПб. 2017. С. 133–136.
3. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. Учебное пособие. — СПб, изд. РГГМУ, 2012. С.3–7.

© Бурдин Александр Георгиевич (staskriv1979@yandex.ru),

Байсаитов Гани Нуралиевич (bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru), Кривцов Станислав Петрович (staskriv@mail.ru),

Дуйсембеков Оркен Авайсканович (arlan070707@mail.ru), Калмыков Денис Александрович (dekas29@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАФИКА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПО КОНДИЦИОННЫМ МАРШРУТАМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

## DISTRIBUTION OF REAL-TIME TRAFFIC ON THE AIR-CONDITIONED ROUTES OF THE TELECOMMUNICATION NETWORK

**L. Orlova**  
**S. Krivtsov**  
**M. Hamdan**  
**G. Baiseitov**  
**A. Abd**

*Summary.* the article deals with the problem of transmission of real-time traffic packets taking into account the application of various protocols in telecommunication networks with the required quality. The necessity of passing information between interacting switching centers along the air-conditioned routes is substantiated. As a solution, the algorithm of distribution of real-time traffic on air-conditioned routes taking into account the information load on the telecommunication network is proposed. The implementation of the algorithm allows establishing guaranteed connections between the interacting switching centers along the air-conditioned routes by reducing the number of packet exchanges in the intermediate switching centers to the required conditioning condition. The ability to quickly switch between air-conditioned routes is retained for the streaming graph.

*Keywords:* interacting switching centers, delay time, route conditioning, route rank, flow graph.

**Орлова Людмила Ивановна**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)*  
akacia25@rambler.ru

**Кривцов Станислав Петрович**

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

**Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад**

*Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)*

hamdan.mohamed@yandex.ru

**Байсаитов Гани Нуралиевич**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)*

bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru

**Абд Аль Кадар Ахмед Ясин**

*К.т.н., Хатайский университет имени Мустафы Кемаля. Турция, г. Хатай*  
dahmedaboyassin2018@gmail.com

*Аннотация.* в статье рассматривается проблема передачи пакетов трафика реального времени с учетом применения различных протоколов в телекоммуникационных сетях с требуемым качеством. Обосновывается необходимость прохождения информации между взаимодействующими коммутационными центрами по кондиционным маршрутам. В качестве решения предлагается алгоритм распределения трафика реального времени по кондиционным маршрутам с учетом информационной нагрузки на телекоммуникационную сеть. Реализация алгоритма позволяет устанавливать гарантированные соединения между взаимодействующими коммутационными центрами по кондиционным маршрутам путем сокращения количества переприемов пакетов в промежуточных центрах коммутации до требуемого по условию кондиционности. Возможность оперативного переключения кондиционных маршрутов сохраняется для потокового графа.

*Ключевые слова:* взаимодействующие коммутационные центры, время задержки, кондиционность маршрута, ранг маршрута, потоковый граф.

## Введение

**К** телекоммуникационным сетям предъявляются высокие требования по вероятностно-временным характеристикам, которые можно обеспечить путем выполнения условия кондиционности маршрутов взаимодействующих коммутационных центров. Под кондиционностью маршрута будем понимать время на пе-

ресылку пакета трафика реального времени по данному маршруту.

Проблема заключается в том, что на телекоммуникационных сетях пакеты с трафиком реального времени вынуждены проходить большое количество промежуточных центров коммутации, накапливая величину времени задержки. Поэтому уже изначально не все крат-

чайшие маршруты следования информации между взаимодействующими коммутационными центрами будут удовлетворять требованию кондиционности. Тем более, в условиях изменения структуры телекоммуникационной сети в результате различных деструктивных воздействий, в условиях применения современных телекоммуникационных технологий для построения транспортных сетей и фактической потоковой обстановки на них, устанавливать гарантированные соединения для взаимодействующих коммутационных центров по кондиционным маршрутам становится еще более затруднительным. Решение задачи можно получить путем умелого управления ресурсами телекоммуникационной сети и их оптимальным распределением по кондиционным маршрутам.

### Основная часть

Известны и на практике чаще всего используются задачи, в которых требуется определять или максимальную суммарную величину потоков  $\sum f_{ij} = \max$  на телекоммуникационной сети или удовлетворить требованию по пропускной способности потоков, протекающих между взаимодействующими коммутационными центрами.

К сожалению, в решении этой задачи данные формулировки не могут быть использованы в силу того, что все потоки, образуемые в телекоммуникационной сети должны протекать по кондиционным маршрутам. Задача распределения потоков по кондиционным маршрутам формулируется следующим образом.

#### Заданы:

- 1) матрица связности графа сети  $G(n; m)$ ;
- 2) взаимодействующие коммутационные центры (каждый связан с каждым);
- 3) емкости ребер сети  $C_{ij}, j \in n, i \neq j$ . Под емкостью можно понимать величину суммарного трафика, протекающего по данному ребру.
- 4) параметры кондиционного маршрута, пригодного для передачи сигналов телекоммуникационной сети:  $r^{\text{доп}}(\pi_k^t)$  — допустимый ранг кондиционного маршрута, где  $k$  — номер взаимодействующего коммутационного центра,  $t$  — порядковый номер маршрута,  $r^{\text{доп}}$  — допустимое число пунктов транзита (коммутации) в составе кондиционного маршрута телекоммуникационной сети; или  $T_{\text{зад}}^{\text{доп}}$  — допустимая величина задержки на пересылку пакетов.

#### Ограничения:

- 1) суммарный трафик, протекающий по ребру, не может быть больше его емкости  $\sum f_{ij} \leq C_{ij}$ ;
- 2) в процессе решения распределительной задачи следует контролировать наличие образующихся

разделительных множеств телекоммуникационной сети.

**Требуется (цель исследования):** образовать максимальное множество потоков заданной величины, которые протекают по маршрутам, заданного ранга (по кондиционным маршрутам).

Ниже приводится блочная схема алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам (рисунок 1). Она включает базовый алгоритм Флойда, задачу Коммивояжера и несколько вспомогательных процедур. Алгоритм Флойда относится к классу полиномиальных алгоритмов, а задача коммивояжера к классу  $NP$ -полных задач (математический аппарат исследования).

Рассмотрим последовательность работы алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам на структуре телекоммуникационной сети.

1. С помощью алгоритма Флойда определяются кратчайшие пути на графе сети для всех взаимодействующих коммутационных центров

$$\Pi = \{\Pi_k\}, \Pi_k = \{\pi_k^t\}, k = \overline{1, n(n-1)/2}, t = \overline{1, h_{\text{св}}} \quad (1)$$

где  $n$  — число центров коммутации в сети,  $h_{\text{св}}$  — наименьшая валентность взаимодействующих коммутационных центров.

Из существующих алгоритмов определения кратчайших путей на графе для всех взаимодействующих коммутационных центров выбор сделан в пользу специального алгоритма Флойда. Его сложность составляет  $O(N^3)$ , что на порядок лучше по сравнению с алгоритмом Форда ( $O(N^4)$ ) и экономит 50% времени по сравнению с  $n$ -кратным применением алгоритма Дейкстры [1].

2. Определяются ранги полученных маршрутов  $r(\pi_k^t)$ . В соответствии с выбранной технологией телекоммуникационной сети, типом сетевого оборудования и возможностями его стыковки определяется допустимое число промежуточных центров коммутации на маршрутах передачи информации [2]. Условие кондиционности задается формулой (2)

$$r(\pi_k^t) \leq r^{\text{доп}}(\pi_k^t), k = \overline{1, n(n-1)/2}, t = \overline{1, h_{\text{св}}} \quad (2)$$

3. Все кратчайшие маршруты, удовлетворяющие условию кондиционности, насыщаются единичными потоками.

Образуется подмножество потоков  $\Psi$  графа сети такое, что потоки в нём протекают по кондиционным маршрутам

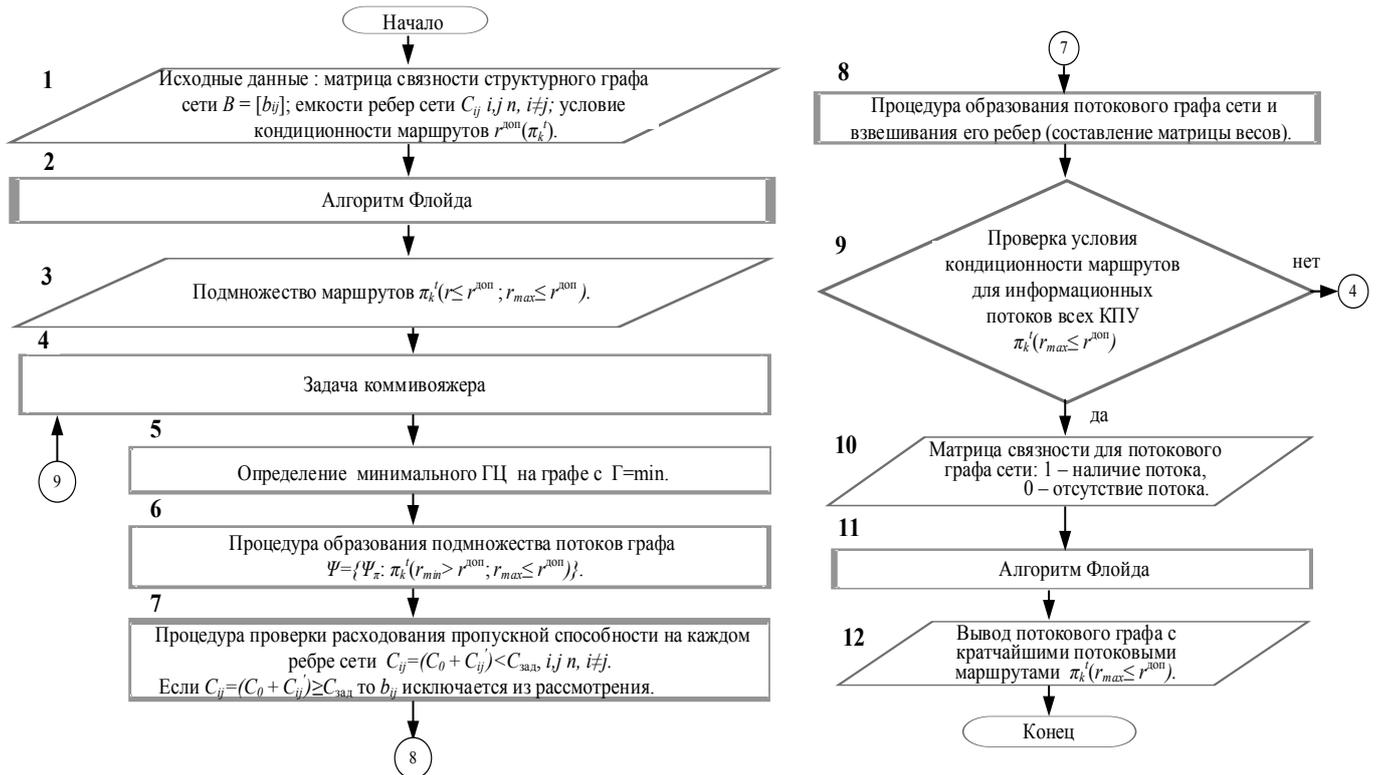


Рис.1. Блочная схема алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам

$$\Psi = \{\Psi_{\pi}; \pi_k^i(r \leq r^{\text{доп}})\}. \quad (3)$$

4. Распределение информационных потоков по маршрутам не удовлетворяющим заданному условию кондиционности для структурного графа производится благодаря определению минимальных гамильтоновых циклов на нем. (Процедура образования подмножества потоков  $\Psi$  графа, которые протекают по маршрутам  $\pi(r > r^{\text{доп}})$ ):

$$\Psi = \{\Psi_{\pi}; \pi_k^i(r > r^{\text{доп}})\}. \quad (4)$$

Минимальные гамильтоновы циклы на графе определяются с помощью задачи коммивояжера. Ее работа основана на представлении пропускной способности телекоммуникационной сети в виде многослойного графа  $G_{\Pi_k^i}(B, H)$ . Каждый минимальный гамильтонов цикл, входящий в состав моделируемой сети, называется словом, подграфом  $\langle S_r / G_{\Pi_k^i} \rangle$  графа  $G_{\Pi_k^i}$ .

5. В качестве исходных данных для работы задачи коммивояжера задается матрица связности между узлами графа сети  $B = \|b_{ij}\|$ , где элементы матрицы определяются следующим образом:

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если между } b_i \text{ и } b_j \text{ есть ребро;} \\ 1, & \text{если между } b_i \text{ и } b_j \text{ нет ребра,} \end{cases} \quad (5)$$

где 0 и 1 — это веса ребер графа, описывающего структуру телекоммуникационной сети.

Такие веса приписываются ребрам графа сети при определении первого минимального гамильтонова цикла, для всех последующих подграфов веса ребер будут иными.

6. После составления матрицы связности программой ИГ рассчитывается минимальный гамильтонов цикл, который определяет первый слой многослойного графа. Ребра графа, вошедшие во множество полученных на данном минимальном гамильтоновом цикле маршрутов, равномерно «заполняются» единичными потоками.

Для всех последующих итераций составления многослойного графа исходными данными выступают величины потоков, задаваемые в матрице весов. Процедура взвешивания проводится после получения очередного минимального гамильтонова цикла. Весовые коэффициенты назначаются в соответствии с величиной потока, распределенного по ребру на предыдущем шаге, но независимо от проведенного на предыдущем шаге взвешивания, т.е. каждый раз новые. (Процедура образования потокового графа и взвешивания его ребер).

В процессе составления матрицы весов необходимо контролировать ресурс пропускной способности на каждом ребре:

$$C_{ij} = (C_0 + C_{ij}') < C_{\text{зад}}, i, j \in n, i \neq j. \quad (6)$$

Если  $C_{ij} = (C_0 + C_{ij}') \geq C_{\text{зад}}$  то  $b_{ij}$  исключается из рассмотрения. (Процедура проверки ресурса пропускной способности на каждом ребре сети).

7. При распределении потоков на полученном минимальном гамильтоновом цикле важно определить порядок насыщения ребер графа по маршрутам, соединяющим узлы взаимодействующих коммутационных центров. В приоритете соединение наиболее удаленных взаимодействующих коммутационных центров при условии коммутации в некоторых промежуточных центрах, число которых определяется условием кондиционности маршрутов. С этой целью устанавливаются прямые («сквозные») соединения на определенных участках телекоммуникационной сети по конкретным информационным потокам. В рамках данной статьи будем называть такие участки направлениями связи. Направления связи будут соединять два центра коммутации телекоммуникационной сети через определенное число промежуточных центров коммутации, в которые не будут осуществ-

лять обработку адресов пакетов по заданному информационному потоку[3].

8. После распределения информационных потоков для всех взаимодействующих коммутационных центров с соблюдением условия  $\pi_k (r_{\text{max}} \leq r^{\text{дон}})$  составляется поточковый граф. Он задается матрицей связности, в которой наличие потока обозначается 1, отсутствие потока — 0. Применение к нему алгоритма Флойда дает возможность определить кратчайшие маршруты. В случае если информационные потоки распределены не для всех взаимодействующих коммутационных центров, работа возвращается к алгоритму коммивояжера[4].

9. Алгоритм распределения потоков по кондиционным маршрутам завершает работу выводом потокового графа с кратчайшими маршрутами, которые являются кондиционными[5].

**Вывод:** таким образом, переход от распределения кратчайших маршрутов на структуре графа сети к распределению кратчайших маршрутов на потоковом графе позволит сократить время задержки на обработку сигналов сетевым оборудованием промежуточных центров коммутации до требуемого по условию кондиционности маршрутов, и тем самым позволит передавать трафик реального времени с заданным уровнем качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берж К. Теория графов и ее применения. Пер. с фр. / Под ред. И. А. Вайнштейна. — М.: ИЛ, 1962. — 319 с.
2. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. «Сети связи». — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 400 с.
3. Мак-Квери, Мак-Грю, Фой «Передача голосовых данных по сетям Cisco Frame Relay, ATM и IP». Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 512 с.
4. Орлова Л. И. «Распределение потоков речевой информации по кондиционным маршрутам транспортной сети связи». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 147.
5. Орлова Л. И. «Методика оценки структур транспортных сетей связи численными методами». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 160.

© Орлова Людмила Ивановна ( akacia25@rambler.ru ),

Кривцов Станислав Петрович ( staskriv@mail.ru ), Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад ( hamdan.mohamed@yandex.ru ),

Байсаитов Гани Нуралиевич ( bayuseitov.ganinurgalievich@rambler.ru ), Абд Аль Кадар Ахмед Ясин ( dahmedaboyassin2018@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

## METHOD OF ESTIMATION OF TELECOMMUNICATION NETWORK STRUCTURE BY NUMERICAL METHODS

**L. Orlova**  
**S. Krivtsov**  
**M. Hamdan**  
**G. Baiseitov**  
**A. Abd**

*Summary.* in this paper we consider a universal technique that allows us to evaluate the preferred set of planned to use the structures of the telecommunication network in order to select the optimal in specific conditions of its operation. The evaluation of structures is carried out using the Monte Carlo method by the connectivity parameter of the network graph and the conditioning parameter of routes. The technique allows to take into account the influence of random factors and features of the telecommunication technology used on the network.

*Keywords:* network graph, the parameter of connectivity, the number of spanning trees, the setting of konditsionnost routes, Monte-Carlo, the Floyd algorithm.

**Орлова Людмила Ивановна**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
akacia25@rambler.ru*

**Кривцов Станислав Петрович**

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

**Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад**

*Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
hamdan.mohamed@yandex.ru*

**Байсаитов Гани Нуралиевич**

*К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru*

**Абд Аль Кадар Ахмед Ясин**

*К.т.н., Хатайский университет имени Мустафы  
Кемаля. Турция, г. Хатай  
dahmedaboyassin2018@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается универсальная методика, позволяющая оценивать предпочтительное множество планируемых к использованию структур телекоммуникационной сети с целью выбора оптимальной в конкретных условиях ее эксплуатации. Оценка структур проводится с использованием метода Монте-Карло по параметру связности графа сети и параметру кондиционности маршрутов. Методика позволяет учитывать влияние случайных факторов и особенности применяемой на сети телекоммуникационной технологии.

*Ключевые слова:* граф сети, параметр связности, количество остовных деревьев, параметр кондиционности маршрутов, метод Монте-Карло, алгоритм Флойда.

## Введение

**П**отребность в оценке структур телекоммуникационных сетей, а соответственно, и в наличии самой методики оценки, связаны с необходимостью выбора оптимальных структур сети еще на стадии их разработки (проектирования).

Наиболее удобным способом описания структуры сети связи является ее задание в виде графа [3]. Если структуры сравниваемых сетей не ориентированы на некоторую базовую структуру, то наиболее полная их оценка может быть получена с использованием чис-

ленных методов. Это определяется тем, что в условиях дестабилизирующих факторов параметры структур телекоммуникационных сетей могут существенно отличаться от параметров, полученных в их исходных состояниях. Поэтому в данном случае наиболее удобным способом оценки структур сетей связи в виде графов являются статистические методы, к которым относится метод Монте-Карло [2, 5].

## Основная часть

Оценку структур телекоммуникационных сетей часто проводили по критерию связности графа сети.

На наш взгляд параметр связности сети достаточно информативно определяется показателем количества остовных деревьев  $K_{\text{ост.дер}}$ , соответствующих графу сети, предлагаемому к рассмотрению, поскольку в телекоммуникационной сети прежде всего важна полная взаимная доступность всех взаимодействующих центров коммутации между собой. Наличие хотя бы одного остовного дерева обеспечивает такую взаимную достижимость, характеризуя самый критический вариант организации связи.

При выборе той или другой структуры телекоммуникационной сети важно прогнозировать их поведение в условиях различных деструктивных воздействий, поэтому оценивать эти структуры предлагается более информативным показателем — суммарным количеством остовных деревьев  $K_{\text{ост.дер}}$ , определяемыми с помощью метода Монте-Карло. В одном испытании  $K_{\text{ост.дер}}$  вычисляется как минор последнего элемента главной диагонали  $M_{nn}$  матрицы связности исследуемой сети  $K=[k_{ij}]$  после воздействия ( $K_{\text{ост.дер}} = M_{nn}$ ).

При оценке телекоммуникационной сети с коммутацией пакетов (КП) параметра связности ее графа оказалось недостаточно. В таких сетях возникает дефицит времени на передачу пакетов трафика реального времени. Так в сетях с КП даже в исходном их состоянии не все маршруты пригодны для передачи трафика реального времени, где время задержки сигналов не должно превышать 250мс [1, 4]. С учетом данного обстоятельства для сетей с КП следует ввести дополнительный параметр, характеризующий структуры сетей.

Вторым параметром, который характеризует структуру телекоммуникационной сети, является кондиционность маршрутов для взаимодействующих узлов коммутации. Под кондиционностью маршрута будем понимать время, затрачиваемое на установление телефонной связи (технология с коммутацией каналов (КК)) и время на пересылку пакета той же телефонной связи (технология с КП) по данному маршруту.

Для технологии с КК кондиционный маршрут должен иметь не более 5 транзитных станций в своем составе (таковы требования сети «Памир»).

Как, оказалось, найти однозначные оценки параметра кондиционности маршрутов при использовании на сети технологии с КП достаточно сложно. В первую очередь это связано с наличием некоторого множества самих технологий с КП и большого числа производителей оборудования, при использовании которого эти оценки могут существенно отличаться друг от друга. Если предположить, что речевую информацию требуется передать с Дальнего Востока и на Запад России

( $L=10000$  км), то согласно расчетной формуле (1) [1], общее время задержки не превысит требуемое при 3, 4 узлах коммутации.

$$T_{\text{зад}} = T_p + T_{\text{пк}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{б}} \quad (1)$$

где:  $T_p$  — задержка, определяемая временем распространения электрического сигнала по кабелю связи проложенному между отправителем и получателем. Оно зависит от типа кабеля и для оптических кабелей равно 5 мкс/км;

$T_{\text{пк}}$  — задержка, определяемая временем необходимым на выполнение операции преобразования речевого сигнала в цифровой вид и его пакетизацию. Данное время зависит от типа используемого алгоритма преобразования речевого сигнала. Так, например [1], при использовании стандарта *G.711* это время равно 30мс. При использовании других алгоритмов время может увеличиваться;

$T_{\text{пр}}$  — задержка, определяемая временем прохождения пакетов по узлам коммутации транспортной сети. Время задержки зависит от числа различных сетевых устройств, включенных в маршрут прохождения пакетов, а также от времени работы устройств при обработке пересылаемых пакетов. Данный тип задержки в наибольшей степени зависит от используемых технологий, типа сетевого оборудования и возможности его стыковки [1, 4], а также от величины буфера сетевого оборудования в транзитных узлах коммутации. Причем при расчетах необходимо ориентироваться на максимальную величину этой задержки, соответствующую наихудшим условиям функционирования сети при перегрузках (резких всплесках, свойство самоподобия трафика). В среднем данную величину задержки можно оценить в 30мс., которая, однако, должна уточняться по реальным сведениям о технологии и возможностям используемых сетевых средств связи;

$T_{\text{б}}$  — задержка, определяемая временем работы устройств на узле получателя. Как и задержка  $T_{\text{пк}}$  она определяется алгоритмами обработки пакетов приемного пункта, а также временем буфера джиттера. Величина задержки данного типа [1] может быть оценена в 40мс.

Предлагаемая методика оценки является универсальной и позволяет анализировать рассматриваемые структуры, как в исходном состоянии, так и при воздействиях различного рода, задаваемых в виде вероятности повреждения ее ребер и узлов. Кроме того, методика позволяет прогнозировать состояние структур сетей и производить их сравнение с учетом возможностей используемых на ТСС телекоммуникационных технологий.

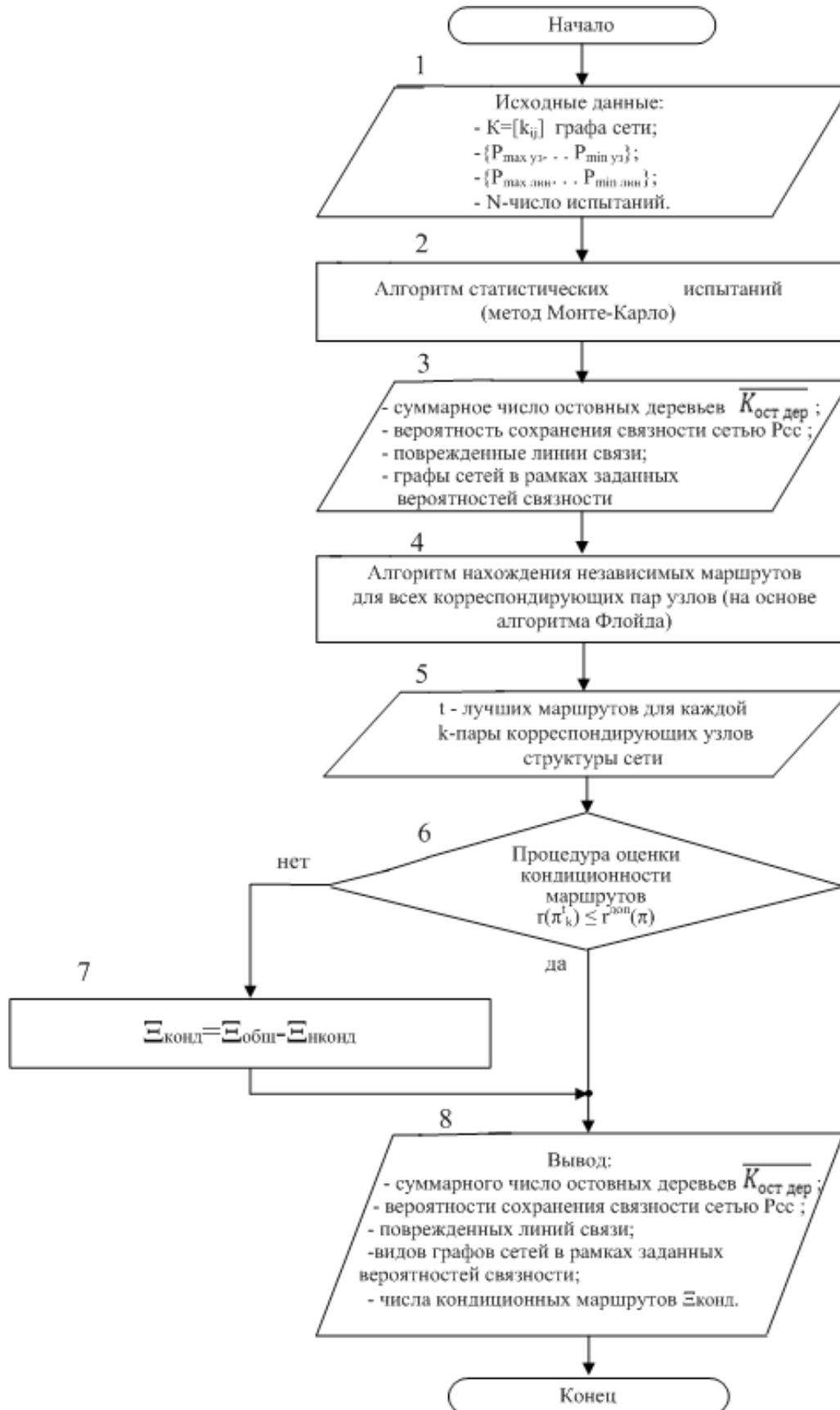


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оценки структуры ТСС

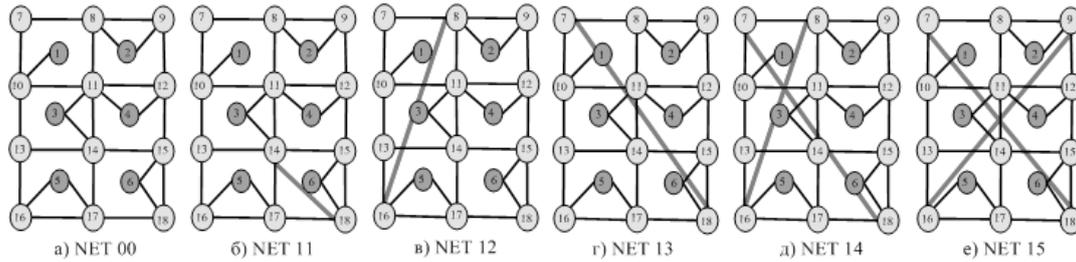


Рис. 2. Исследуемые структуры сетей в виде «решетки»

Исходными данными для работы алгоритма являются:

1) граф транспортной сети, задаваемый матрицей связности  $K = [k_{i,j}]$ ,

где

$$k_{i,j} = \begin{cases} -1, & \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ смежны,} \\ 0, & \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ не смежны,} \\ \text{deg} b_i, & \text{если } i = j. \end{cases} \quad (2)$$

2) узлы связи потребителей телекоммуникационных услуг и линии их привязки к узлам коммутации, 3) вероятности повреждения узлов и линий связи ( $P_{уз}$ ,  $P_{линия}$ ), 4) число испытаний, необходимых для работы алгоритма Монте-Карло с требуемой точностью, 5)  $r$  — число пунктов транзита (узлов коммутации) в составе кондиционного маршрута сети.

Блочная схема алгоритма оценки структуры транспортной сети приведена на рисунке 1.

Она состоит из следующих блоков и отдельных процедур:

- ◆ блока статистических испытаний (метод Монте-Карло),
- ◆ блока нахождения маршрутов между требуемыми парами корреспондирующих узлов связи потребителей телекоммуникационных услуг (алгоритм Флойда),
- ◆ процедуры нахождения суммарного числа основных деревьев  $K_{ост\ дер}$ ,
- ◆ процедуры определения поврежденных линий сети связи,
- ◆ процедуры вычисления вероятности сохранения связности сетью ( $p$ ),
- ◆ процедуры оценки кондиционности маршрутов.

В качестве промежуточных данных, необходимых для перехода от работы одного алгоритма к работе другого, следует считать структуры сетей соответствующие определенным вероятностям связности анализируемой сети.

### Ограничение

При использовании метода Монте-Карло для оценки параметров структур вероятности выхода из строя предполагаемых узлов и линий связи выбирались одинаковыми, поскольку все эти параметры оценки относятся к графу сети:  $P_{li} = P_{lj}$ , где  $i(j) = \overline{1, m}$  и  $P_{yi} = P_{yj}$ , где  $i(j) = \overline{1, m}$ .

Для определения кратчайших путей между всеми парами корреспондирующих узлов использовался специальный алгоритм Флойда, поскольку его сложность составляет  $O(n^3)$ , что на порядок лучше по сравнению с  $n$ -кратным применением алгоритма Беллмана-Форда ( $O(n^4)$ ) и экономит 50% времени по сравнению с  $n$ -кратным применением алгоритма Дейкстры. В работе определялось по два кратчайших маршрута для каждой КПУ, поскольку они обеспечивают наибольшую живучесть направлений связи.

В наибольшей степени сравнительная оценка структур транспортных сетей между собой может быть использована, как на этапе планирования, так и при восстановлении связи. При восстановлении связи очень важно понимать, какая из восстановленных линий приводит к лучшей связности сети и прибавляет большее количество кондиционных маршрутов  $\Xi_{конд}$ .

По этой причине в качестве примера для сравнения выбраны структуры, отличающиеся дополнительным ребром, вводимым в некоторую базовую сеть. Базовая сеть представлена в виде решетки с числом узлов  $n=12$  и подключенными к ним шестью оконечными узлами связи потребителей телекоммуникационных услуг (рисунок 2а).

Сеть NET11 (рисунок 2б) образована путем введения дополнительного ребра между узлами 14–18, NET12 (рисунок 2в) — между узлами 8–16, NET13 (рисунок 2г) — между узлами 7–18, NET14 (рисунок 2д) — между узлами 8–16 и 7–18, а сеть NET15 (рисунок 2е) — между узлами 9–16 и 7–18.

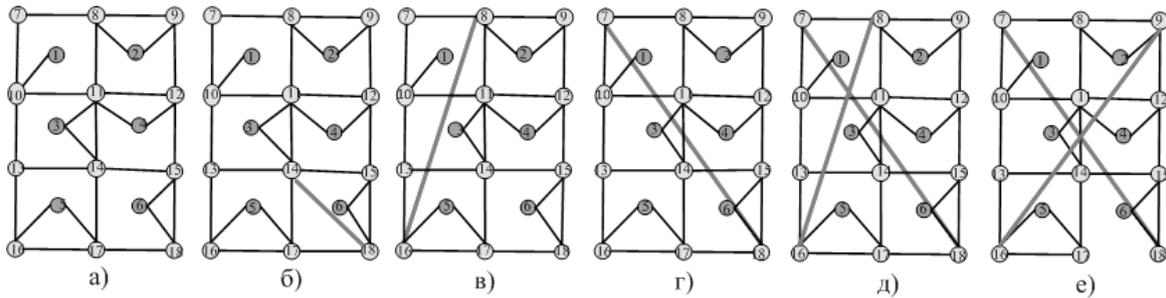


Рис. 3а). Исследуемые структуры сетей в виде «решетки»  
при  $P_{уз} = 0,005 = \text{const}$  и  $P_{лин} = 0,01$  ( $p_1 = 0,9$ )

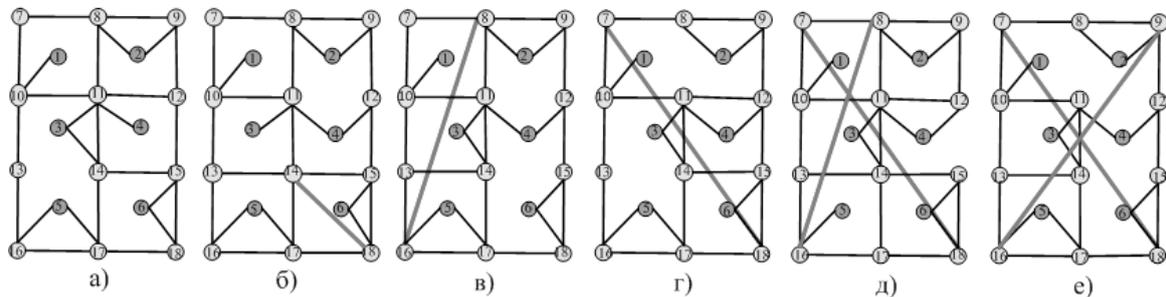


Рис. 3б). Исследуемые структуры сетей в виде «решетки»  
при  $P_{уз} = 0,005 = \text{const}$  и  $P_{лин} = 0,12$  ( $p_1 = 0,8$ )

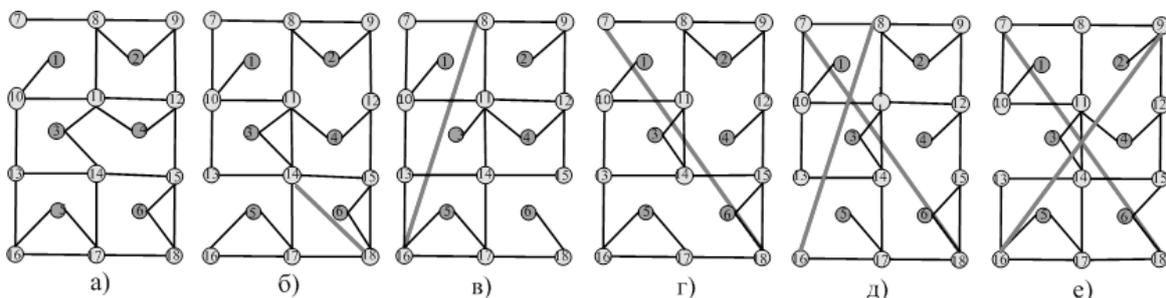


Рис. 3в). Исследуемые структуры сетей в виде «решетки»  
при  $P_{уз} = 0,005 = \text{const}$  и  $P_{лин} = 0,19$  ( $p_1 = 0,7$ )

Вид структур после воздействия представлен на рисунке 3. Каждому воздействию на узлы и линии будет соответствовать вероятность сохранения связности сетью  $p_1$ .

Вначале оценим суммарную величину остовных деревьев  $K_{ост\ дер}$  в различных условиях воздействия на структуры сетей ( $p$ ) и определим выигрыш по их числу в зависимости от количества и способа введения дополнительных линий [6].

Анализ таблицы 1 показал, что ввод в структуру сети ребра между узлами, образующими путь максимального ранга  $\pi(r_{\max})$  более чем в 2 раза увеличивает  $K_{ост\ дер}$ , т.е. связность максимальна при введении линии между узлами, образующими  $\pi(r_{\max})$  в данной сети.

Результаты оценки структур по параметру кондиционности маршрутов для случая построения таких сетей с использованием технологий КК и КП представлены на рисунках 4, 5.

По их данным технология с КК имеет существенный выигрыш над технологией КП по числу кондиционных маршрутов во всех анализируемых структурах [7].

## Выводы

1. Представленная методика имеет практическое значение в области построения ТСС с использованием современных телекоммуникационных технологий.

Таблица 1. Выигрыш по  $K_{\text{ост.дер}}$  для анализируемых структур при различных воздействиях

Отношение $K_{\text{ост.дер}}$ исследуемых структур к их числу в структуре NET 00	Выигрыш по Кост дер при различных $p_i$			
	1	0,9	0,8	0,7
$Q_{1p}/Q_{0p}$	1,76	1,81	1,78	1,23
$Q_{2p}/Q_{0p}$	2,38	2,67	2,46	1,3
$Q_{3p}/Q_{0p}$	2,58	2,59	2,09	1,62
$Q_{4p}/Q_{0p}$	5,81	5,14	4,71	2,12
$Q_{5p}/Q_{0p}$	6,34	4,92	4,57	2,81

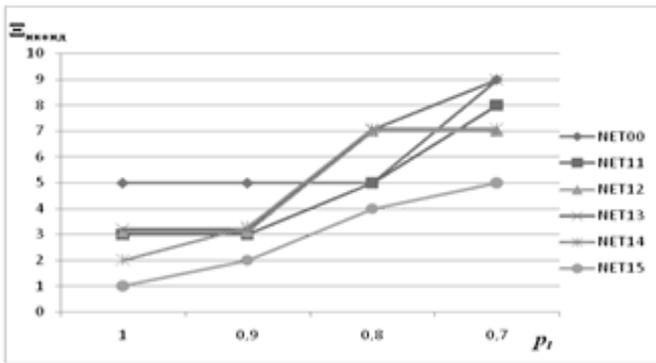


Рис. 4. Зависимость  $\Xi_{\text{нконд}}$  от связности структуры сети (для технологии с КП)

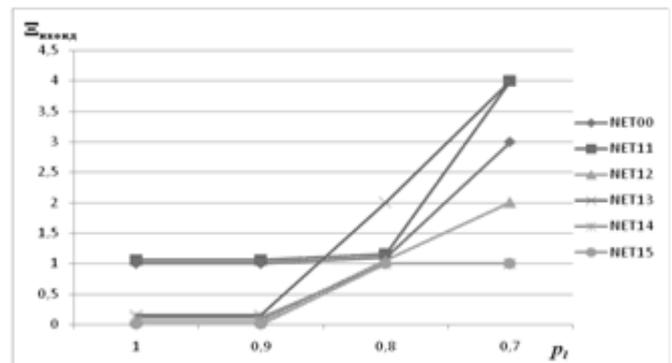


Рис. 5. Зависимость  $\Xi_{\text{нконд}}$  от связности структуры сети (для технологии с КК)

2. Методика оценки является универсальной и позволяет анализировать предлагаемые структуры при различных воздействиях на сеть связи.

3. Методика рассчитана на оценку возможностей структур произвольного вида без ограничений на число их узлов и линий, что позволяет использовать ее при разработке структур ТСС для конкретных операций и задач.

4. Найден способ введения дополнительного ребра, приводящий к самым лучшим показателям структуры — ее связности и кондиционности маршрутов.

5. Оценка кондиционности маршрутов структур показала, что она существенно зависит от технологии. В работе определено, что число центров коммутации при передаче речевой информации на сетях с КП должно быть не более 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 400с.
2. ГОСТ Р 51901.5–2005 (МЭК 60300–3–1:2003 «Управление надежностью. Часть 3–1. Руководство по применению. Методы анализа надежности. Руководство по методологии»).
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход: Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 432 с.
4. Мак-Квери, Мак-Грю, Фой Передача голосовых данных по сетям Cisco Frame Relay, ATM и IP. Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 512с.
5. Соболев И. М. Метод Монте-Карло. — М.: Наука, 1968. — 64с.
6. Орлова Л. И. «Распределение потоков речевой информации по кондиционным маршрутам транспортной сети связи». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 147.
7. Орлова Л. И. «Методика оценки структур транспортных сетей связи численными методами». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 160.

© Орлова Людмила Ивановна ( akacia25@rambler.ru ),

Кривцов Станислав Петрович ( staskriv@mail.ru ), Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад ( hamdan.mohamed@yandex.ru ),

Байсаитов Гани Нуралиевич ( bayuseitov.ganinurgalieovich@rambler.ru ), Абд Аль Кадар Ахмед Ясин ( dahmedaboyassin2018@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

## METHODS OF CO-OPERATION WITHOUT FLAMMABLE AIRCRAFT

V. Semenets  
M. Trukhin

*Summary.* Today the urgency of operational counteraction to unmanned aerial vehicles is very high. A modern unmanned vehicle is able not only to conduct video reconnaissance in a given territory, but also to maintain a specific object for a long time. A «tethered» aircraft can for several days or even months to monitor the territory attached to it, transport dangerous goods and commit terrorist attacks.

In this article, we will examine the main types of unmanned aerial vehicles, as well as modern methods of combating their unauthorized entry into the protected area. We will analyze the efficiency of the above methods with respect to various types of unmanned vehicles.

*Keywords:* Unmanned aerial vehicle, Multicopters, Converters, Glider, Classification of unmanned vehicles, Counteraction methods

**Семенец Вячеслав Олегович**

Аспирант, Уральский

Технический институт связи

И информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций  
и информатики» в г. Екатеринбурге  
sublane@mail.ru

**Трухин Михаил Павлович**

К.т.н., Уральский технический институт связи

и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский

государственный университет телекоммуникаций  
и информатики» в г. Екатеринбурге

mptru@mail.ru

*Аннотация.* Сегодня актуальность оперативного противодействия беспилотным летательным аппаратам очень высока. Современный беспилотный аппарат способен не только вести видеоразведку на заданной территории, но и наблюдать конкретный объект в течение длительного времени. «Привязные» летательные аппараты могут на протяжении нескольких дней или даже месяцев вести наблюдение за прикрепленной к нему территорией, перевозить опасные грузы и совершать террористические атаки.

В статье рассмотрены основные виды беспилотных летательных аппаратов, а так же современные методы борьбы с их несанкционированным проникновением на охраняемую территорию. Определена эффективность приведенных методов по отношению к различным типам беспилотных аппаратов.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, мультикоптеры, конвертопланы, глайдер, классификация беспилотных аппаратов, методы противодействия.

### 1. Классификация беспилотных аппаратов

Проведем классификацию беспилотных летательных аппаратов по конструктивным особенностям с указанием их влияния на спектр решаемых этими аппаратами задач.

**Самолёты.** Это беспилотные летательные аппарата, которые имеют в своей конструкции одно или несколько крыльев, зафиксированных на корпусе.

За счет высоких аэродинамических свойств они обладают высокой скоростью и дальностью полета, но уступают другим аппаратам в мобильности и маневренности. Так же серьезным недостатком является сложность управления, что сильно повышает риск аварии в руках неопытного пилота.

**Мультикоптеры.** Представляют собой корпус, произвольной формы с различным числом пропеллеров. Как правило, их число от 2 до 8 винтов.

Управление такими беспилотными летательными аппаратами простое, а распределенные винты и возможность зависания в воздухе делает их очень маневренными. Главным недостатком является низкая скорость и продолжительность полета.

**Вертолеты.** Летательные аппараты данного типа имеют один или несколько винтов и представляют собой классический вертолет. Основными достоинствами является более продолжительное время работы, возможность зависания в воздухе и более простое управление. К недостаткам относится относительно малое время работы.

Конвертопланы. Беспилотные летательные аппараты, которые могут взлетать и садиться вертикально за счет того, что его двигатели могут поворачиваться на 90–180 градусов. После взлета они продолжают полет как обычные самолеты и опираются на крыло, зафиксированное на корпусе.

Глайдеры (планеры). Это беспилотные летательные аппараты, которые не имеют двигателя или имеют двигатель невысокой мощности, который не может обеспечить самостоятельный взлет и постоянное пребывание аппарата в воздухе, но позволяет корректировать траекторию и курс движения. [1,2]

Тейлситтеры. Беспилотный летательный аппарат, который, оказавшись в воздухе, изменяет свое положение на горизонтальное и продолжает полет как самолет. В момент посадки, аппарат вновь принимает вертикальное положение и производит приземление на специальные приспособления. К достоинствам этого типа следует отнести способность вертикального взлета как у коптера (не требует катапульты или ВПП), возможность полета по-самолетному с опорой на фиксированное крыло и способность к зависанию в заданной точке.

Привязные беспилотники. Данный тип беспилотных летательных аппаратов был разработан с целью отделения от него батареи питания, так как она является самым тяжелым элементом конструкции. Соответственно такие беспилотные летательные аппараты соединяются с наземными элементами питания проводом. Данная конструкция позволяет беспилотнику неделями находиться в воздухе. Как следствие, такие аппараты неспособны передвигаться на большие расстояния, но зато отлично зависают в воздухе, что делает их незаменимыми в задачах, связанных с наблюдением или функциями ретрансляции, приема или передачи сигналов. [2,5]

## 2. Вредоносные функции беспилотных летательных аппаратов

**Оптическая разведка.** Это самое распространенное применение беспилотных летательных аппаратов нарушителями. Как правило, на аппарат крепится камера, которая производит съемку местности и передает данные оператору или же производит запись в карту памяти. Съемка может продолжаться от нескольких минут, до нескольких дней и даже больше, например, в случае использования привязного беспилотного аппарата со стационарной батареей питания. Задачи разведки может выполнять практически любой тип беспилотников, поэтому универсальный метод борьбы с данным типом нарушителей подобрать практически невозможно. Однако можно с уверенностью сказать, что в данном случае наиболее дешевым и универсальным способом

будет программный взлом и дальнейшей деактивация летательного аппарата. Механические способы воздействия на «летающие камеры» возможны к применению, однако стоит учитывать, что они довольно дороги в установке и обслуживании, поэтому их применение возможно только на особо важных объектах. [4,2]

**Несанкционированная доставка грузов.** Объектами риска в данной ситуации могут быть колонии и тюрьмы, пограничные зоны, охраняемые открытые объекты с зоной досмотра и другие объекты. Поэтому высота полета летательного аппарата должна быть небольшой, а мобильность и маневренность должны отвечать высоким требованиям. Для доставки грузов подходят только мультикоптеры, так как только они отвечают данным требованиям. Например, аппарат Walkera QR X800 способен поднимать грузы до 1.5 кг. Хорошим способом борьбы в данных ситуациях будут сети, так как они позволяют обезвредить летательный аппарат и получить переносимый им груз. Однако не на всех объектах, возможно, установить данные комплексы защиты. Вторым способом борьбы в данном случае является отправка сигналоподобной помехи с целью подачи команды на посадку. Однако данный метод требует определенных навыков и времени при калибровке оборудования. [4]

**Диверсионные задачи.** В случае возникновения диверсионной угрозы, главным фактором становится время. Беспилотный летательный аппарат, необходимо обезвредить до момента его активации, поэтому основной задачей является раннее обнаружение угрозы. Малый летательный аппарат неспособен переносить много взрывчатого вещества, поэтому нарушитель будет стараться, как можно ближе приблизиться в цели, что бы произвести максимально точный удар и принести как можно больший ущерб. Для выполнения таких задач хорошо подходят одноразовые беспилотные аппараты и, как следствие, перед ними не стоит задачи возврата к оператору. Главной задачей является максимально быстрое обезвреживание такого аппарата или его ликвидация, возможны варианты перехвата управления и устранение из охраняемой зоны. Хорошим способом противодействия будут: лазерные установки и дроны перехватчики, так как они способны обезвредить объект на максимально большом расстоянии. В случае заблаговременного обнаружения цели возможны меры по перехвату управления.

**Радиоэлектронная борьба.** Задачей аппарата в данном случае является искажения или глушение сигнала сотовой, спутниковой и других видов радиосвязи. Если ставится долговременное воздействие, то задача может выполняться привязными беспилотниками, а так же мультикоптерами и вертолетами, способными длитель-

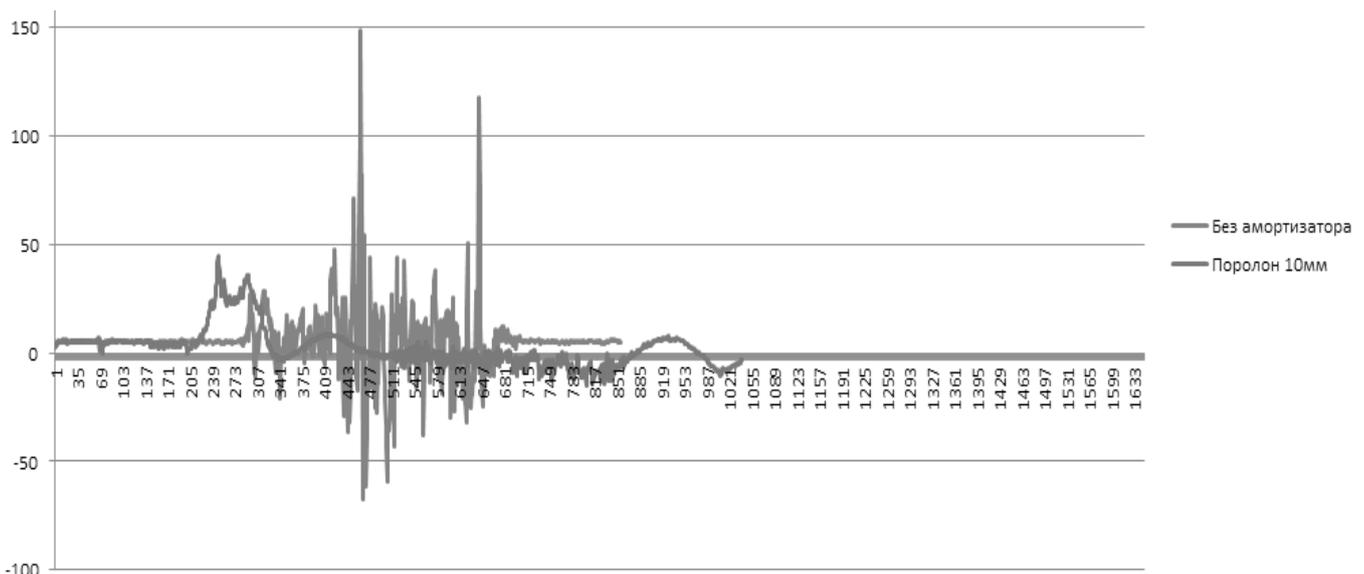


Рис. 1. Влияние антивибрационной прокладки на уровень шума

ное время зависать в воздухе. В данной ситуации фактор времени менее важен, чем в случае с диверсией, поэтому возможно обезвреживание летательного аппарата любым способом. [5,2]

### 3. Способы противодействия вредоносным функциям

Снижение уровня опасности от вредоносного воздействия со стороны беспилотных летательных аппаратов обусловлено в первую очередь их конструкцией, системами внешнего и внутреннего управления полетом, а также кругом решаемых задач.

**Акустические методы.** Беспилотные летательные аппараты всегда оснащаются гироскопом, который работает на определенной частоте. Если получится подобрать нужную частоту, то гироскоп можно ввести в состояние резонанса, при котором беспилотник становится практически не управляем. Как следствие возникает аварийная ситуация и аппарат выходит из строя. Главной проблемой повсеместного использования данного метода защиты, является сложность подбора резонансной частоты. Некоторые гироскопы работают в ультразвуковом диапазоне, а некоторые в слышимом диапазоне. Команда из института KAIST подтвердила экспериментально эффективность данного метода в 50% случаев, из чего можно сделать вывод о том, что данный метод не является универсальным. [6,2]

Известны случаи, когда удавалось сделать мульткоптер практически неуправляемым, создавая шумы для акселерометра. Есть ряд своих источников вибраций и помех для данного устройства, например, пропелле-

ры, вентиляльные двигатели, крепления, которые производители пытаются уменьшить с помощью фильтров.

Ниже на рисунке 1 показан график уровня вибрационного шума без использования и с использованием амортизирующей прокладки.

Как видно, если не защищать таким образом акселерометр летательного аппарата, то высокочастотные шумы становятся слишком большими и мешают работе системы стабилизации. На основании этих данных можно сделать вывод, что именно акселерометр так же может быть уязвимым местом для акустических методов борьбы с беспилотниками. [7]

**Лазерные системы** — одно из самых перспективных направлений, так как обладают внушительными поражающими воздействиями и в то же время имеют компактные размеры. При испытаниях в Аризоне (США) мощность лазера всего в 2 кВт позволила вывести из строя беспилотный летательный аппарат малых размеров посредством повреждения сенсоров, датчиков, винтов и других уязвимых элементов. Собранный современный прототип данной установки имеет вес около 300 килограмм, водяную систему охлаждения и резервную систему питания от аккумуляторов. Так же на рынок еще в 2015 году вышла немецкая установка мощностью чуть менее 40 кВт, способная уничтожать цели на расстоянии до 5 километров.

**Микроволновые методы.** Принцип действия данной защиты в том, чтобы дистанционно вывести из строя часть бортовой электроники беспилотного аппарата. Этот метод является практически универсальным, од-

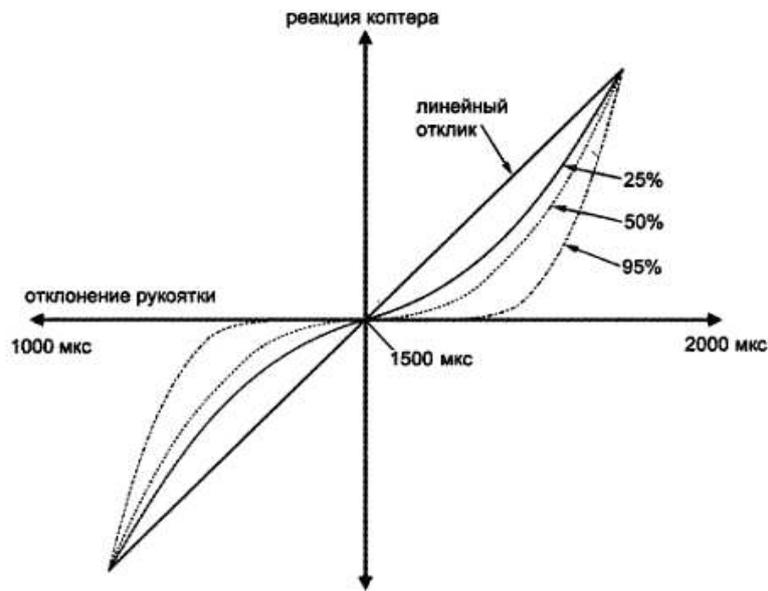


Рис. 2. Влияние экспоненты на сигнал управления

нако требует очень больших энергетических затрат и применения дорогостоящего оборудования. Поэтому подобными установками могут быть оснащены только крупные предприятия и оборонные комплексы. Кроме того специфика применения установки не гарантирует безопасность других летающих объектов в зоне поражения оборонительного сооружения.

**Радиоэлектронная борьба.** Существуют и разрабатываются радиоэлектронные системы (РЭС) различного противодействия вредоносным действиям беспилотников. Можно выделить следующие виды:

- ◆ системы автоматического обнаружения беспилотника в заданном секторе (оптические, радарные, акустические, по радиоизлучению, комбинированные); [8]
- ◆ системы перехвата управления беспилотником;
- ◆ системы постановки помех в канале управления беспилотником;
- ◆ системы постановки помех для работы систем геопозиционирования аппарата на частотах GPS/ГЛОНАСС и других систем спутникового геопозиционирования;
- ◆ системы, вносящие помехи в работу бортовой электроники, включая системы уничтожения бортовой электроники (системы на базе электромагнитных излучений, микроволновые системы).

В США были представлены противоугонные системы нового поколения, которые способны обнаружить беспилотник-нарушитель, заглушить исходящий от него сигнал и обезвредить его. Регламентируемая дальность

данной системы — около 2 км. Рабочая модель представлена американской компанией DroneShied.

**Сети.** Захват дрона сетью — технически самый нехитрый способ борьбы с беспилотными аппаратами. Данные установки бывают двух типов:

- ◆ захват нарушителя с помощью дрона перехватчика. Достаточно подлететь к цели, накинуть на нее сеть и она сама запутается в винтах, тем самым сбив нарушителя; [8,10]
- ◆ второй метод подразумевает наземную установку, которая с земли будет метать сеть в нарушителя.

Оба метода требуют определенной сноровки и навыков, что так же не делает данный способ универсальным.

**Хаккинг беспилотника** — очень популярное направление борьбы с беспилотными летательными аппаратами, состоящее в перехвате управления стороной защиты. Иногда задача перехвата состоит в принудительной посадке и захвате устройства в целях кражи. Данное направление борьбы с беспилотниками динамично развивается, но так же быстро производители находят способы защиты программного обеспечения (ПО) от внешнего проникновения.

Выделяют следующие основные способы перехвата беспилотников:

- ◆ получение доступа к управлению за счет взлома зашифрованного канала связи или подмены данных авторизации;

- ♦ использование уязвимостей ПО, включая пере-полнение буфера;
- ♦ использование интерфейсов и каналов данных оригинального ПО для «протаскивания» стороннего кода.

Известно, что одним из важных параметров, которые определяют качество и комфорт пилотирования является экспонента. Это нелинейное поведение отклика системы на изменение сигнала управления. Принцип формирования нелинейного сигнала определяется по следующей формуле

$$\exp(x) = \frac{e^{kz} - 1}{e^k - 1} \quad (1)$$

где  $x$  — значение сигнала отклонения;  $k$  — коэффициент пропорциональности. Чтобы постоянно не загружать процессор подобными вычислениями, эти данные вычисляются заранее и потом просто подставляются в систему управления. Во время управления с пульта они накладываются на линейную зависимость согласно формуле

$$Y = N * \exp(x) + (1 - N) * x \quad (2)$$

где  $N$  — это доля экспоненты в настройках пульта. Чем больше эта доля, тем сильнее искажается линейная зависимость в соответствии с заранее вычисленными значениями (рис. 2). Большая доля экспоненты позволяет плавно управлять летательным аппаратам, однако не дает быстро реагировать для совершения резких маневров. [7,9]

Уровень влияния экспоненты настраивается индивидуально под каждый летательный аппарат непосредственно оператором. Используя эти данные, можно предположить, что эта настройка является доступной для воздействия из вне. Прямое воздействие на экспоненту не позволит захватить управление аппаратов, однако обеспечит практически полное отсутствие управляемости и может привести к аварийным ситуациям.

Так же воздействие на данный параметр может оказаться значительно проще, чем полностью захватить беспилотный аппарат противника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васи́лин Н. Я. Беспилотные летательные аппараты. М.: Попурри, 2003. 272 с.
2. Vasilin N. Ja. Bepilotnye letatel'nye apparaty [Unmanned Aerial Vehicles]. Moscow: Popurri, 2003. 272 p. (In Russian)
3. Тимоти У.М., Рэндал У. Б. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2016. 312 с.
4. Timoti U.M., Rjendal U. B. Malye bepilotnye letatel'nye apparaty: teorija i praktika [Small unmanned aerial vehicles: theory and practice.]. Moscow: Tehnosfera, 2016. 312 p. (In Russian)
5. Тищенко М.А., Некрасов А. С. Вертолеты. Машиностроение. М.: Машиностроение, 1976. 366 с.
6. Tishhenko M.A., Nekrasov A. S. Vertolety. Mashinostroenie [Helicopters. Mechanical engineering]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 312 p. (In Russian)
7. Красильщикова М.Н., Себрякова Г. Г. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. М.: Физматлит, 2009. 556 с.
8. Krasil'shhikova M.N., Sebrjakova G. G. Sovremennye informacionnye tehnologii v zadachah navigacii i navedenija bepilotnyh manevrennyh letatel'nyh apparatov. [Modern information technologies in the tasks of navigation and guidance of unmanned maneuverable aircraft]. Moscow: Fizmatlit, 2009. 556 p. (In Russian)
9. Зинченко О. Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) // <http://www.racurs.ru/?page=681>. (дата обращения 12.11.2017).
10. Zinchenko O. N. Bepilotnye letatel'nye apparaty: primenenie v celjah ajerofotos'emki dlja kartografirovanija (chast' 1) [Unmanned aerial vehicles: aerial photography application for mapping (part 1)]. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> (date of access 12.11.2017). (In Russian)

© Семенец Вячеслав Олегович (sublane@mail.ru), Трухин Михаил Павлович (mptru@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ШУМОПОДАВЛЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

## NOISE REDUCTION FOR SPEECH SIGNAL PROCESSING BY USING WAVELET TRANSFORM

**M. Hein  
V. Dovgal  
V. Kudinov**

*Summary.* Speech plays an important role in multimedia system. Speech enhancement is to remove noise from speech for multimedia systems. Noise is an unwanted interference in any form of communication generally degrades the quality of the information signal. During transmission and reception signals are often corrupted by noise which can cause severe problems for downstream processing and user perception. Therefore an automated means of removing the noise would be an invaluable first stage for many signal processing tasks. Denoising has long been a focus of research and yet there always remains room for improvement. There are so many techniques to improve the signal quality or to regenerate the signal. In this paper we present a method for speech denoising using wavelet transform. It is often necessary to perform denoising in speech processing system operating in highly noisy environment. Wavelet transform is one of the most promising techniques used in signal processing, due to its ability to decompose signals and to reduce noise having non-stationary characteristics.

*Keywords:* Speech signals, Wavelet Transform, Discrete Wavelet Transform (DWT).

**Хейн Мин Зо**

аспирант, Курский Государственный Университет,  
г. Курск  
heinminnzaw13@gmail.com

**Довгаль Виктор Митрофанович**

Д.т.н., профессор, Курский государственный  
университет  
vmdovgal@yandex.ru

**Кудинов Виталий Алексеевич**

Д.п.н., профессор, Курская государственная  
сельскохозяйственная академия  
kudinovva@yandex.ru

*Аннотация.* Речь играет важную роль в мультимедийной системе. Усиление речи — это удаление шума из речи для мультимедийных систем. Шум — это нежелательная интерференция в любую форму связи, как правило, деградирует качество информационного сигнала. Во время передачи и приема сигналы часто повреждаются шумом, который может вызвать серьезные проблемы для нисходящего потока обработки и восприятия пользователя. Поэтому автоматизированное средство снятия шума было бы бесценным первым шагом для многих задач обработки сигналов. Де-шумирование уже давно является объектом исследований, и все же всегда остается место для его улучшения. Существует так много техник для улучшения качества сигнала или для регенерации сигнала. В этой статье мы представляем метод шумоподавления речи с использованием вейвлет-преобразования. Часто бывает необходимо выполнять шумоподавление в системе обработки речи, работающей в высоко шумной среде. Вейвлет-преобразование является одним из наиболее перспективных техник, используемых при обработке сигналов, благодаря его способности разлагать сигналы и уменьшать шум, имеющий нестационарные характеристики.

*Ключевые слова:* речевые сигналы, вейвлет-преобразование, дискретное вейвлет-преобразование (DWT).

## Введение

**С**игналы, служат для передачи информации из одного места в другое. Они могут быть в форме света, звука, изображения и т.д. Сигналы, используемые в качестве носителя в виде беспроводной связи, звуковой сигнал, используемый человеком для общения с другим человеком, изображение, используемое для наблюдения и понимания. Если вклады сигналов важны в нашей жизни, то их обработка также важна. Сигнал повреждается любым типом нежелательного сигнала, называемого мешающим сигналом, что приводит к снижению качества информации. Чтобы сохранить сигнал для дальнейшей обработки в не причинной операции, такой как хранение, сравнение, идентификация, проверка, цель исследования.

Речевое шумоподавление — это область инженерии, в которой изучаются методы, используемые для восстановления исходной речи из шумных сигналов, поврежденных различными типами шумов. Шум может быть в виде белого шума, розового шума, шумового шума и многих других типов шума, присутствующих в окружающей среде. За последние десятилетия удаление шума из речевых сигналов является областью, представляющей интерес для исследователей при обработке речи. Вейвлет-методы в основном используются для шумоподавления речи. Основная идея вейвлетов — проанализировать по шкале. Вейвлет-преобразования могут разлагать сигнал на несколько шкал, которые представляют разные диапазоны частот, и в каждом масштабе, можно приближенно определить положение мгновенных структур сигнала. Такое свойство можно использовать

для шумоподавления. Хотя без информации о сигнале, подлежащем анализу, вейвлет выбирает информацию, сильно уменьшая ее количество.

### Вейвлет и мульти-разрешение

Вейвлет — это малая волна, а вейвлет-преобразования преобразуют сигнал в серию всплесков и обеспечивают способ анализа осциллограмм, ограниченных как по частоте, так и по длительности. Это позволяет сохранять сигнал более эффективно, чем преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование предпочтительнее преобразования Фурье (FT) и короткого временного преобразования Фурье (STFT), поскольку оно обеспечивает мульти-разрешение.

В сигнале временной области, независимой переменной является время, а зависимая переменная — амплитуда. Большая часть информации скрыта в частотном контенте. Используя вейвлет-преобразование, мы можем получить информацию о частоте, которая невозможна, работая во временной области. Анализ нестационарного сигнала с использованием преобразования Фурье и короткого преобразования Фурье не дает удовлетворительных результатов. Более эффективные результаты могут быть получены с помощью анализа вейвлет-преобразования. В коротком временном преобразовании Фурье используется фиксированное временное частотное разрешение, где, как и в вейвлет-преобразовании, используется технология мульти-разрешения. Одним из преимуществ анализа вейвлет-преобразования является способность выполнять локальный анализ. Вейвлет-анализ позволяет выразить внешний вид сигнала, что другие методы анализа пропускают, такие как точки пробоя, отсутствие непрерывности и т.д.

В мульти-разрешении анализе сигнал имеет хорошее временное разрешение и низкое частотное разрешение на высоких частотах, и другим способом хорошее разрешение по частоте и низкое временное разрешение на низких частотах [1]. Он более подходит для короткой продолжительности более высокой частоты и более длинная длительность низкочастотных компонентов. Предполагается, что низкие частоты появляются на всю длительность сигнала тогда как высокие частоты появляются время от времени как короткий интервал. Это часто бывает в практических приложениях.

### Вейвлет-преобразование

В этой работе, мы изложили лишь некоторые ключи и понятия вейвлет-преобразования, более строгая математическая обработка этого вопроса можно найти в [2,

3, 4, 5]. Непрерывное время вейвлет-преобразование (CWT)  $f(t)$  определяется как:

$$\begin{aligned} CWT_{\psi} f(a, b) &= W_f(b, a) = \\ &= |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0$ , и они расширяют и переводят коэффициенты, соответственно. Это умножение  $|a|^{-\frac{1}{2}}$  для целей нормировки энергии, так что преобразованный сигнал будет иметь одинаковую энергию в каждом масштабе. Функция анализа  $\psi(t)$ , так называемый материнский вейвлет, должен удовлетворять, что она имеет нулевую чистую зону, которые предполагают, что преобразование ядра вейвлет-преобразования является функцией поддержки компактно (локализованное во времени).

Одним из недостатков CWT является то, что представление сигнала часто является избыточным, так как  $a$  и  $b$  непрерывны над  $\mathbb{R}$  (действительное число). Исходный сигнал может быть полностью реконструирован выборочной версией  $W_f(b, a)$ . Типично, мы образец в диадической сетке, т.е.  $a = 2^{-m}$  и  $b = n2^{-m}, m, n \in \mathbb{Z}^+$ . Подставляя последнее в уравнение (1):

$$DWT_{\psi} f(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^*(t) dt \quad (2)$$

где  $\psi_{m,n}(t) = 2^{-m} \psi(2^m t - n)$  представляет собой расширенную и переведенную версию материнского вейвлета  $\psi(t)$ .

Из-за ортонормированных свойств в дискретном вейвлет-преобразовании отсутствует избыточность информации. Кроме того, при таком выборе  $a$  и  $b$  существует алгоритм анализа, который разлагает сигнал на шкалы с различным временным и частотным разрешением.

Различия между различными вейвлет-функциями матери (например, Haar, Daubechies, Coiflets, Symlet, Biorthogonal и т.д.) заключаются в том, как определяются эти сигналы масштабирования и вейвлеты. Выбор вейвлета определяет окончательную облик формы волны; также, для преобразования Фурье разложенные формы сигналов всегда являются синусоидными.

Вейвлет-разложение приводит к уровням аппроксимированных и детальных коэффициентов. Алгоритм разложения и восстановления сигнала вейвлет-сигнала



Рис. 1. Алгоритм де-шумирования

от вейвлет-преобразования иллюстрируется многочисленными источниками [2, 3, 4].

### Вейвлет-фильтр

Вейвлет — это термин, используемый для описания короткого временного ряда (обычно менее 100 выборок), который может использоваться для представления, например, функции источника. Как было показано ранее, вейвлет может быть изучен как временной ряд во временной области или в частотной области в виде амплитудного или фазового спектра. Для любого спектра амплитуды имеется бесконечное число вейвлетов временной области, которые могут быть построены путем изменения фазового спектра. Существует два специальных типа фазовых спектров, представляющих особый интерес.

**Минимальный фазовый** вейвлет имеет короткую продолжительность времени и концентрацию энергии в начале вейвлета. Он равен нулю до нуля (причинный). Идеальным сейсмическим источником был бы всплеск (максимальная амплитуда на каждой частоте), но лучшим практическим одним был бы минимальным фазе. Весьма распространено преобразование данного вей-

влет-источника вейвлет-памяти в его минимальный эквивалент фазы, поскольку несколько этапов обработки (например, предсказательная деконволюция) работают лучше всего, предполагая, что входные данные являются минимальной фазой.

**Максимальный фазовый** вейвлет — это обратное время минимальной фазы, и в каждой точке фаза больше для максимума, чем минимум. Все остальные каузальные вейвлеты строго говоря, смешанные фазы и будут иметь более длительный период времени. Свертка двух минимальных фазовых вейвлетов является минимальной фазой. Вейвлет с нулевой фазой имеет меньшую длительность, чем минимальный эквивалент фазы. Вейвлет симметричен с максимумом в момент времени (не причинный). Тот факт, что энергия доходит до нулевого времени, физически не реализуется, но вейвлет полезен для увеличения разрешающей способности и простоты выбора событий отражения (пика или желоба). Свертка нулевого и минимального фазовых вейвлетов является смешанной фазой (потому что фазовый спектр исходного минимального фазового вейвлета не является единственным минимальным фазовым спектром для нового модифицированного вейвлета), и его следует избегать.[6]

### Мягкое и жесткое пороговые значения

В последние годы вейвлет-преобразование [7] стало мощным инструментом для многомасштабного представления и анализа сигналов. Вейвлет-преобразование локализует информацию на частотно-временной плоскости, в частности, они способны торговать одним типом разрешения для другого, что делает их особенно подходящими для анализа речевого сигнала. Идея вейвлет-преобразований заключается в том, что сдвиг должен допускать только изменение во времени, но не в форме.

Недавно были предложены различные методы, основанные на вейвлетах, для целей де-шумирования речи. Метод коэффициента вейвлет-разделения — это процедура де-шумирования речи для удаления шума путем сокращения вейвлет-коэффициентов в домене вейвлета. Метод основан на пороговом сигнале, что каждый вейвлет-коэффициент сигнала сравнивается с заданным порогом; если коэффициент меньше порога, то он устанавливается на ноль, в противном случае он сохраняется или слегка уменьшен по амплитуде. Мягкое и жесткое пороговое значение используются для де-шумирования сигналов. Использование вейвлетов для удаления шума из сигнала требует идентифицирования, какие компоненты содержат шум, а затем восстановления сигнала без этих компонентов [8].

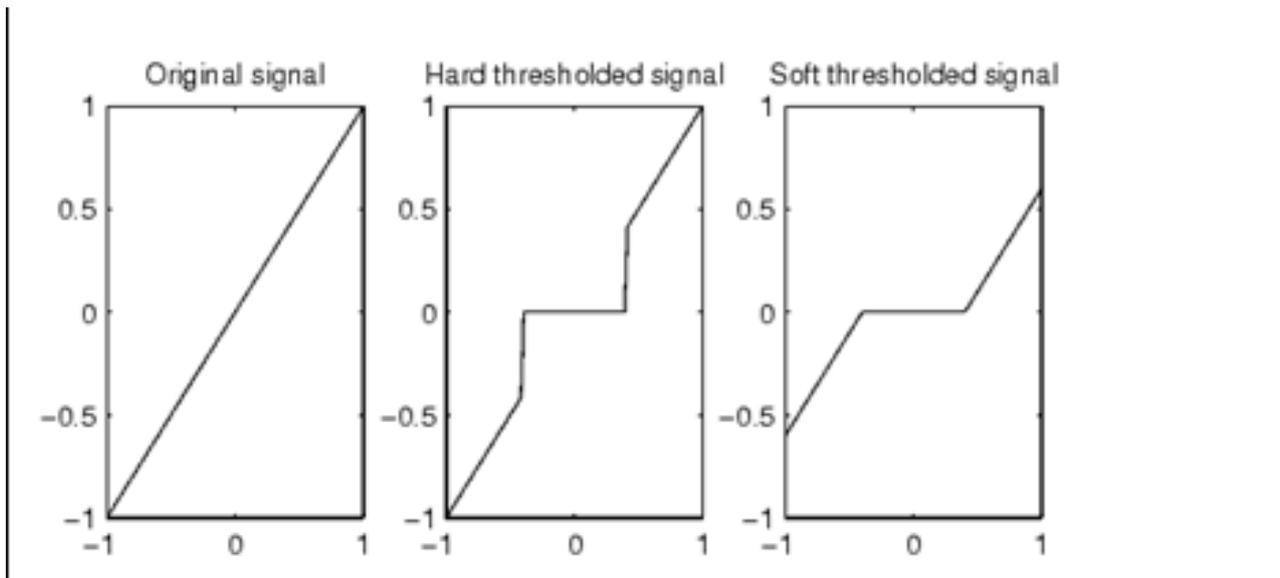


Рис. 2. Сравнение между мягким и жестким порогом

Принцип, под которым действует порог вейвлетов, заключается в улучшении коэффициентов вейвлетов, зависит от определенного значения, называемого порогом. Алгоритм де-шумирования суммируется следующим образом:

- i) Вычислить дискретное вейвлет-преобразование для шумового сигнала.
- ii) На основе алгоритма, называемого алгоритмом порогового значения и пороговым значением, сжимаются некоторые вейвлет-коэффициенты детали.
- iii) Вычислить обратное дискретное вейвлет-преобразование.

Пороговое значение используется в вейвлет-области для сглаживания или для удаления некоторых коэффициентов подсигналов вейвлет-преобразования измеренного сигнала. Это снижает уровень шума сигнала в нестационарной среде. Существует два распространенных способа порога результирующих вейвлет-коэффициентов. В первом случае значения коэффициентов установлены на ноль, абсолютное значение которых ниже порогового значения. Это обычно называют жестким порогом. Второй, называемый мягким порогом, идет еще на один шаг и уменьшает величину остальных коэффициентов на пороговое значение. Жесткий порог поддерживает масштаб сигнала, но вводит звон после реконструкции из-за прерывности в вейвлет-коэффициентах. Мягкий порог устраняет эту проблему, что приводит к более плавному сигналу. Методы мягкого и жесткого порога используются для

оценки вейвлет-коэффициентов при пороговом шумопонижении.

Жесткий порог можно описать как обычный процесс установки нуля элементов, абсолютные значения которых ниже порога.

$$T_{Hard}(x) = \begin{cases} x & |x| \geq thr \\ 0 & |x| < thr \end{cases} \quad (3)$$

Мягкий порог — это расширение жесткого порога, сначала устанавливающее на ноль элементы, абсолютные значения которых ниже порога, а затем уменьшают ненулевые коэффициенты в направлении 0. [9]

$$T_{Soft}(x) = \begin{cases} Sign(x)(x - thr) & x \geq thr \\ 0 & -thr \leq x < thr \\ Sing(x)(x + thr) & x < -thr \end{cases} \quad (4)$$

### Заключение

Речевое шумоподавление (де-шумирования) — это область инженерии (техники), в которой изучаются методы, используемые для восстановления исходной речи из шумных сигналов, поврежденных различными типами шумов. Более высокий порог хорошо удаляет шум, но часть исходного сигнала также удаляется шумом. Мягкое пороговое значение лучше жесткого порога, поскольку мягкое пороговое значение дает лучшие результаты, чем жесткое пороговое значение. Жесткий порог — это самый простой способ, но мягкий порог обладает хорошими математическими свойствами и дает лучшую производительность шумоподавления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prof. Dr. Ir. M. Steinbuch, Dr. Ir. M.J.G. van de Molengraft, June 7 (2005), Eindhoven University of Technology, Control Systems Technology Group Eindhoven, «Wavelet Theory and Applications», a literature study, R.J.E. Merry, DCT 2005.53.
2. C. Gargour, M. Gabrea, V. Ramachandran, J. Lina. «A Short Introduction to Wavelets and Their Applications», IEEE Circuits and Systems Magazine, ISSN: 1531–636X, vol. 2, pp. 57–67, 2009.
3. C. Taswell. «The What, How and Why of Wavelet Shrinkage Denoising», Computing in Science and Engineering, ISSN: 1521–9615, vol. 2, no. 3, pp. 12–19, June 2000.
4. S. Tsai, «Wavelet Transform and Denoising», Master's Thesis, URN: etd-12062002–152858, Chapter 4, pp. 35–42.
5. <http://taco.poly.edu/WaveletSoftware/denoise2.html>
6. <http://www.xsgeo.com/course/basic.htm>
7. James S. Walker, A primer on Wavelets and their scientific applications, 2nd Edition, Chapman & Hall/CRC USA, 2008.
8. Robi Polikar «The Wavelet Tutorial» Rowan University College of Engineering.
9. D. L. Donoho. «Denoising by Soft thresholding» IEEE Trans on Information Theory. 1995, vol. 41, no. 3, pp. 613–627.

© Хеин Мин Зо ( heinminnzaw13@gmail.com ),

Довгаль Виктор Митрофанович ( vmdovgal@yandex.ru ), Кудинов Виталий Алексеевич ( kudinovva@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИММУНОПРОФИЛАКТИКОЙ НАСЕЛЕНИЯ

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF IMMUNOPROPHYLAXIS OF THE POPULATION

**E. Avksentieva  
S. Avksentiev  
S. Platonova**

*Summary.* The article analyzes the use of automated control systems for immunization of the population in order to identify existing problems and suggests possible ways to solve them. It is proposed to combine and optimize the information bases of various automated systems of immunization management into a single information system with transfer to the cloud storage, implement an ergonomic, intuitive user interface, record and check the quality of vaccines through automatic identification with bar codes. It is important to ensure the security of personal data with the help of information security tools (including encryption (cryptographic) means, means to prevent unauthorized access, information leakage through technical channels, software and technical impacts on technical means of processing personal data), as well as information used in the information system technologies. The article contains proposals on the development and necessary information filling of the databases of the automated control system for immunoprophylaxis. Statistical processing of data in the system and their visualization will allow to automate the process of registering vaccinations at all its stages, predicting their timely need, which will allow within a single distributed system to provide a solution to the whole range of tasks to manage immunoprophylaxis and improve its effectiveness

*Keywords:* information system, vaccination, vaccination, vaccine prophylaxis, immunoprophylaxis, vaccination schedule, routine vaccinations, vaccination journal, automated control program, optimization, automated system, MIS, IS, AIS

**Авксентьева Елена Юрьевна**

*К.п.н., доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия*

*avksentievaelena@rambler.ru*

**Авксентьев Сергей Юрьевич**

*К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*  
*avksentiev@mail.ru*

**Платунова Светлана Михайловна**

*Старший преподаватель, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия*  
*platonowasweta@mail.ru*

*Аннотация.* В статье проводится анализ использования автоматизированных систем управления иммунопрофилактикой населения с целью выявления существующих проблем и, предлагаются возможные пути их решения. В работе предлагается объединить и оптимизировать информационных базы различных автоматизированных систем управления иммунизацией в единую информационную систему с переносом в облачное хранилище, реализовать эргономичный, интуитивно понятный пользовательский интерфейс, учет и проверку качества вакцин посредством автоматической идентификации с помощью штриховых кодов. Важно обеспечить безопасность персональных данных с помощью средств защиты информации (в том числе шифровальные (криптографические) средства, средства предотвращения несанкционированного доступа, утечки информации по техническим каналам, программно-технических воздействий на технические средства обработки персональных данных), а также используемых в информационной системе информационных технологий. В статье содержатся предложения по развитию и необходимому информационному наполнению баз данных автоматизированной системы управления иммунопрофилактикой. Статистическая обработка данных в системе и их визуализация позволит автоматизировать процесс учета прививок на всех его этапах, спрогнозирует их своевременную необходимость, что позволит в рамках одной распределенной системы обеспечить решение всего круга задач по управлению иммунопрофилактикой и повысить его эффективность.

*Ключевые слова:* информационная система, прививка, вакцинация, иммунопрофилактика, иммунопрофилактика, календарь прививок, плановые прививки, журнал прививок, автоматизированная программа управления, оптимизация, автоматизированная система, МИС, ИС, АИС.

## Введение

**В** настоящее время с развитием современных прогрессивных технологий, внедряемых повсеместно, применение медицинских автоматизированных информационных систем становится все более

актуальным. Такие системы позволяют обеспечить контроль качества лечения, и оптимизируют деятельность лечебного учреждения.

В связи с огромным разнообразием прививок и постоянном его росте без их учета уже никак не обойтись.

На сегодняшний день существуют различные автоматизированные информационные системы с большим набором функций и средств, в полной мере позволяющие вести учет и планирование прививок.

Анализ существующих программных решений в городе Санкт-Петербурге показывает, что процесс учета прививок не полностью автоматизирован, имеет огромное количество недостатков. Наиболее эффективным решением является создание нового программного обеспечения, позволяющего повысить эффективность работы медицинских работников за счет создания более удобного и понятного графического интерфейса пользователя. Необходимо автоматизировать процесс учета прививок на всех его этапах, что позволит в рамках одной распределенной системы обеспечить решение всего круга задач по управлению иммунопрофилактикой, а, следовательно, в повышении его эффективности на рабочем месте.

Весь управленческий процесс основывается на информационном обеспечении автоматизированных систем управления, которое в свою очередь позволяет учреждениям более высокого уровня оценить эффективность деятельности всей системы здравоохранения и отдельной организации, а, следовательно, своевременно принимать эффективные управленческие решения, направлять и мотивировать персонал для их исполнения, планировать ресурсную базу, реализовывать эффективные модели поведения, выбирать адекватный стиль руководства.

Эффективность организации процесса вакцинопрофилактики обуславливается наличием законодательной базы, оптимизацией системы управления, использованием современных информационных технологий и телекоммуникаций, обеспечением населения своевременной и достоверной информацией.

Автоматизированные системы управления иммунизацией позволяют улучшить количественные характеристики системы вакцинопрофилактики, решить задачи, направленные на ее качественное изменение, повысить полноту и своевременность сбора, анализа, хранения и передачи информации.

Из-за постоянной необходимости совершенствования работы по вакцинопрофилактике выдвигаются все новые и новые требования ко всем медицинским учреждениям.

Внедрение в практику здравоохранения комплексной программы «Управление Иммунизацией» в Санкт-Петербурге

Согласно приказу I20/I03а Комитета по здравоохранению администрации Санкт-Петербурга и центра ГОС-

САНЭПИДНАДЗОРА в Санкт-Петербурге от 09.04.1998 [1] было произведено внедрение комплексной программы «Управление Иммунизацией» в Санкт-Петербурге.

На персональные компьютеры пользователей была установлена программа «Вакцинопрофилактика». В организациях, где были установлены другие программы и в тех, которые еще не успели внедрить у себя программный продукт «Вакцинопрофилактика» был установлен программный продукт «Документ», обеспечивающий ручное заведение отчетных форм. Передача отчетов в Городской Центр Госсанэпиднадзора и в инфекционно-эпидемиологическом организационно-методическом отделе Комитета по здравоохранению Администрации Санкт-Петербурга из этих программ осуществлялась на магнитных дисках или по модемной связи.

На тот момент программа «Вакцинопрофилактика» научно-внедренческого товарищества «БИМК-Д» была не единственным программным продуктом, существующий в нашем городе. Из-за недоступности формата данных, передаваемых в Городской Центр Госсанэпиднадзора и в инфекционно-эпидемиологический организационно-методический отдел Комитета по здравоохранению Администрации Санкт-Петербурга, пользователям приходилось отказываться от остальных программных продуктов из-за неудобства ручного заведения отчетных форм, несмотря на преимущества самих программ учета прививок.

Также за счет средств Комитета по здравоохранению согласно источнику [2] была приобретена вычислительная техника непосредственно под внедрение программной системы «Управление иммунизацией», что тоже очень сильно повлияло на выбор программного обеспечения в пользу научно-внедренческого товарищества «БИМК-Д».

Еще одним фактом в пользу этого программного продукта является то, что только программный продукт научно-внедренческого товарищества «БИМК-Д» имеет сертификат Министерства здравоохранения Российской Федерации на его использование в учреждениях здравоохранения Российской Федерации.

На сегодняшний день ситуация в нашем городе особо не изменилась. Фирма-разработчик программы «Вакцинопрофилактика» до сих пор является лидером в этой области, т.к. отчеты, передаваемые в Городской Центр Госсанэпиднадзора и в инфекционно-эпидемиологическом организационно-методическом отделе Комитета по здравоохранению Администрации Санкт-Петербурга, принимаются только в том закрытом формате данных, который они когда-то разработали.

## Недостатки существующей на сегодняшний день схемы учета прививок

Почти все программные продукты в этой области были разработаны для операционных систем самых первых версий Windows и DOS. Под последние версии ОС Windows не адаптированы.

Формат передачи данных в Городской Центр Госэпиднадзора и в инфекционно-эпидемиологическом организационно-методическом отделе Комитета по здравоохранению Администрации Санкт-Петербурга не является общедоступным.

Невозможность работы системы в многопользовательском режиме.

Нет взаимосвязи комбинированных вакцин, т.е. оказывающих профилактическое воздействие сразу для нескольких инфекций соответствующим им инфекциям.

Также нет автоматической перенастройки планов профилактических прививок в ситуации изменения соответствующих календарей прививок.

Базы данных в каждом учреждении, осуществляющем учет прививок, изолированы друг от друга, нет единой базы данных, а, следовательно, процесс учета прививок не полностью автоматизирован.

В детских дошкольных учреждениях, школах, и других учреждениях, осуществляющих вакцинопрофилактику, программы по учету прививок не установлены, что тоже доказывает не полную автоматизацию процесса.

У мобильных прививочных пунктов также не возможности вносить сделанные прививки в программу по их учету.

В существующих программных продуктах нет возможности брать сведения о пациентах из других баз. Это дублирует работу персонала по вводу общих данных о пациентах, таких как фамилия, имя, отчество, дата рождения и т.д. Также, такие сведения, как медицинский отвод от прививки дает врач, и процесс передачи этих данных мог бы существенно упроститься, если бы была единая база пациентов, где врач мог сам в программу занести медицинский отвод.

Процесс учета вакцин происходит практически в ручном режиме. Уже давно самым распространенным и наиболее оптимальным методом предметно-количественного учета является штриховое кодирование.

Отсутствие в подавляющем числе программ картотек произведенной экстренной иммунопрофилактики.

В этих программах не предусмотрено информирование пациентов о предстоящих прививках, что существенно влияет на привитость населения.

Процесс перевода пациента из одного лечебного учреждения в другое тоже не автоматизирован.

В базах таких программ нет информации о врачах, которые направляют на прививку, а также информации о медработниках, выполнивших эту прививку. Такой учет позволил бы свести к минимуму врачебные ошибки. Так же появится возможность оценивать эффективность работы медицинского персонала. В спорных ситуациях можно будет быстро получить информацию о том, кто направил на прививку и кто ее выполнил.

Также в них нет справочника возможных осложнений после проведения вакцинации.

В организациях, запрашиваемых данные о прививках, нет возможности самим сделать запрос о прививках.

Почти во всех программах очень неудобный и непонятный интерфейс, что усложняет работу пользователя программного продукта.

Еще очень важным моментом для пользователя является понятная инструкция, которой в существующих программах либо нет, либо написана языком не понятным обычному пользователю.

Существующие программы не имеют удаленной поддержки и сопровождения.

Согласно статье [3], набор основных функций, современных систем автоматизации службы иммунопрофилактики, ограничен возможностью регистрации произведенных прививок, а, в лучшем случае, возможностью автоматического планирования профилактических прививок по календарям прививок (без возможности их ручной настройки).

Также авторы этой статьи считают, что комплекс программ «Управление иммунопрофилактикой» научно-внедренческого товарищества «БИМК-Д» (г. Санкт-Петербург) имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, это отсутствие единого комплексного подхода к формированию регистра детского, подросткового и взрослого населения. Во-вторых, несколько затруднена процедура регистрации произведенных профилактических прививок. Данная процедура не позволяет медицинскому персоналу производить регистрацию реального объема

произведенных профилактических прививок, с одновременной возможностью их дальнейшего планирования. Таким образом, эту задачу можно эксплуатировать в службе детской, подростковой или взрослой иммунопрофилактики, причем данные этих служб не будут находиться в едином информационном поле.

## Выводы

Вышеперечисленные недостатки существующих автоматизированных систем получены на основе анализа личного практического опыта использования, масштабного анкетирования других пользователей, обзора литературы и выявления тенденций развития современных информационных технологий.

В результате исследования, был сделан вывод, что в России необходимо разработать единую информационную систему для учета, анализа и планирования вакцинации населения.

Для этого нужно создать единую облачную базу данных [4] для учета прививок, которая будет охватывать все медицинские организации, медпункты, мобильные прививочные пункты, а так же все организации, которым необходима информация из этих баз. Это повысит эффективность хранения и обработки данных, любая организация, подключенная к такой базе, сможет получить необходимые данные сама и тем самым сократится количество документов, передаваемых на носителях информации.

При этом надо осуществить связь новой базы с уже существующими базами в медучреждениях, для того чтобы была возможность обмениваться сведениями, такими как ФИО, дата рождения и т.д., при этом важно обеспечить защищенную передачу персональных данных.

Также необходимо разработать новый программный настраиваемый интерфейс для учета, анализа и планирования вакцинации населения для актуализации базы данных по запросу в автоматизированном режиме. Расширить настройки интерфейса для учета индивидуальных потребности каждого пользователя данной базы.

Для процесса учета и проверки качества вакцин нужно задействовать штриховое кодирование.

Важно включить такую функцию, как информирование пациентов о предстоящих прививках.

И безусловно, при разработке новой информационной системы, необходимо учесть и избежать недостатков существующих информационных баз.

Практическая значимость проекта заключена в упрощении труда медицинских работников за счет создания более удобного и понятного графического интерфейса пользователя, автоматизации процесса учета прививок на всех его этапах, позволяющего в рамках одной распределенной системы обеспечить решение всего круга задач по управлению иммунопрофилактикой, а, следовательно, в повышении его эффективности на рабочем месте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Управление иммунизацией, Приказ Курчанова В. И. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nvbimk.nethouse.ru/documents>, своб.
2. О распределении компьютеров по программе «Вакцинопрофилактика» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9106320>, своб.
3. Опыт автоматизации деятельности службы иммунопрофилактики лечебно-профилактического учреждения (в рамках решения задачи комплексной автоматизации ЛПУ) (Воронеж, «Консилиум/Consilium», №9 '1999), [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mislpu.narod.ru/mislpu/art0919991024.htm>, своб.
4. Авксентьева Е. Ю. Проектирование сетевой инфраструктуры для развертывания облачных сервисов вуза // Современное образование: традиции и инновации — 2016. — № 4. — С. 158–162.

© Авксентьева Елена Юрьевна ( [avksentievaelena@rambler.ru](mailto:avksentievaelena@rambler.ru) ),

Авксентьев Сергей Юрьевич ( [avksentiev@mail.ru](mailto:avksentiev@mail.ru) ), Платунова Светлана Михайловна ( [platonowasweta@mail.ru](mailto:platonowasweta@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО АКТИВНОГО ПОИСКА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СИНТАГМАТИЧЕСКИХ И ПАРАДИГМАТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ

THE ORGANIZATION OF PURPOSEFUL  
ACTIVE SEARCH ON THE BASIS  
OF ASSESSMENT OF SYNTAGMATIC  
AND PARADIGMATIC ASSOCIATIONS  
OF TEXT MESSAGES

*D. Akimov  
A. Dyatchenkova  
V. Sachkov*

*Summary.* The work deals with methods and technologies used to actively search for information and analyze text messages in a natural language, taking into account the specifics of Internet communications for conscious dialogue and the means of presenting information in the profile of social networks for implementing a model for collecting target information using associative dictionaries.

*Keywords:* active search, context analysis, text messages, associative thesaurus, syntagmatic associations, paradigmatic associations, associative dictionaries, semantic core.

*Акимов Дмитрий Александрович*  
К.т.н., МГТУ МИРЭА (Москва)  
akimovdmitri@gmail.com

*Дятченкова Анастасия Юрьевна*  
Аспирант, МГТУ МИРЭА (Москва)  
futurama\_07@bk.ru

*Сачков Валерий Евгеньевич*  
Аспирант, МГТУ МИРЭА (Москва)  
megawatto@gmail.ru

*Аннотация.* В работе рассматриваются методы и технологии, применяемые для активного поиска информации и анализа текстовых сообщений на естественном языке с учетом специфики Интернет коммуникаций для осознанного ведения диалога и средства представления информации в профиле социальных сетей для реализации модели сбора целевой информации с применением ассоциативных словарей.

*Ключевые слова:* активный поиск, контекстный анализ, текстовые сообщения, ассоциативный тезаурус, синтагматические ассоциации, парадигматические ассоциации, ассоциативные словари, семантическое ядро.

## Введение

**В** настоящее время глобальная сеть интернет охватила все области человеческой жизни, с её развитием появляется все больше различных социальных сервисов, сетей и т.д., ключевой ценностью в которых выступает информация. В связи с чем возникает все больше потребности в поиске, сборе и управлении полезной информации для различных целей.

Представим, что имеет место следующая ситуация: посетители ресурсов обладают необходимой информацией, но не сообщают её в силу невостребованности со стороны остальных коммуникаторов ресурсов.

Предлагается программа, главным принципом которой является **активный поиск информации**. Под **активным поиском** понимается поиск, при котором поисковая программа, будучи зарегистрированной от имени человека-посетителя на ресурсе, позволяющим размещать комментарии, ведет диалог с посетителями по «интересующей её» проблеме, интегрирует ответы и отправляет результат Заказчику.

При этом копии подобных программ должны быть размещены на ресурсах, посетители которых географи-

чески распределены. В результате появляется возможность в режиме реального времени контролировать процессы (перемещение техники, людей, строительство сооружений) на заданных территориальных образованиях.

Образцы вопросов:

- ◆ Собираюсь с семьей завтра часам к 11 в город X, долго ли придется стоять на паромной переправе?
- ◆ Не подскажите, по дороге на Y сегодня проехать можно. Мне сказали, что её ремонтируют. Кто-нибудь из вас по ней проезжал в ближайшее время?

Вопросы с некоторой модификацией могут повторно задаваться при автоматическом выявлении новых посетителей ресурсов.

Для ведения диалога на естественном языке от лица какого-либо человека используется такой инструмент как виртуальная сущность (ВС). ВС — информационный аналог личности человека. Как «аватарка» (картинка, фотография или анимационное изображение) олицетворяет пользователя в сети, так и ВС создается по образу и подобию человека

МЕТОДИКА СИНТЕЗА  
 ДИАЛОГА ДЛЯ ОБЩЕНИЯ  
 НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

По сути, в формальном описании, алгоритм общения ВС в сети можно свести к следующему:

1. Для каждой ВС задаётся список близких по тематике поиска чатов, форумов и блогов сети Интернет вместе с именами и паролями для входа.

2. ВС считывает странички из этого списка и анализирует интересы и специальные метрики (см. ниже).

3. Странички форумов и сайтов, как правило, выполнены на стандартном программном обеспечении и имеют почти стандартную структуру по тегам: имя посетителя, аватар посетителя, фраза (текст). ВС забирает эту страничку целиком и начинает применять себя к каждой имеющейся фразе — пытается ответить и самостоятельно оценить собственный ответ по заранее заданным критериям. При нахождении фраз, на которые, по его мнению, он способен дать более-менее приемлемый ответ, он забирает к себе и саму фразу и ответ на неё и включает их в свою таблицу диалоговых квантов. А в дальнейшем этот позаимствованный в ходе своего обучения ответ считает для себя более правильным, чем тот, что подготовил сам.

Диалоговый квант — это минимальная единица речевого общения, отражающая позиции всех участников диалога, но не более одного высказывания каждого участника.

В общем виде, текстовое содержимое сообщений может быть представлено в следующем виде:

$$T = \{w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n\},$$

где  $T$  — текстовое содержимое,  $w_i$  — слово, занимающее  $i$ -ую позицию в сообщении.

Содержимое диалога может быть представлено в следующем виде:

$$T_i^{inf} = \{H_i, L_i, B_i\},$$

где  $T_i^{inf}$  — текст  $i$ -ого сообщения,  $H_i$  — заголовок  $i$ -ого диалога,  $L_i$  — лид  $i$ -ого диалога,  $B_i$  — основное содержимое диалога.

Текст сообщения иногда сопровождается лидами:

$$T^{nav} = \bigcup_{i=1}^k H_i[L_i],$$

где  $T^{nav}$  — текст сообщения,  $H_i$  — заголовок  $i$ -ого диалога,  $[L_i]$  — лид  $i$ -ого диалога, который может присутствовать или нет, в зависимости от конкретного ресурса,  $k$  — число тем диалога.

Учитывая формулы, текст диалога может быть представлен в виде объединения текстов сообщений, связанных с ней, за исключением основного содержимого:

$$T^{nav} = \bigcup_{i=1}^k (T_i^{inf} \setminus T_i^{body}),$$

где  $T_i^{body}$  — часть текста, удаляемая из исходного текста информационной страницы для формирования его представления.

Наличие в тексте описанных признаков не позволяет однозначно определить, является ли диалог связанным: они указывают на наличие определённых связей между сообщениями, которые могут не сохраняться на всём протяжении диалога. Однако, частое использование в диалоге средств связки значительно увеличивает вероятность того, что диалог является связанным, поэтому в дальнейшем мы будем называть описанные признаки формальными признаками связности диалога. В рамках данной работы рассматриваются диалоги, состоящие из предложений, соответствующих принятым в языке грамматическим нормам, которые могут быть прочитаны и понятны пользователем. Для таких диалогов наблюдается следующая зависимость: чем реже в диалоге используются различные средства связки, тем менее связаны его части, т.е. диалог в целом является менее связанным.

В рамках решаемой задачи связность диалога будет рассматриваться нами как наличие у него определённого набора формальных признаков:

$$E_T = \{s_1, \dots, s_m\}, s_i \in S_E,$$

где  $E_T$  — связность диалога  $T$ ,  $S_i$  —  $i$ -ый формальный признак связности,  $S_E$  — множество формальных признаков связности,  $m$  — число учитываемых формальных признаков связности.

Введём двухместную операцию сравнения двух ветвей диалогов (контекстов), для определения более связанного из них:

$$F_{comp}(T_1, T_2) = F_{comp}(E_{T_1}, E_{T_2}) = \sum_{i=1}^m comp(As_i^{T_1}, As_i^{T_2});$$

$$comp(As_i^{T_1}, As_i^{T_2}) = \begin{cases} 1, As_i^{T_1} > As_i^{T_2} \\ 0, As_i^{T_1} = As_i^{T_2} \\ -1, As_i^{T_1} < As_i^{T_2} \end{cases}; \quad As^T = \frac{Ns^T}{n^T},$$

где  $F_{comp}(T_1, T_2)$  — операция сравнения степени связанности ветвей диалога  $T_1$  и  $T_2$ ,  $E_{T_j}$  — степень связанности диалога  $T_j$ ,  $As_i^{T_j}$  — отношение числа вхождений  $i$ -ого формального признака связанности ( $Ns_i^{T_j}$ ) в диалог  $T_j$  к общему числу слов в нём ( $n^T$ ),  $comp(As_i^{T_1}, As_i^{T_2})$  — операция сравнения частоты вхождения  $i$ -ого формального признака связанности в диалогах  $T_1$  и  $T_2$  соответственно.

Результатом операции сравнения  $F_{comp}(T_1, T_2)$  является число — сумма результатов поэлементного сравнения соответствующих вхождений формальных признаков в диалогах  $T_1$  и  $T_2$ . Полученный результат может быть интерпретирован следующим образом:

$$\begin{cases} E_{T_1} > E_{T_2}, & F_{comp}(T_1, T_2) > 0 \\ E_{T_1} \approx E_{T_2}, & F_{comp}(T_1, T_2) = 0, \\ E_{T_1} < E_{T_2}, & F_{comp}(T_1, T_2) < 0 \end{cases}$$

При сравнении диалогов с учётом вышеизложенных формул операция сравнения примет вид:

$$F_{comp}(T^{inf}, T^{nav}) = F_{comp}(\{H^{inf}, L^{inf}, B^{inf}\}, \sum_{i=1}^n \{H_i^{inf}, L_i^{inf}\}),$$

где  $H_i^{inf}$  — заголовок  $i$ -ого диалога, а  $L_i^{inf}$  — лид  $i$ -ого диалога, используемый в диалоге  $T^{nav}$ .

Введённая операция сравнения позволяет определить более связанный диалог из двух диалогов, однако для решения поставленной задачи классификации должна быть введена числовая мера связанности диалога. Ранее мы определили, что чем чаще в диалоге встречаются средства связи, тем больше вероятность того, что диалог в целом является связанным — используем данный подход для количественного выражения степени связанности диалога:

$$E_T = \sum_{i=1}^m Ns_i^T; \quad E_{T_{inf}} > E_{T_{nav}},$$

где  $E_T$  — числовое значение степени связанности диалога.

Выделенные ранее формальные признаки связанности диалога могут быть разделены на две группы по способу их определения: на признаки, выражаемые при помощи определённых частей речи и признаки, выражаемые при помощи использования схожих словоформ.

Признаками первой группы является использование в диалоге деепричастий, местоименных существитель-

ных, наречий, числительных и союзов. Числовым представлением частоты использования является отношение числа появления соответствующей части речи к общему числу слов в диалоге:

$$p_i^s = \frac{Ns_i}{n}; \quad i = \{1, \dots, k\},$$

где  $p_i^s$  — числовое представление  $s_i$ -ого признака связанности, определяемого по количеству использованных частей речи,  $Ns_i$  — число использований в диалоге частей речи, соответствующих  $s_i$ -ому признаку,  $n$  — общее число слов в диалоге,  $k$  — число признаков связанности, относящихся к первой группе.

Признаками второй группы является использование словоформ имеющих одинаковый корень, а также разных словоформ с одним корнем. Числовое представление этих формальных признаков может быть получено через отношения числа повторяющихся словоформ к общему числу слов:

$$r_j^s = \frac{Nwd}{n}, \quad Nwd = (n - n_u), \quad j = \{1, 2\},$$

где  $r_j^s$  — числовое представление  $s_j$ -ого признака связанности, определяемого по количеству повторяющихся словоформ,  $Nwd$  — число повторяющихся словоформ, соответствующих  $s_j$ -ому признаку связанности,  $n$  — общее число слов в диалоге,  $n_u$  — число уникальных слов в диалоге.

Учитывая формулы, для определения степени связанности диалога, исходный диалог страницы должен быть представлен в следующем виде:

$$T = \{p_1^s, \dots, p_k^s, r_1^s, r_2^s\} = [p_1^s, \dots, p_k^s, r_1^s, r_2^s]$$

Таким образом, предлагаемая модель диалогового взаимодействия учитывает 8 признаков связанности, выявляемых на морфологическом уровне анализа: частоту использования деепричастий, местоименных существительных, местоименных прилагательных, общего числа местоимений, числительных, союзов, а также полных дейктических и лексико-семантических повторов.

### Ассоциативный тезаурус

В задаче построения связанного диалога важной проблемой является понимание смысла сообщений. В социальных сетях, в основном, используются короткие сообщения, по этой причине выделение семантической информации из сообщения представляется еще более затруднительно чем при семантической разметки больших таксовых документов. Проблема усугубляется применением жаргонных слов и словосочетаний. Для решения проблемы семантической разметки сообще-

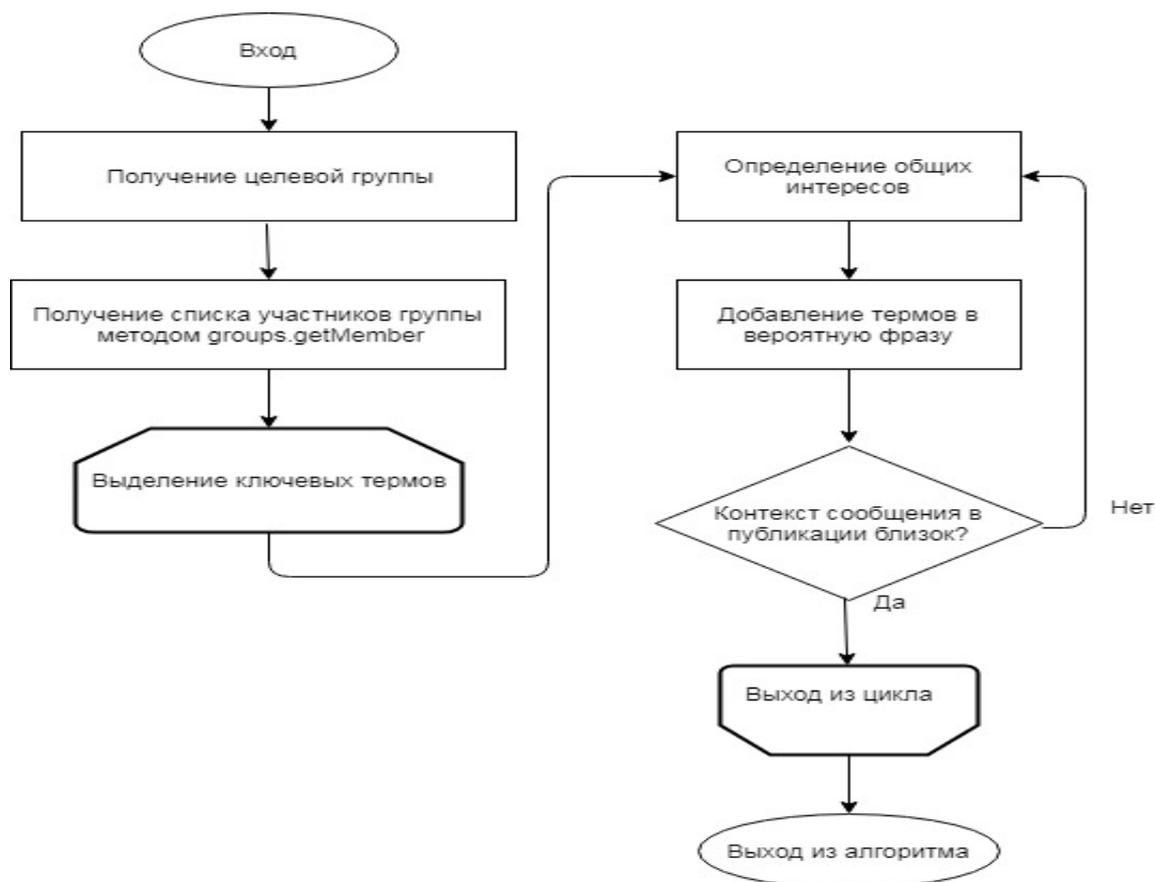


Рис. 1. Алгоритм трансляции заданной темы в диалоговую последовательность

ний и выделения смысловых конструкций предлагается использовать ассоциативные словари. Словесные ассоциации, используемые в ассоциативных словарях, основаны на подсознательной способности человека выстраивать логические связи на основании знаний об окружающем мире. Так например слово «море» может ассоциироваться с «чайками» и «кораблями», при этом если в сообщении встречается описание событий со словами «чайки» и «корабль» можно предположить что описываемые события происходят в море.

*Ассоциативный словарь* — словарь в котором отражена информация о том, как говорящие соединяют слова-реакции с определенными словами-стимулами, что отражает семантические парадигматические и синтагматические (линейные) связи.

*Ассоциативный эксперимент* — это прием, направленный на выявление ассоциаций, сложившихся у индивида в его предшествующем опыте.

Для создания ассоциативного словаря используется «Ассоциативный эксперимент», который является наиболее разработанной техникой психолингвистического

анализа семантики. Процедура ассоциативного эксперимента следующая: испытуемым предъявляется список слов и говорится, что им необходимо ответить первыми приходящими в голову словами. В среднем, каждому испытуемому даётся 100 слов и 7–10 минут на ответы.

Существует несколько разновидностей ассоциативного эксперимента:

- ◆ Свободный ассоциативный эксперимент. Испытуемым не ставится никаких ограничений на реакции.
- ◆ Направленный ассоциативный эксперимент. Испытуемому предлагается давать ассоциации определённого грамматического или семантического класса (например, подобрать прилагательное к существительному).
- ◆ Цепочечный ассоциативный эксперимент. Испытуемому предлагается реагировать на стимул несколькими ассоциациями — например, дать в течение 20 секунд 10 реакций.

При анализе ответов ассоциативного эксперимента выделяют, прежде всего синтагматические и парадигматические ассоциации:

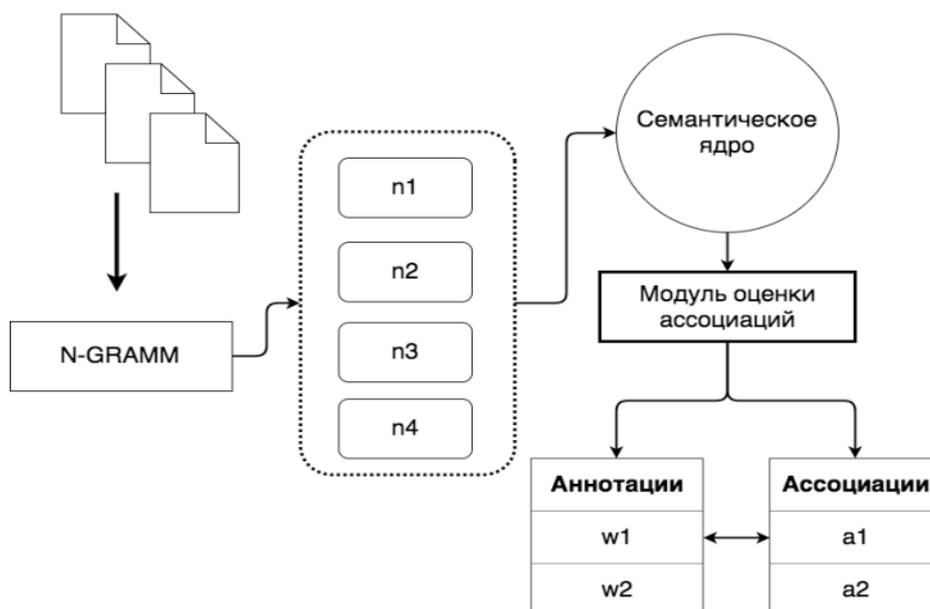


Рис. 2. Структура логического вывода алгоритма

- ◆ небо — голубое, машина — едет, курить — плохо
- ◆ стол — стул, отец — мать

Синтагматическими ассоциациями называются ассоциации, грамматический класс которых отличен от грамматического класса слова-стимула. Парадигматические ассоциации представляют собой слова-реакции того же грамматического класса, что и слова-стимулы.

Они подчиняются принципу «минимального контраста», согласно которому чем меньше отличаются слова-стимулы от слов-реакций по составу семантических компонентов, тем более высока вероятность актуализации слова-реакции в ассоциативном процессе. Этот принцип объясняет, по чему, по характеру ассоциаций можно восстановить семантический состав слова-стимула: множество ассоциаций, выданных на слово, содержит ряд признаков, аналогичных содержащимся в слове-стимуле.

Носитель языка по реакциям может достаточно легко восстанавливать стимул, например, «каникулы»:

*Летние, лето, отдых, короткие, скоро, ура, безделье, в Простоквашино, начались, школа.*

Ассоциативный эксперимент даёт возможность построить семантическую структуру слова. Он служит ценным материалом для изучения психологических эквивалентов того, что в лингвистике называется семантическим полем, и вскрывает объективно существующие в психике носителя языка семантические связи слов.

Минус данного подхода в том, что ассоциативный словарь составляется вручную. Занимает много времени и имеет высокие трудозатраты. Имеет огромное значение автоматизировать данный процесс.

#### Алгоритм трансляции в диалоговую последовательность

Цель алгоритма трансляции состоит в том, чтобы разложить сообщение и извлечь всю соответствующую информацию о структуре и контенте, чтобы обеспечить выделение ключевых смыслов. Включая интерпретацию в соответствии с контекстами, языками или читателями.

Например, слово «багажник» может относиться к области хранения (в контексте транспортных средств), к коробке для хранения одежды (в контексте путешествия) или к слону (в контексте сафари), пример рисунок 1. Стрелки представляют собой параметры, связанные с отношениями. Для связанных слов может быть несколько значений, и только кластеризация слов обеспечивает важный контекст, который предоставляет читателям смысл; Например, Safari также является именем интернет-браузера.

Для нашего алгоритма мы создадим семантическое ядро, которое будет основываться на корпусе описательных документов и позволит выполнять семантическую разметку сообщений, относящиеся к данной тематике.

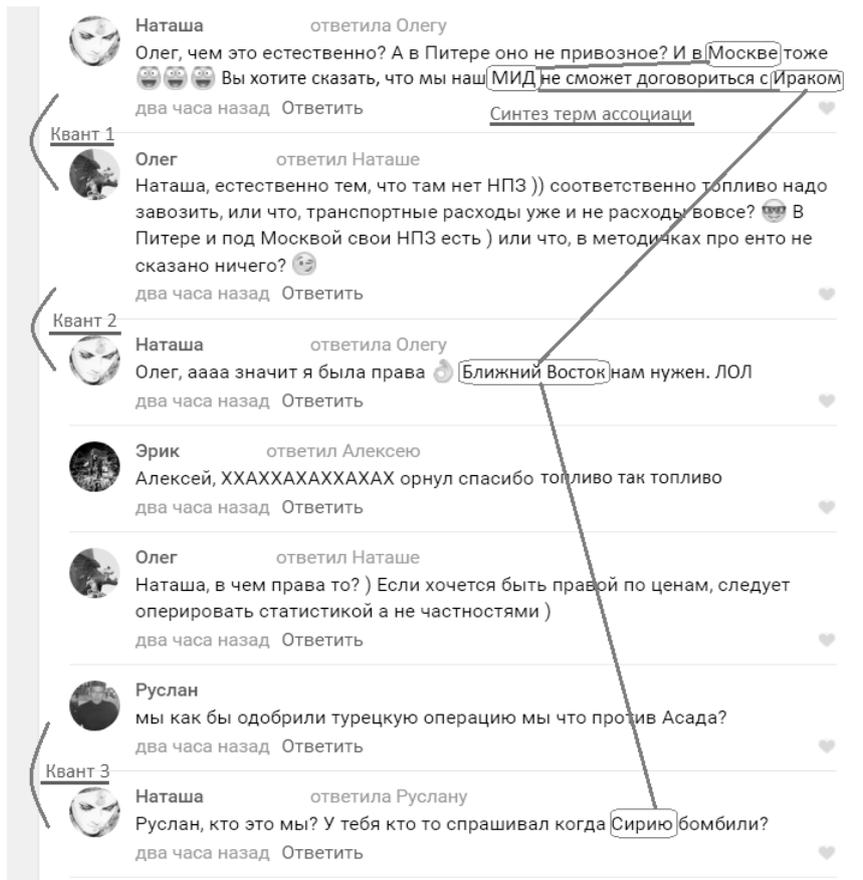


Рис. 3. Результат формирования сообщений с трансляцией тезисов и словосочетаний интересующей новости в диалоговую последовательность

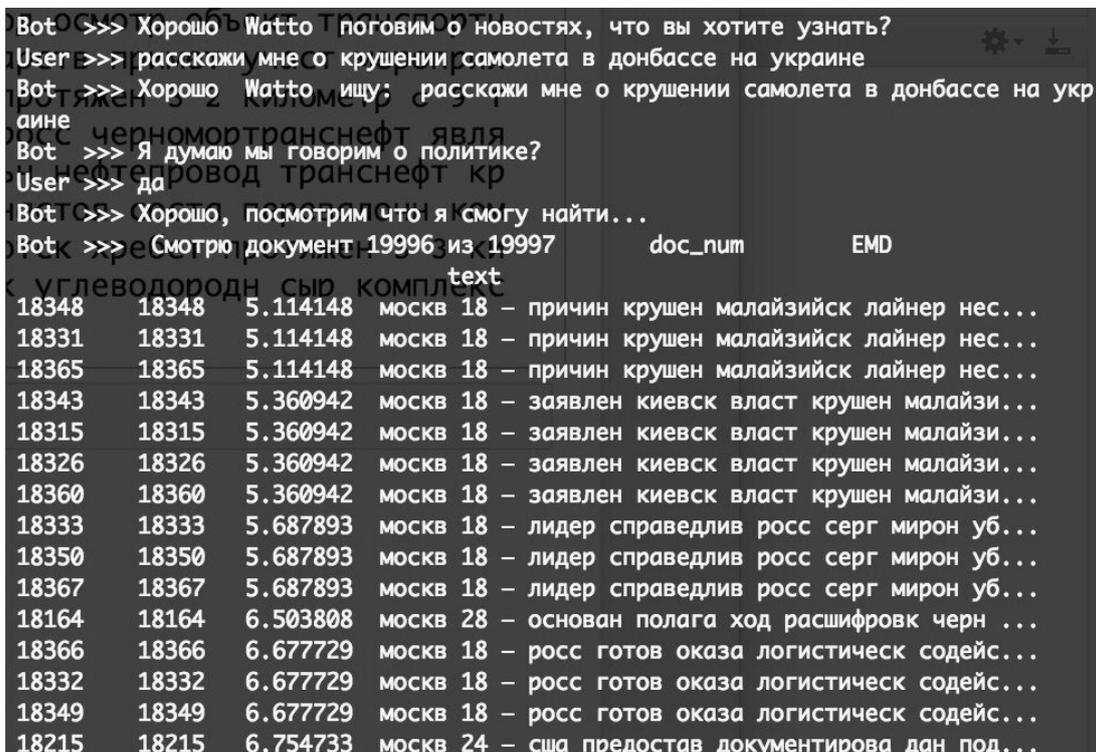


Рис. 4. Диалог между пользователем и системой

Примечание:  $n$ -граммы.— другая модель для упрощения распознавания содержания текста;  $n$ -граммная модель определяет и сохраняет смежные последовательности слов в тексте;

Конечным результатом отработки алгоритма является диалог между системой и пользователем, в ходе которого подобраны и определены документы по затрагиваемой тематике.

## Вывод

Создан прототип диалоговой поисковой системы способной анализировать публикации новостей на уровне семантики. Система задействует 8 признаков связности, на основании которых определяется диалог с пользователем, в ходе которого извлекается информация и смысл разговора. После чего, система определяет подходящие новостные документы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Matt Kusner, Yu Sun, Nicholas Kolkin, Kilian Weinberger From Word Embeddings To Document Distances // Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, PMLR37:957–966, 2015.
2. Y. Rubner, C. Tomasi, and L. J. Guibas. A metric for distributions with applications to image databases. // IEEE International Conference on Computer Vision, pages 59–66, January 1998.
3. Van Dijk T. A. Critical Discourse Analysis // Handbook of Discourse Analysis / D. Tannen, D. Schiffrin, H. Hamilton (eds). Oxford: Blackwell, 2001
4. Акимов Д. А., Сачков В. Е., Алёшкин А. С., Уманский В. И. Обработка и компьютерный анализ информации об опубликованных уязвимостях нулевого дня на естественных языках. Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы, 2017, № 2, с. 9–15.
5. А.С. Сигов, Д. А. Акимов, Д. О. Жуков, Е. Г. Андрианова, В. Е. Сачков, В. К. Раев Психолингвистический анализ русскоязычных текстовых сообщений на основе их фоносемантических статистических характеристик. Информатика и её применения, 2017. Т. 11, Вып. 3. с. 77–86
6. D. Akimov, P. Krug, A. Ostroukh, E. Matiukhina, V. Ivchenko «Development of an automobile robot system model based on soft computing in an unsteady environment» ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences VOL. 12, NO. 11, JUNE2017
7. Д.А. Акимов, Д. А. Потапов, «Выявление речевых конструкций повышающих точность работы системы информационного поиска» Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2017 № 1 с 41–43
8. Д.А. Акимов, В. В. Котельников, Д. А. Скослева, А. Ю. Дятченкова, «Прогнозирование остаточного ресурса на основе мягких вычислений» Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2017 № 1 с 20–22

© Акимов Дмитрий Александрович ( akimovdmitri@gmail.com ),

Дятченкова Анастасия Юрьевна ( futurama\_07@bk.ru ), Сачков Валерий Евгеньевич ( megawatto@gmail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МГТУ МИРЭА

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

## THE USE OF OPTIMIZATION METHODS TO BUILD A GENETIC ALGORITHM FOR THE FORMATION OF COMPLEX ELECTRONIC SYSTEMS

*A. Bondarev*

*Summary.* In this article, an attempt is made to evaluate the possibilities of using genetic algorithms for optimizing the BRES in conditions of interval uncertainty in the values of electrical parameters in circuit design. To solve the problem of stopping the genetic algorithm, the use of the principle of practical confidence was suggested, which allows to optimize the process of circuit design and makes it possible to avoid a number of problems associated with the formalization of the procedure for selecting components and their optimal configuration.

*Keywords:* genetic algorithm, adaptive genetic algorithm, discrete random optimization, crossing-over, mutation, selection.

**Бондарев Андрей Владимирович**

*К.т.н., доцент, Оренбургский государственный университет (Кумертауский филиал ОГУ)*  
*bondarevav@kfosu.edu.ru*

*Аннотация.* В данной статье предпринята попытка оценить возможности применения генетических алгоритмов для оптимизации БРЭС в условиях интервальной неопределенности значений электрических параметров при схемотехническом проектировании. Для решения проблемы остановки генетического алгоритма предложено использование принципа практической уверенности, что позволяет оптимизировать процесс схемотехнического проектирования и дает возможность избежать целого ряда проблем, связанных с формализацией процедуры выбора компонентов и их оптимальной конфигурацией.

*Ключевые слова:* генетический алгоритм, адаптивный генетический алгоритм, БРЭС, дискретная случайная оптимизация, кроссинговер, мутация, селекция.

### Введение

**Н**еопределенность присутствует во всех процессах, сопутствующих реальности, поэтому нельзя с достаточной точностью описать реальную систему без использования алгоритмических выражений. Это зачастую приводит к невозможности оптимизации параметров реальных процессов и систем исключительно математическими методами. Для решения задач так называемой условной оптимизации применяется аппарат эволюционных алгоритмов, в частности, генетические алгоритмы. В последние годы генетические алгоритмы получили широчайшее распространение при решении оптимизационных задач, представляя собой эффективные адаптивные поисковые методы, основанные на эволюционных механизмах селекции наиболее оптимальных элементов в популяции, т.е. методы построения алгоритмов поиска глобального экстремума функции, принцип которых основан на теории эволюции. Разработка, развитие и усовершенствование этих методов является в настоящее время одним из наиболее актуальных направлений в научных и технических исследованиях, связанных с решением задач условной оптимизации.

### Адаптивные генетические алгоритмы

В процессе разработки и развития генетических алгоритмов появилось достаточное количество их модификаций и модернизаций, позволяющих ускорить поиск условно-оптимального решения и повысить качество получаемых результатов. К одной из разновидностей таких модификаций относятся адаптивные генетические алгоритмы. В них применяется стратегия «отбора элиты», т.е. для наиболее «качественных» особей популяции (хромосом с наилучшим значением целевой функции, показывающей степень близости полученного решения к оптимальному, самых «пригодных» технических решений согласно заданным критериям) переход в следующее поколение происходит без мутационных изменений, что позволяет сохранять лучшие решения для дальнейшего применения в процессе работы алгоритма [4].

Сложные электронные системы, использующиеся в различных высокотехнологических интегрированных комплексах, представляют собой структурно взаимосвязанные узлы, блоки, модули и системы, каждый из которых может значительно влиять на рабочие характеристики всего комплекса [6]. Вследствие этого, а также в связи

с проблемой неопределенности, характерной для всех этапов жизненного цикла сложных электронных систем (как поведенческой, так и физической) наиболее адекватными методами для решения задачи дискретной оптимизации являются адаптивные генетические алгоритмы [5]. В данной статье предпринята попытка оценить возможности применения генетических алгоритмов для оптимизации БРЭС в условиях интервальной неопределенности значений электрических параметров при схемотехническом проектировании.

В отличие от широко распространенного подхода, при котором число мутаций определяется экспертом или иным лицом, принимающим решение, для данного алгоритма предлагается воспользоваться принципом практической уверенности [1]. Это означает, что при нормальном законе распределения вероятности  $p(S_j)$  мутация осуществляется до тех пор, пока  $p(S_j) \leq 0,97$ , что позволяет считать событие достаточно достоверным. Ниже приведена обобщенная математическая модель БРЭС, учитывающая интервальную неопределенность физических процессов и явлений, воздействующих на оборудование в жестких условиях эксплуатации [2, 3].

Рассмотрим многополюсник, содержащий  $n$  ветвей и  $k$  узлов, тогда максимальное число неизвестных переменных составляет  $2n$  — ток и напряжение на каждой ветви.

Обобщенная математическая модель многополюсника будет состоять из  $n$  топологических и  $n$  параметрических уравнений и в сокращенном гибридном базисе примет вид:

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} 0 & \hat{L} \\ \hat{C} & 0 \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta U_C^P \\ \Delta I_L^X \end{bmatrix} = Q_1 \begin{bmatrix} \Delta U_C^P \\ \Delta I_L^X \end{bmatrix} + Q_2 \begin{bmatrix} \Delta U_H^P \\ \Delta I_H^X \end{bmatrix} + F_{HE3}^I, \\ P_1(\Delta I_H^X, \Delta U_H^P) \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_H^P \\ \Delta I_H^X \end{bmatrix} = P_2 \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_C^P \\ \Delta I_L^X \end{bmatrix} + F_{HE3}^II, \end{cases} \quad (1)$$

где

$$\hat{L} = \begin{bmatrix} \text{diag}\{L_k + \Delta L_k\} & 0 \\ 0 & \text{diag}\{L_l^{нез} + L_l^{зав}(\Delta i)\} \end{bmatrix} -$$

матрица индуктивностей

$$(k = \overline{1, n_{ЛL}^X}, l = \overline{1, n_{ЛL}^X}, n_{ЛL}^X + n_{ЛL}^X = n_L^X = \dim \Delta U_L^X);$$

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} \text{diag}\{C_k + \Delta C_k\} & 0 \\ 0 & \text{diag}\{C_l^{нез} + C_l^{зав}(\Delta u)\} \end{bmatrix} -$$

матрица емкостей

$$(k = \overline{1, n_{ЛC}^P}, l = \overline{1, n_{ЛC}^P}, n_{ЛC}^P + n_{ЛC}^P = n_C^P = \dim \Delta I_C^P);$$

$$\begin{bmatrix} -B_I & -Z_{ЭКВ} \\ -V_{ЭКВ} & -D_I \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -B_{III} & 0 \\ 0 & -D_{III} \end{bmatrix} \cdot G_1 = Q_1$$

$$\text{и} \begin{bmatrix} -B_{II} & 0 \\ 0 & -D_{II} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -B_{III} & 0 \\ 0 & -D_{III} \end{bmatrix} \cdot G_2 = Q_2;$$

$B_p, D_i$  — соответственно блоки матриц главных контуров и сечений, размерности которых определяются числом особых ветвей графа схемы;

$$\begin{bmatrix} B_{IX} & \hat{R} \\ \hat{Y} & D_{IX} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -B_{VII} & 0 \\ 0 & -D_{VII} \end{bmatrix} = G_1,$$

$$\begin{bmatrix} B_{IX} & \hat{R} \\ \hat{Y} & D_{IX} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -B_{VIII} & 0 \\ 0 & -D_{VIII} \end{bmatrix} = G_2,$$

$$\begin{bmatrix} B_{IX} & \hat{R} \\ \hat{Y} & D_{IX} \end{bmatrix}^{-1} = M;$$

$$\hat{R} = \text{diag}\{R_k + \Delta R_k\}, k = \overline{1, n_R^X}, n_R^X = \dim \Delta U_R^X;$$

$$\hat{Y} = \text{diag}\{Y_k + \Delta Y_k\}, k = \overline{1, n_Y^P}, n_Y^P = \dim \Delta I_Y^P;$$

$$E_{HE3}^R = \left[ (E_{нез}^R)_k \right]_{n_R^X \times 1}; J_{HE3}^R = \left[ (J_{нез}^R)_k \right]_{n_R^X \times 1};$$

$$Z_{ЭКВ} = \left[ \begin{matrix} 0 & \text{diag}\{Z_{нез}^L + Z_{зав}^L(\Delta i)\} \end{matrix} \right]_{n_L^X \times n_{ЛL}^X}; (l = \overline{1, n_{ЛL}^X}) -$$

матрицы эквивалентных сопротивлений и

$$V_{ЭКВ} = \left[ \begin{matrix} 0 & \text{diag}\{G_{нез}^C + G_{зав}^C(\Delta u)\} \end{matrix} \right]_{n_C^P \times n_{ЛC}^P}; (l = \overline{1, n_{ЛC}^P}) -$$

эквивалентных проводимостей нелинейных индуктивностей и емкостей;

$$E_{ЭКВ}^L = \left[ (E_{нез}^L)_k \right]_{n_{ЛL}^X \times 1}; \left[ (E_{нез}^L + E_{зав}^L(\Delta i))_k \right]_{n_{ЛL}^X \times 1}^T,$$

$$J_{ЭКВ}^C = \left[ (J_{нез}^C)_k \right]_{n_{ЛC}^P \times 1}; \left[ (J_{нез}^C + J_{зав}^C(\Delta u))_k \right]_{n_{ЛC}^P \times 1}^T -$$

эквивалентные векторы источников токов и напряжений;

$$\begin{bmatrix} B_V & Z_X(\Delta I_H^X) \\ G_P(\Delta U_H^P) & D_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{VI} & 0 \\ 0 & D_{VI} \end{bmatrix} \cdot G_2 = P_j;$$

$$\begin{bmatrix} -B_{VI} & 0 \\ 0 & D_{IV} \end{bmatrix} \cdot M \begin{bmatrix} E_{HE3}^R \\ J_{HE3}^R \end{bmatrix} - F_{HE3}^H = F_{HE3}^II;$$

$$\begin{bmatrix} -B_{IV} & 0 \\ 0 & -D_{IV} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -B_{VI} & 0 \\ 0 & -D_{VI} \end{bmatrix} \cdot G_1 = P_2;$$

$$Q_3 \begin{bmatrix} E_{HE3}^R \\ J_{HE3}^R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_{ЭKB}^L \\ J_{ЭKB}^C \end{bmatrix} = F_{HE3}^H; \begin{bmatrix} -B_{II} & 0 \\ 0 & -D_{II} \end{bmatrix} \cdot M = Q_3;$$

$\Delta U_L^X, \Delta I_L^X$  — приращения напряжений и токов на индуктивных хордах;

$\Delta U_C^P, \Delta I_C^P$  — приращения напряжений и токов на емкостных ребрах;

$\Delta U_H^X, \Delta U_H^P, \Delta I_H^P, \Delta I_H^X$  — приращения напряжений и токов на нелинейных ребрах и хордах. Особенностью многополюсника (1) является то обстоятельство, что он сформирован не для конкретных параметров элементов, а для их конечных приращений, что и обуславливает интервальную неопределенность задачи анализа.

Поскольку большинство параметрических уравнений генов являются нелинейными интервальными уравнениями, то для их решения можно воспользоваться методом Ньютона.

Для этого приведем обобщенную модель электрического многополюсника к виду:

$$f_p(x, y) = 0.$$

Обозначим  $IGA(A, b)$  — результат применения метода Гаусса к интервальной системе  $Ax = b$ . Тогда

$$A = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}; x = \Delta U_H^P;$$

$$b = \begin{bmatrix} \Delta U_{JI}^P \\ \Delta I_{JI}^X \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{bmatrix} \Delta E + \begin{bmatrix} G_3 \\ G_4 \end{bmatrix} \Delta I.$$

$$(\Delta U)_{k+1} = \aleph((\Delta U)_k) \cap (\Delta U)_k,$$

где  $\aleph(\Delta U)$  — оператор Ньютона следующего вида:

$$\aleph(\Delta U) = mid(\Delta U) - IGA\{F'(\Delta U), f(mid(\Delta U))\}.$$

На прямом ходе вычислений найдем матрицу Якоби:

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1^{(1)}(\Delta U)}{\partial U_H^X} & \frac{\partial F_1^{(1)}(\Delta U)}{\partial I_H^P} \\ \frac{\partial F_2^{(1)}(\Delta U)}{\partial U_H^X} & \frac{\partial F_2^{(1)}(\Delta U)}{\partial I_H^P} \end{bmatrix}.$$

Вычисляем  $r_{ij} \leftarrow \frac{a_{ij}}{a_{jj}}$

для всех  $j=1$  до  $n-1$  и для всех  $i=j+1$  до  $n$ . Здесь,  $a$  — элементы матрицы Якоби.

На обратном ходе, используя элементы матрицы  $A$  и вектора  $b$ , найдем, что

$$y_2 = \frac{b_2^{**}}{a_{22}^{**}}.$$

Тогда  $y_1 = b_1^{**} - a_{21}^{**} y_2^{**}$ .

Интервальный метод Ньютона имеет недостаток, суть которого заключается в том, что даже если матрица естественного интервального расширения функции имеет неособенный характер, то в общем случае можно вычислить

$$IGA\{F'(\Delta I), f(mid(\Delta I))\}$$

только, если ширина  $mid(\Delta I)$  достаточно мала.

Этот недостаток устраняется в методе решения систем нелинейных интервальных уравнений, называемым методом Кравчика, за счет введения отображения интервальной функции (оператора Кравчика).

Решение системы методом Кравчика в общем случае будет иметь следующий вид:

$$\Delta U_{K+1} = \aleph(\Delta U_K) \cap \Delta U_K,$$

где  $\aleph(\Delta I)$  — оператор Кравчика следующего вида:

$$\aleph(\Delta U_K) = mid(\Delta U_K) - C \cdot f(mid(\Delta U_K)) + (E - C \cdot f'(\Delta U_K)) \cdot (\Delta U_K - mid(\Delta U_K)),$$

где  $C$  — неособенная вещественная матрица весовых коэффициентов, элементы которой выбраны эмпирическим путем таким образом, чтобы улучшить сходимость метода;  $f$  — это функция.

Для фиксированной матрицы  $C$  метод Кравчика определяется выражением:

$$\Delta U^{K+1} = \aleph(\Delta U^K) \cap \Delta U^K.$$

Таким образом, в качестве оператора мутации выбирается  $\aleph(\Delta I)$  — оператор Кравчика.

Таким образом, после завершения процедуры оптимизации в результирующей хромосоме оказывается

закодированной информации о составе оптимального варианта комплекса БРЭС.

### Обсуждение

Наиболее уязвимым аспектом методов условной оптимизации, к которым относятся и генетические алгоритмы, является в глазах критиков чрезмерная сложность и длительность вычислений нескольких часов до нескольких дней для произведения необходимых вычислений. Обычно для сокращения времени расчетов большинство исследователей предлагает использовать аппроксимацию пригодности. Тем не менее, эти методы, как представляется, не всегда могут быть пригодны для решения определенного круга задач, в том числе задач оптимизации БРЭС. Подходы, использующие аппроксимацию пригодности, не дают решения, достаточно близкого к экстремуму функции пригодности, т.к. их может

быть несколько, и часть из них просто выпадает из поля зрения алгоритма при искусственном ограничении числа мутации, заданном априорно.

### Заключение

Предлагаемый подход к использованию принципа практической уверенности, показанный выше, позволяет снять проблему остановки поиска, а предлагаемый адаптивный алгоритм решает также задачу выбора оптимальных значений генетических параметров, используя приемы интервальной арифметики Каухера и методы интервальных вычислений. Для обеспечения достаточной оптимизации процесса вычислений необходима разработка нейронной сети, позволяющей использовать интервально заданные генетические функции, что должно являться направлением дальнейших исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bondarev A. V. Algorithm of support of decision-making for an assessment of a robustness of onboard radio-electronic systems on the basis of cots modules/ CSIT'2016 Proceedings of the 18th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (2016) p. 76–82.
2. Bondarev A. V. Formation of mathematical models of semiconductor devices for the analysis of a robustness of electronic schemes / The Nonlinear World (2013) T. 11. No. 11. p. 799–805.
3. Bondarev A. V. Support of decision-making for research robustness of control systems in the conditions of interval uncertainty/ In the collection: Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016) Proceedings of the 4th International Conference. 2016. Page 153–158.
4. Кошев А.Н., Салмин В. В., Генералова А. А., Бычков Д. С. Разработка генетического алгоритма с адаптивными мутациями для определения глобального экстремума функции n-переменных / Интернет-журнал «Науковедение» Том 8, № 6 (2016). С. 1–13.
5. Жуков В.Г., Паротькин Н. Ю. Исследование дифференцированного адаптивного генетического алгоритма решения задач условной оптимизации / Программные продукты и системы. № 1, 2014. С. 82–86.
6. Карцан И. Н. Мультиверсионное программное обеспечение бортового комплекса управления с генетическим алгоритмом / Решетневские чтения, 2017. С. 372–373.

© Бондарев Андрей Владимирович ( bondarevav@kfosu.edu.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

## APPLICATION OF SIMULATION MODELING FOR THE OPTIMIZATION OF INFORMATION MANAGEMENT IN SOCIAL NETWORKS

*D. Gorkovenko*

*Summary.* The article presents an overview and comparative analysis of applied information management models in social networks. The article reveals the potential for analyzing social networks, as well as the scope for modeling information impact. Probabilistic models of information influence are considered: the model of bipolar choice and the model of the pre-election struggle. In this paper, models of random graph generation and non-scale networks are presented. The notion of the Markov model of information control, the matrix of influences is given. Also, the criterion of management effectiveness is defined. The use of the Markov model of information influence is shown to maximize the revenue of the control center. The results of simulation carried out using real opinions of the agents of the network, when choosing different strategies are presented. The paper provides a comparative analysis of strategies for selecting agents, while implementing information management.

*Keywords:* social networks; simulation modeling; model of information influence and management; Markov chains; the dynamics of the views of network agents.

*Горковенко Дмитрий Константинович*  
Аспирант, Байкальский государственный  
университет  
*gorkovenko.dmitry@gmail.com*

*Аннотация.* В статье обосновывается актуальность исследования социальных сетей. Приведены примеры управления мнениями членов социальных сетей. В работе представлен обзор и сравнительный анализ прикладных моделей информационного управления в социальных сетях. В статье раскрывается потенциал анализа социальных сетей, а также область применения при моделировании информационного влияния. Рассмотрены вероятностные модели информационного влияния: модель биполярного выбора и модель предвыборной борьбы, основанные на теории рационального поведения агентов сети. В работе представлены модели генерации случайных графов и без масштабных сетей. Дается понятие марковской модели информационного управления, матрицы влияний. Так же, определен критерий эффективности управления. Показано применение марковской модели информационного влияния для максимизации дохода центра управления. Представлены результаты имитационного моделирования, проведенного с использованием реальных данных мнений агентов сети, при выборе различных стратегий. В работе приведен сравнительный анализ стратегий выбора агентов, при осуществлении информационного управления.

*Ключевые слова:* социальные сети; имитационное моделирование; модели информационного влияния и управления; цепи Маркова; динамика мнений агентов сети.

### Введение

**Д**анная работа посвящена обзору и анализу прикладных моделей информационного управления мнениями агентов в социальных сетях. Основной задачей исследования выделим поиск оптимальной стратегии при решении задачи максимизации целевой функции центра влияния (изменение мнений агентов сети). Целенаправленное влияние на нагнетание информационной ситуации до критической точки позволяет спровоцировать общественность на действия (покупка товара, голосование за победителя в конкурсе, выбор кандидата на выборах и другие). При постоянном воздействии на поток информации, путем распространения слухов, пропаганды, в сети формируются требуемые взгляды и убеждения. Появился термин «нетократия» [1] — форма управления обществом, в которой ценностью являются не материальные блага, а информация и структуры, которые ее обрабатывают, сохраняют и передают.

Перенос настроений в реальный мир происходит в результате информационного воздействия на мотивационную основу личностей, с изначально сформированными взглядами, близкими для реализации определенных намерений, которые ожидает от них воздействующая сторона, а также в результате информационного воздействия на группы населения и конкретных лиц, с неустойчивыми взглядами, трансформация которых позволяет направить людей в требуемые рамки поведения. При увлечении социальными сетями, частыми просмотрами новостей, пользователи начинают с большим желанием доверять тому, что там написано [2]. Т.е. агенты утрачивают критическое мышление и становятся более расположены к информационному управлению.

При описании данного процесса, исследователи выделяют 3 вложенных класса моделей: информационного влияния, информационного управления и информационного противоборства [3]. Управление в той или иной

форме существовало всегда, а также присуще любой социальной деятельности [4]. Информационное управление представляет собой деятельность, которая организуется и осуществляется через воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого поведения. На интернет сайтах необходимо оформлять личный кабинет, который составляет первичный информационный профиль агента. Исходя из первичных данных и действий агента центр получает данные для дальнейшего управления мнением. Однако стоит отметить, что агент сети принимает решения самостоятельно. Для управления данным процессом нужно обладать моделью принятия решений агентом сети (гипотеза рационального поведения). Суть гипотезы заключается в том, что агент старается выбрать оптимальную альтернативу, исходя из имеющейся информации [5].

### РАЦИОНАЛЬНОСТЬ

В общем смысле, рациональность обозначим как поведение, при котором определяется стремление к увеличению некоторых объективных показателей. Приведем определения, авторитетных исследователей, отражающих специфику рационального в поведении человека.

Поведение считается рациональным, в том случае, если человек ставит перед собой логичные, сочетающиеся между собой цели и использует средства, подходящие для удовлетворения собственной цели [6]. Рациональное поведение выражается в следующем: четкое определение цели, установлении вероятных альтернатив выбора, выборе наиболее реальных альтернатив, установлении критериев оценки альтернатив с точки зрения достижения целей, отборе эффективных альтернатив, окончательный выбор [7]. «Субъект никогда не выберет альтернативу X если в тоже самое время ему доступна альтернатива Y, которая с его точки зрения, предпочтительнее X» [8]. Фридрих Август фон Хайек в книге «Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма» [9] определяет рациональное поведение, как поведение, которое направлено на достижение конкретных результатов. В работе [10] рациональность обозначают как способность выбора поведения на основе системы предпочтений, с учетом возможности определения последствий. Рациональное поведение включает в себя: определение альтернатив, создание системы предпочтений, принятие решения, определение последствий выбранного поведения.

### Модели информационного управления

Вернемся к проблеме информационного управления. Определим задачу информационного управления —

найти структуру информированности агентов, при которой информационное равновесие их рефлексивной игры было наиболее предпочтительно с точки зрения центра — субъекта, осуществляющего управление [5]. Под структурой информированности будем понимать иерархию представлений агента. Информационное равновесие — устойчивый исход взаимодействия: агент выбирает свои действия, моделируя свое взаимодействие с фантомными агентами (существующие в сознании реальных агентов), ожидая от оппонентов выбора определенных действий. Рефлексивная игра — процесс социального взаимодействия, при котором каждый участник осуществляет управления другими участниками, пытается реализовать свою стратегию для формирования собственного варианта социальной действительности. Ниже будут представлены известные модели поведения агентов в социальных сетях. В моделях рассматривается возможное поведение агентов, выбор альтернатив, а также решается задача оптимизации для центра управления.

### Биполярный выбор

Опишем ситуацию, в которой агенты сети выбирают между двумя альтернативами. Такие альтернативы назовем позитивным и негативным полюсом. В силу большого числа агентов, при решении задачи управления всем графом, выбор каждого агента не играет роли, а важен процент агентов, выбравших позитивный полюс. Опишем модель следующим образом:

- ◆ социальная сеть содержит  $n$  типов агентов;
- ◆ доля  $i$ -го типа составляет  $a_i$ ,  $0 < a_i < 1$ ;
- ◆ выбор  $i$ -го типа агента задается функцией реакции на ожидание  $f(p)$ ,  $f : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ ,

где  $p$  — вероятность предпочтения первой альтернативы. Иначе, если агент представляет, что доля выбравших такую альтернативу составляет  $p$ , то его действие  $x_i$  определим:  $x_i = f_i(p)$ .

Введем типы агентов: безусловно выбирают положительный полюс (первая группа), выбирают положительный или отрицательный полюс в зависимости от того, как с их точки зрения поведут себя остальные агенты (вторая группа), безусловно выбирают отрицательный полюс (третья группа). Функции действий агентов выглядят следующим образом:

$$f_1(p) \equiv 1, f_2(p) = p, f_3(p) \equiv 0,$$

$$x_1 = 1, x_2 = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3, x_3 = 0,$$

$$x_1 = 1, x_2 = \frac{a_1}{1 - a_2}, x_3 = 0,$$

$$p = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 = a_1 + a_2 \frac{a_1}{1 - a_2}.$$

Таблица 1. Предпочтения групп избирателей.

$a_1$	$a_2$	$a_3$
a	b	c
b	c	a
c	a	b
d	d	d

Центр стремится увеличить долю агентов, осуществивших позитивный выбор. Для этого необходимо повлиять на агентов второй и третьей группы. В первую очередь, центру предпочтительно воздействовать на третью группу, переведя долю  $y$  во вторую и использовав ресурс  $C_2y$ . Далее, есть возможность воздействовать на вторую группу, переименовав представления субъектов о доле агентов третьего типа. Развитие такого представления несет затраты в объеме  $C_1x$ . Совокупный бюджет центра фиксирован и составляет  $C$ . Цель управления состоит в том, чтобы использовать ресурс на реализацию информационных влияний увеличивать долю агентов первого группы до максимума. Формально можно записать:

$$\begin{cases} p(x, y) = a_1 + (a_2 + ya_3) \frac{a_1}{1 - (a_2 + xa_3)}, \\ C_1x + C_2y \leq C, \\ 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1. \end{cases}$$

Задача центра состоит в нахождении оптимума (максимума)

$$\varphi(x, y) = \frac{(a_2 + ya_3)}{1 - (a_2 + xa_3)}.$$

Функция  $\varphi(x, y)$  возрастает по всем своим аргументам, поэтому ограничение  $C_1x + C_2y \leq C$  можно записать в виде равенства  $C_1x + C_2y = C$ . Выразим

$$y = \frac{C - C_1x}{C_2}$$

и запишем функцию

$$\psi(x) = \frac{a_2 + \frac{C - C_1x}{C_2} a_3}{1 - (a_2 + xa_3)} = \frac{1}{C_1C_2} \frac{\frac{a_2C_2}{C} + \frac{a_3C}{C_1} - xa_3}{1 - a_2 - xa_3}.$$

Несложно заметить, что  $\psi(x)$  монотонно возрастает (соответственно, монотонно убывает, либо является константой), в том случае,

$$\frac{a_2C_2}{C} + \frac{a_3C}{C_1} - (1 - a_2)$$

положительно (соответственно, меньше, либо приравнивается к нулю). Введя обозначения

$$k_1 = \frac{C_1}{C}, k_2 = \frac{C_2}{C},$$

следует  $a_3 > k_1 - a_2(k_1 + k_2)$ .

Предположим, что  $C_1 > C$  и  $C_2 > C$ . Выбор центра будет оптимальным, когда весь ресурс вкладывается в увеличение либо реальной, либо воображаемой доли агентов второго типа. При

$$a_2 > \frac{k_1}{k_1 + k_2},$$

оптимальным решением является

$$x = \frac{C}{C_1}, y = 0.$$

При небольшом количестве ресурса  $y$ , оптимальным управлением считается, исходя из параметров, использовать ресурс полностью на изменение доли агентов третьего.

### Предвыборная борьба

Информационное управление состоит в изменении предпочтении избирателей в сторону определенного кандидата. Имеются кандидаты —  $a, b$  и  $c$ , и выборы проводятся по принципу большинства. В случае, когда большинство голосов не было набрано, состоится тур с другими кандидатами ( $d$ ). Введем три группы избирателей с долями  $a_1, a_2$  и  $a_3$  ( $a_1 + a_2 + a_3 = 1$ ).

Вычислим для каждого попарного сравнения кандидатов долю избирателей, считающих, что один кандидат лучше другого:

$$S_{ab} = a_1 + a_3, S_{ac} = a_1, S_{ba} = a_2, S_{bc} = a_1 + a_2,$$

$$S_{ca} = a_2 + a_3, S_{cb} = a_2.$$

Игра избирателей, в которой множество стратегий есть  $A = \{a, b, c\}$ . Вектор

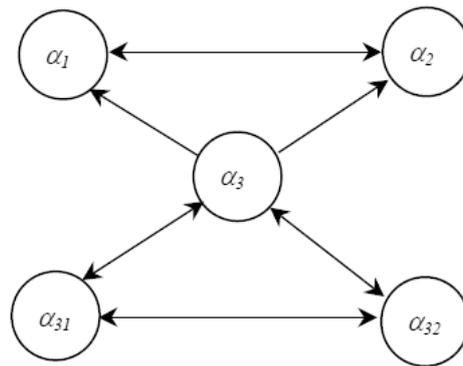


Рис. 1. Граф рефлексивной игры предвыборной борьбы.

$$(a_1, a_2, a_3) = \left( \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right)$$

известен всем избирателям. Делаем вывод о том, что множество равновесий Нэша составляют шесть векторов:

$$(a, a, a) \rightarrow a(b, b, b) \rightarrow b(c, c, c) \rightarrow c,$$

$$(a, b, a) \rightarrow a(a, c, c) \rightarrow c(b, b, c) \rightarrow b.$$

Пишем рефлексивную игру, в которой действия по навязыванию структуры информированности второму и третьему агенту организывает первый агент, цель которого — «избрать» кандидата  $a$ . Структура информированности отражает граф рефлексивной игры.

Цель первой группы — убедить третью в том, что наиболее кандидат с не будет избран, и следует сделать выбор кандидата  $a$ . Для этого должно достаточно выполнения:

$$a_{32} + a_3 < \frac{1}{2}, a_{31} + a_3 > \frac{1}{2}, a_{31} + a_3 + a_{32} = 1$$

Далее, первой группе следует изменить мнение второй в сторону, что будет избран кандидат  $a$  и от ее действий ничего не изменят. Так как от второй группы выборы не зависят, то следует, что она проголосует за наиболее предпочтительного кандидата  $b$ . Получим вектор информационного равновесия  $(a, b, a)$ .

### Вывод по двум моделям

Данные модели опираются на статистические показатели и на гипотезу рационального поведения. В моделях рассматривается ситуация, когда агент сети делает выбор в пользу одной из альтернатив, пытаясь «предсказать» выбор остальных агентов. Но в социальной сети агенты социальной сети подвержены влиянию через свои «соседние узлы». Это означает, что

агент осуществляет выбор альтернативы основываясь на собственном мнении и влиянии «соседних узлов», а не пытается «предсказать» выбор всех агентов сети. Данные модели подходят для небольших групп, при условии полной информированности. Если центр может заранее определить группы интересов, то модели решают задачу распределения ресурса для осуществления управления. В противном случае, необходимо выбирать модели учитывающие связи между агентами сети.

### Марковская модель информационного влияния

Опишем динамику влияний с помощью марковского процесса. Введем понятие квадратную матрицу влияний

$$A = \|a_{ij}\|$$

размерности  $n * n$ , где  $a_{ij} \geq 0$  степень доверия  $i$ -го агента  $j$ -му. Определения влияние и доверия противоположны: «степень доверия  $i$ -го агента  $j$ -му равна  $a_{ij}$ » совпадает с определением «степень влияния  $j$ -го агента на  $i$ -го равна  $a_{ij}$ ». Каждый агент не имеет сведения о степени доверий других агентов. Для нормирования матрицы  $A$  введем:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, \forall i \in N.$$

Доверие агента самому себе  $a_{ii} > 0$ . Если  $i$ -й агент доверяет  $j$ -му, а  $j$ -й доверяет  $k$ , то это означает следующее:  $k$ -й агент косвенно влияет на  $i$ -го. Мнение агента  $i$  в момент времени  $t$  определим  $x_i^t$ . Мнения всех агентов сети определяет вектор  $x^t$  размерности  $n$ . В каждый момент времени мнение агента изменяется под воздействием мнений агентов, которым он доверяет. Изменение мнений — линейный процесс:

$$x_i^{t+1} = \sum_j a_{ij} x_j^t, i \in N. \tag{1}$$

В векторной записи  $x_i^{t+1} = Ax^t$ . Положим, что число агентов постоянно (в течении некоторого периода), тогда мнения будут стремиться к результирующему значению  $X = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau x^0$ .

Имея уравнение (1), появляется возможность решить задачу информационного управления. Центру известна матрица влияний. Воздействие заключается в изменении вектора начальных мнений. Вектор управления  $u \in R^n$ , воздействие на шаге  $t$  можно записать в виде

$$x_i^{-0} = x_i^0 + u_i, i \in N.$$

Определим целевую функцию  $F(X, u)$ . Запишем задачу управления в виде:

$$F\left(\lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau (x^0 + u), u\right) \rightarrow \max_u$$

. Т.е. необходимо правильно выбрать агентов для управления мнениями. Авторы работы [3] предлагают использовать стратегию выбора агентов с наибольшим количеством связей, как самую эффективную. Наличие единственной стратегии сужает возможность регулирования затрат центра, поэтому поставим задачу поиска альтернативной стратегии.

### Апробация имитационных моделей

#### Генерация данных

В текущем исследовании была выбрана модель Барабаши-Альберт [11] — алгоритм генерации случайных без масштабных сетей с использованием принципа предпочтительного присоединения. Без масштабные сети широко распространены в природных сетях (пищевые цепочки) и сетях, созданных человеком (интернет, социальные сети). Модель включает в себя две важные общие концепции: рост сети, принцип предпочтительного присоединения. Сеть начинается с начальной сетки с  $m_0$  узлами.  $m_0 \geq 2$  и степень каждого узла в начальной сети должна быть не меньше 1. В каждый момент времени в сеть добавляется новый узел и соединяется с существующими узлами с вероятностью, пропорциональной числу связей этих узлов. Формально, вероятностью  $p_i$  того, что новый узел соединится с узлом  $i$  равна:

$$p_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j},$$

где  $k_i$  — степень  $i$ -го узла. Наиболее связанные узлы, как правило, накапливают ещё больше связей, тогда как узлы с небольшим числом связей вряд ли будут выбраны для присоединения новых узлов. Новые узлы имеют

«предпочтение» соединяться с наиболее связанными узлами.

### Данные мнений

При моделировании информационного влияния, необходимо определить первоначальное значение мнений агентов. На данный момент, отсутствуют источники по изучению вероятностных моделей определения мнений агентов в социальных сетях. Поэтому воспользуемся открытыми источниками данных социальных опросов и проследим изменение мнений при информационном влиянии. Первым источником был выбран интернет ресурс «Всероссийского центра изучения общественного мнения» (далее ВЦИОМ) [12]. Для примера, был взят опрос на тему «Пользование Интернетом», в котором респонденты отвечали о частоте использования всемирной сетью. Исследование проводится на протяжении 2017 года. Ежемесячно опрашиваются 600 респондентов по всей России. Изменение мнений по данному вопросу, может быть интересно для домашних и сотовых провайдеров. Распределение в процентном соотношении за год: практически ежедневно — 46%; несколько раз в неделю — 13%; несколько раз в месяц — 5%; эпизодически, но не реже 1 раза в полгода — 2%; затрудняюсь ответить — 1%; не пользуюсь — 33%.

Значение мнений установим от 0 до 1 с шагом в 0,2, где 0 — соответствует значению «не пользуюсь», а 1 — «практически ежедневно».

Вторым источником был выбран «Фонд общественного мнения» (далее ФОМ) [13]. Был выбран опрос на тему «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?», опубликованный 8 сентября 2017 года. Было опрошено 1500 респондентов в 104 населенных пунктах РФ. Распределение групп по вопросу «Как бы вы оценили экологическую ситуацию там, где вы живёте, в вашем регионе — как хорошую, удовлетворительную или плохую?»: как хорошую — 15%; как удовлетворительную — 49%; затрудняюсь ответить — 3%; как плохую — 33%.

Значение мнений установим от 0 до 1 с шагом в 0,33, где 0 — соответствует мнению о плохой экологической ситуации, а 1 — о том, что экологическая ситуация хорошая.

### Имитационное моделирование

После проведения моделирования были выделены две наиболее успешные стратегии выбора агентов: выбор агентов с наибольшим количеством связей, выбор наиболее влиятельных агентов. При моделировании по-

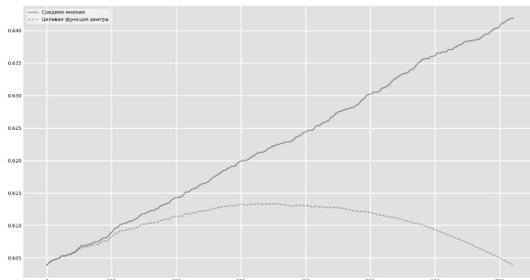


Рис. 2. Исследование ВЦИОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим количеством связей

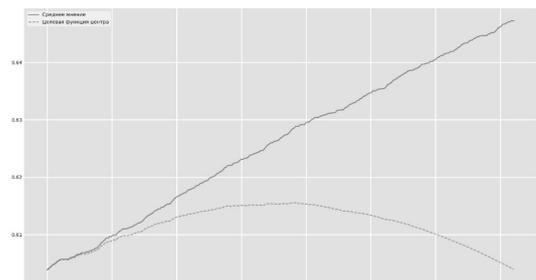


Рис. 3. Исследование ВЦИОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим значением влияния

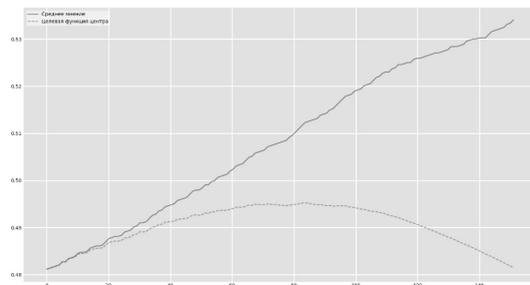


Рис. 4. Исследование ФОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим количеством связей.

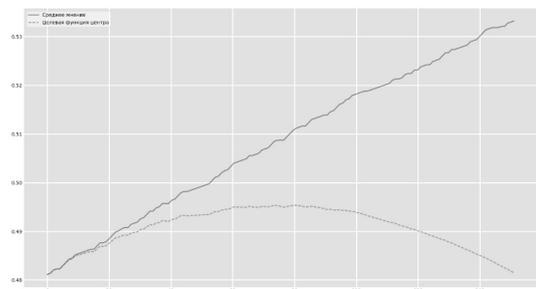


Рис. 5. Исследование ФОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим значением влияния.

следовательно было произведено воздействие на 10% агентов в соответствии со стратегией. Влияние на агента будем определять как  $u_i = 1 - x_i$ . Определим целевую функцию центра как:

$$F(X, u) = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} X_i - \beta \sum_{i \in N} u_i,$$

где  $\beta$  — затраты ресурса центра на управление (т.е. чтобы изменить мнение с 0 до 1 необходимо затратить  $\beta$ ).

На рисунке 2 отображены результаты моделирования изменения мнений агентов по исследованию «Пользование Интернетом» со стратегией «выбор агентов с наибольшим количеством связей», а на рисунке 3 отображены результаты использования стратегии выбора наиболее влиятельных агентов. Стратегии показывают практически одинаковый рост значения среднего мнения. Так же видно, что при достижении определенного порога целевая функция прекращает рост и начинает

убывать, что означает нелогичность дальнейшего изменения мнений агентов.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования изменения мнений агентов по исследованию «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?», а на рисунке 5 график использования стратегии выбора наиболее влиятельных агентов. Результаты моделирования не отличаются от предыдущих. Что позволяет сделать вывод о эффективности применения стратегии выбора наиболее влиятельных агентов для максимизации функции центра управления.

### Заключение

В данной работе были подтверждены выводы, полученные в исследовании [3] и найдена альтернативная стратегия для максимизации функции эффективности

управления мнениями агентов сети. Наличие дополнительной стратегии позволяет более эффективно расходовать ресурсы центра. В текущем исследовании затраты на управление были зафиксированы. В действительности же затраты на изменение мнения отдельного агента отличаются друг от друга. Т.е. на практике задача максимизации должна решаться с учетом детализации данных о затратах на управление конкретным агентом. Рассмотренные модели: игровые (биполярные выбор и предвыборная борьба), марковская модель, имеют разные сферы применения. Игровые модели следует применять при наличии однородных агентов, попарно

связанных между собой. Марковскую модель следует применять в противоположном случае.

Дальнейшим направлением исследования является рост охвата аудитории информацией, за счет информационного влияния. По финансовому критерию Интернет становится доступнее для населения, чем многие периодические печатные издания, также наблюдается перманентный процесс снижения реальных цен на компьютерную технику, программное обеспечение и услуги провайдеров. Все это позволяет говорить о перспективности исследования и анализа социальных сетей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бард А., Зондерквист Я., Нетократия. Новая правящая элита и жизнь после капитализма. — СПб.: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2004.
2. Rahwan I, Krasnoshtan D, Shariff A, Bonnefon J-F. 2014 Analytical reasoning task reveals limits of social learning in networks. *J. R. Soc. Interface* 11: 2013.
3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. «Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства», 2010.
4. Федотова Ольга Анатольевна Социальное управление на современном этапе // Вестник ВИ МВД России. 2007. № 2. С. 67–68.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. — 129 с.
6. Алле М. Современная экономическая наука и факты // THESIS. 1994. № 4. С. 11–19.
7. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. М.: Наука, 2004. 256 с.
8. Швери Р. Теория рационального выбора: универсальное средство или экономический империализм? // Вопросы экономики. 1997. № 7. С. 35–52.
9. Хайек Ф. Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма. М.: Новости, 1992. 304 с.
10. Simon H. A. Rationality as Process and a Product of Thought // *American Economic Review*. 1978. Vol. 68. № 2. P. 1–14.
11. Albert, Réka (2002). «Statistical mechanics of complex networks». *Reviews of Modern Physics* 74: 47–97. DOI:10.1103/RevModPhys.74.47. Bibcode: 2002RvMP...74...47A.
12. Социальный опрос: «Пользование Интернетом». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://wciom.ru/news/ratings/polzovanie\\_internetom/](https://wciom.ru/news/ratings/polzovanie_internetom/).
13. Социальный опрос: «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fom.ru/Obraz-zhizni/13693>.

© Горковенко Дмитрий Константинович (gorkovenko.dmitry@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Байкальский государственный университет

# ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

## TECHNICAL ASPECTS OF THE MODERN SCIENCE OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY

*S. Zabodaev*

*Summary.* Electroencephalographic research is one of the modern methods of functional diagnostics of the human nervous system. It is used to diagnose mental, neurotic, cognitive disorders and is one of the main methods in the diagnosis of epilepsy. Paper considers methods for recording the electroencephalographic signal and modern methods of time-frequency analysis of its phenomenological features.

*Keywords:* electroencephalographic study, Fourier transform, signal analysis, diagnosis, epilepsy.

**Забодаев Станислав Викторович**

Аспирант, Национальный исследовательский  
университет «МИЭТ»  
szabodaev@mail.ru

*Аннотация.* Электроэнцефалографическое исследование является одним из современных методов функциональной диагностики нервной системы человека. Оно используется для диагностирования психических, невротических, когнитивных расстройств и является одним из главных методов при диагностике эпилепсии. В работе рассматриваются способы регистрации электроэнцефалографического сигнала, а также современные методы частотно-временного анализа его феноменологических особенностей.

*Ключевые слова:* электроэнцефалографическое исследование, преобразование Фурье, анализ сигнала, диагностика, эпилепсия.

### Введение

**А**нализ ЭЭГ сигнала — это комплексный процесс. Его можно разделить на первичную обработку, поиск, локализацию, анализ и классификацию феноменов. Процесс первичной обработки включает в себя удаление шума, устранение, если это возможно, или локализацию и удаление из анализа артефактов ЭЭГ сигнала, выделение и анализ ЭЭГ ритмов, построение частотно-временно-пространственной картины сигнала. На следующих шагах производится поиск известных феноменов и уникальных особенностей сигнала. Далее полученные феномены анализируются и классифицируются согласно выбранной математической модели сигнала ЭЭГ.

Целью работы является исследование методов разделения электроэнцефалографических ритмов и выделения высокочастотных феноменов.

Электроэнцефалографическое исследование является важным этапом медицинского обследования пациентов с целым спектром психических и психологических заболеваний, поэтому быстрая постановка достоверного диагноза является необходимым условием выбора направления лечения. Анализ ЭЭГ сигналов является сложным процессом через нелинейную нестационарную природу самого сигнала и большое количество факторов, которые влияют на него во время проведения процедуры электроэнцефалографического исследования. Поэтому этот процесс разделяется на несколько этапов. Одним из таких этапов является

анализ электроэнцефалографических ритмов и феноменов.

Пусть дано  $S$ , который можно представить как множество сигналов  $S=\{S_i(t)\}$ ,  $i=1, 2, \dots, 16$ ,  $t \in [t_0; t_{max}]$ .

Обозначим через  $SiE(t)$  эпоху сигнала  $Si(t)$  как некоторый его временной промежуток на интервале  $t \in [t_{Emin}, t_{Emax}]$ . Для каждой эпохи необходимо построить частотно-временное представление на основе преобразования  $X_m, k, PPWVD(k, m)$  и  $PSPWVD(k, m)$ . Выполнить поиск экстремумов функции спектральной плотности:  $dPSPWVD(\tau, \omega)/d\tau=0$ . Необходимо сопоставить полученные значения частот  $\omega_i$ ,  $i=0, \dots, I-1$  с характерными признаками ЭЭГ ритмов и феноменов  $\Omega=\{[\omega_j, \min, \omega_j, \max], j=1, \dots, N\}$ . Выполнить сравнительный анализ с результатами оконного преобразования Фурье.

Литературный обзор. Анализ электроэнцефалографических сигналов состоит из нескольких этапов, одним из которых является анализ ритмов ЭЭГ сигнала. Понятие ритма было предложено в начале развития электроэнцефалографии для облегчения визуального анализа ЭЭГ сигналов. Так, один из основателей ЭЭГ исследования Ганс Бергер, который первым получил человеческую электроэнцефалограмму [1], описал альфа и бета-ритмы. В дальнейшем ЭЭГ ритмы были расширены и дополнены Г. Джаспером, В. Уолтером [2] и другими. В современной электроэнцефалографии ритмический состав сигнала применяется в качестве одного из критериев постановки диагноза

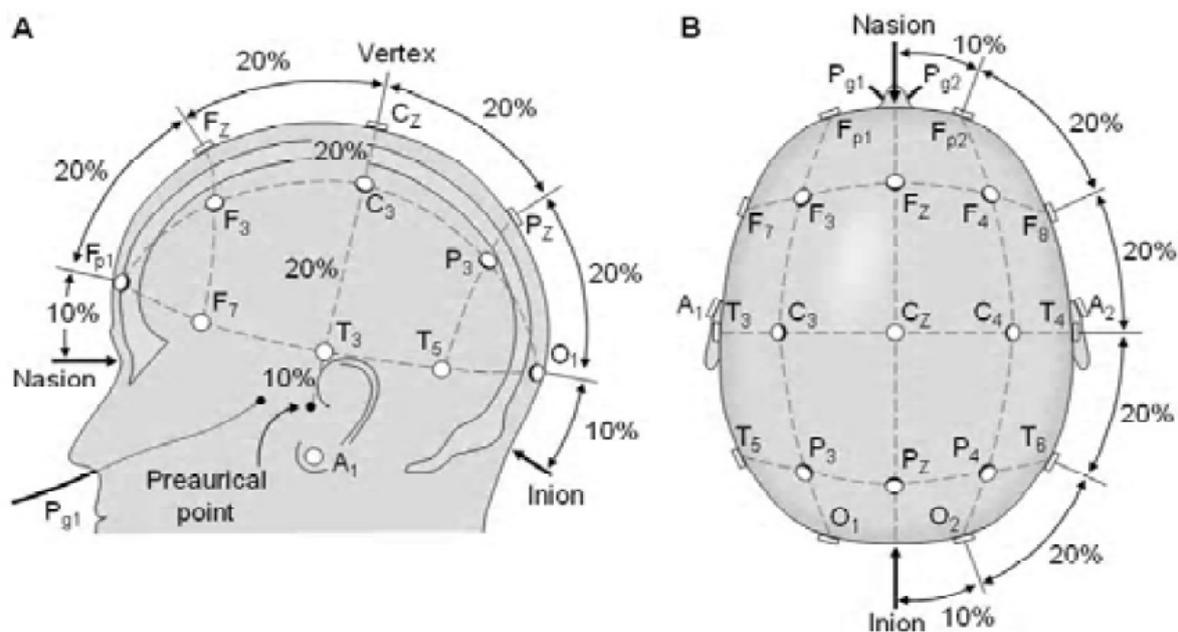


Рис. 1. Международная схема «10–20» (Bioelectromagnetism. Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields 1995)

при различных психических, психоневрологических нарушениях.

Одним из базовых инструментов частотно-временного анализа ЭЭГ сигналов является преобразование Фурье. Оно используется для выделения электроэнцефалографических ритмов [3], во время автоматической обработки сигналов, детектировании эпилептических приступов [4], для поиска сонных веретен [5].

Другим инструментом частотно-временного анализа сигналов является преобразование Вигнера-Вилла, которое позволяет улучшить поиск локальных экстремумов энергии за счет лучшего частотно-временного разрешения [6], [7], [8]. Во время ЭЭГ анализа преобразование Вигнера-Вилла используется для детектирования эпилептических припадков [9] и поиска особенностей электроэнцефалографических сигналов [10].

**Материалы и методы.** Сигнал ЭЭГ фиксируется с помощью внешних или внутренних электродов, расположенных на скальпе пациента. Современные электроэнцефалографы позволяют регистрировать от 12 до 128 каналов.

Наиболее распространенной схемой расположения электродов является международная схема «10–20», впервые предложенная Г.Г. Джаспером [11]. Места расположения электродов рассчитываются в процентном отношении к количественным параметрам ориентира черепа. Замеряются два основных расстояния: от пере-

носицы до затылочного бугра, измеренное через макушку, и между слуховыми проходами, которое проходит через середину первой расстояния. Эти расстояния принимаются за 100%. Первые электроды устанавливаются на расстоянии 10% от затылочного бугра, через следующие 20% впереди затылочных и так далее, до лобных полюсных электродов, которые расположены на расстоянии 10% от переносицы. Второе расстояние распределяется аналогично первому: на 10% вверх от слуховых проходов располагают височные электроды, через 20% центральные, на средней линии черепа устанавливают центральные (рис. 1).

Во время ЭЭГ исследования фиксируется разность электрических потенциалов расположенных на черепе электродов. Сам сигнал ЭЭГ представляет собой сложный нелинейный нестационарный процесс. По этой причине анализ ЭЭГ сигнала является непростой математической проблемой.

Процесс исследования ЭЭГ сигнала усложняется наличием разнообразных артефактов. Они могут быть физическими (некачественный контакт электродов, электрические и электромагнитные помехи) или физиологическими (глазные и глотательные движения, мышечная и сердечная активность, и другие). Поэтому поиск этих артефактов является важной частью обработки сигнала ЭЭГ.

При частотно-временном анализе ЭЭГ сигнала используется понятие ритма ЭЭГ. Каждый ритм имеет

характерный амплитудно-частотный диапазон и соответствует некоторому состоянию мозга человека. Так, альфа-ритм имеет частоту 8–12 Гц и амплитуду до 100 мкВ. Он максимально выражен в затылочных отделах и регистрируется у большинства здоровых людей. Альфа-ритм достигает максимальной амплитуды в состоянии покоя, особенно при закрытых глазах. В большинстве случаев возникают модуляции, которые образуют веретена продолжительностью 2–8 сек. Амплитуда альфа-ритма уменьшается при концентрации внимания, умственной активности и беспокойстве.

Бета-ритм имеет частоту 12,5–30 Гц и амплитуду до 15 мкВ. Некоторые исследователи разделяют бета-ритм на несколько составляющих с их частотными диапазонами. Бета-ритм лучше всего регистрируется в области передних центральных извилин и связан с соматическими и сенсорными механизмами, с увеличением концентрации внимания и решении конкретных задач. Мю-ритм, который имеет частоту 8–13 Гц [12] и амплитуду до 50 мкВ, регистрируется у некоторых пациентов в центральной и центрально-височной области.

Тета-ритм имеет частоту 4–8 Гц с амплитудой, которая превышает 25 мкВ и может достигать 300 мкВ и более. Тета-ритм растет во время сна; допускается в небольшом количестве и с амплитудой не больше альфа-ритма у здорового активного человека, что указывает на снижение уровня функциональной активности мозга, а в других случаях считается патологией. Дельта-ритм возникает во время эмоциональных расстройств, в частности разочарование. Для дельта-активности характерна частота 0,5–3 Гц и амплитуда, которая может превышать 25 мкВ. Наблюдается во время пробуждения, в фазе глубокого сна и при патологических изменениях в работе мозга.

Отделение и классификация ритмов является важным шагом в анализе ЭЭГ сигнала. Кроме ритмов, большое значение имеют характерные феноменологические особенности сигнала. Одним из классов феноменов является эпилептиформная активность. К ней относятся спайки, острые волны, полиспайки, комплексы спайк-волна и острая волна-медленная волна.

Спайк — это пароксизмальный феномен, который имеет заостренную форму и поверхностно-отрицательную полярность, длительностью до 70 мс и амплитудой значительно выше, чем фоновая активность. При длительности от 70 мс до 200 мс такой феномен называют острой волной. Спайк-волна — это комплекс спайка и медленной волны. Эти феномены обычно происходят сериями. При росте длительности спайк-волна превращается в феномен острая-медленная волна.

Эпилептиформная активность отмечает наличие специфических процессов в мозгу человека и является важным критерием во время диагностики и исследования эпилепсии.

Одним из инструментов обработки ЭЭГ сигналов являются частотно-временные преобразования. Традиционной основой частотно-временных преобразований в настоящее время является преобразование Фурье, которое раскладывает сигнал на простые колебания и дает возможность получить его спектр.

Прямое дискретное преобразование Фурье задается следующим образом:

$$X_k = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} x_n e^{-\frac{i2\pi kn}{M}}, k = 0, 1, \dots, M-1$$

Оно позволяет исследовать частотные составляющие сигнала, но не частотно-временную локализацию. За это его использование для анализа сигналов ЭЭГ является весьма ограниченным.

Для получения частотно-временной локализации используется оконное преобразование Фурье:

$$X_{k,w} = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} x_n w_{n-k} e^{-\frac{i2\pi kn}{M}}, k = 0, 1, \dots, M-1$$

В качестве оконной функции могут быть использованы функции Хемминга, Гаусса, Хана и другие.

Результатом оконного преобразования является спектрограмма. При этом от размера оконной функции зависит частотная и временная разрешающие способности спектра: если уменьшать окно, временная разрешающая способность увеличивается, а частотная — уменьшается; и наоборот, если увеличивать ширину окна, временная разрешающая способность будет уменьшаться, а частотная — увеличиваться (рис. 2). В этом заключается основной недостаток оконного преобразования Фурье.

Для устранения недостатков оконного преобразования Фурье и улучшения частотно-временного разрешения рассмотрим преобразование Вигнера-Вилла, которое относится к классу квадратичных преобразований Коэна. Преобразование впервые было представлено Ю. Вигнером, которое было посвящено квантовой термодинамике, в 1932 г. и использовано Дж. Виллем при анализе сигналов в 1948 году. Непрерывное преобразование Вигнера-Вилла для исследуемого сигнала  $s(t)$  имеет следующий вид:

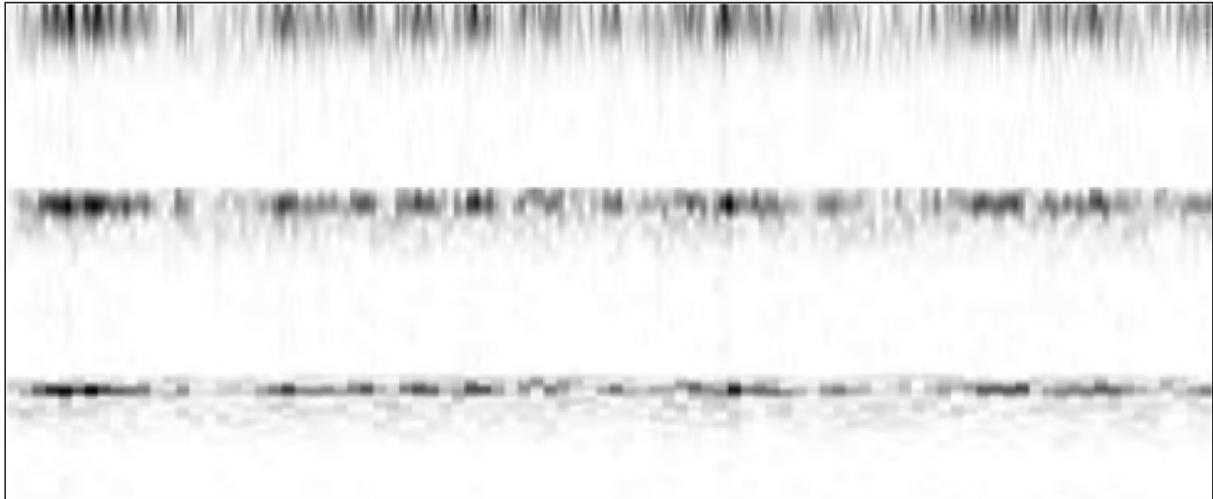


Рис. 2. Оконное преобразование Фурье фильтрованного сигнала ЭЭГ (отведение F3, 15 с, использована оконная функция Хемминга шириной 16, 32 и 64 отсчетов)

$$P(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau + \frac{t}{2}) \times s(\tau - \frac{t}{2}) \times e^{-j\omega t} dt$$

Дискретное преобразование Вигнера-Вилла задается следующим выражением:

$$P[k, m] = \sum_{n=0}^{N-1} s[k + n] \times s[k - n] \times e^{-j\frac{2\pi nm}{N}} dt,$$

$$k = 0, 1, \dots, N,$$

$$m = k = 0, 1, \dots, N$$

Результатом преобразования будет функция  $P[k, m]$ , которая может иметь как положительные, так отрицательные значения, что добавляет некоторых проблем в определении ее как функции спектральной плотности [6].

Преобразование Вигнера-Вилла имеет лучшую частотно-временную разрешающую способность, чем оконное преобразование Фурье. Это является важным преимуществом при анализе нелинейных нестационарных сигналов. Основным недостатком преобразования Вигнера-Вилла во время анализа сложных многокомпонентных сигналов является появление интерференционных составляющих. Для сигнала из двух составляющих преобразование имеет следующий вид:

$$P_{S_1+S_2}(\tau, \omega) = P_{S_1}(\tau, \omega) + P_{S_2}(\tau, \omega) + 2R\{P_{S_1+S_2}(\tau, \omega)\}$$

где

$$P_{S_1+S_2}(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(\tau + \frac{t}{2}) \times s_2(\tau - \frac{t}{2}) \times e^{-j\omega t} dt$$

Аналогично можно получить преобразования Вигнера-Вилла для сигнала из N компонент. Из-за появления интерференционных составляющих преобразование Вигнера-Вилла сложно использовать для анализа многокомпонентных сигналов. Одним из методов уменьшения интенсивности интерференционных составляющих является использование спектральных оконных функций. Таким преобразованием является псевдо-преобразование Вигнера-Вилла, которое задается следующим выражением:

$$P_{PWVD}(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \times s(\tau + \frac{t}{2}) \times s(\tau - \frac{t}{2}) \times e^{-j\omega t} dt$$

и сглаженное псевдо-преобразование Вигнера-Вилла:

$$P_{SPWVD}(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \int_{-\infty}^{\infty} g(x - \tau) \times s(x + \frac{t}{2}) \times s(x - \frac{t}{2}) dx \times e^{-j\omega t} dt$$

Эти преобразования имеют меньшую частотно-временную разрешающую способность, чем преобразования Вигнера-Вилла, но благодаря уменьшению интенсивности интерференционных составляющих дискретные преобразования  $P_{PWVD}(k, m)$  и  $P_{SPWVD}(k, m)$  можно использовать для анализа сложных нелинейных нестационарных сигналов, таких как ЭЭГ сигналы, например, для анализа эпилептической пароксизмальной активности.

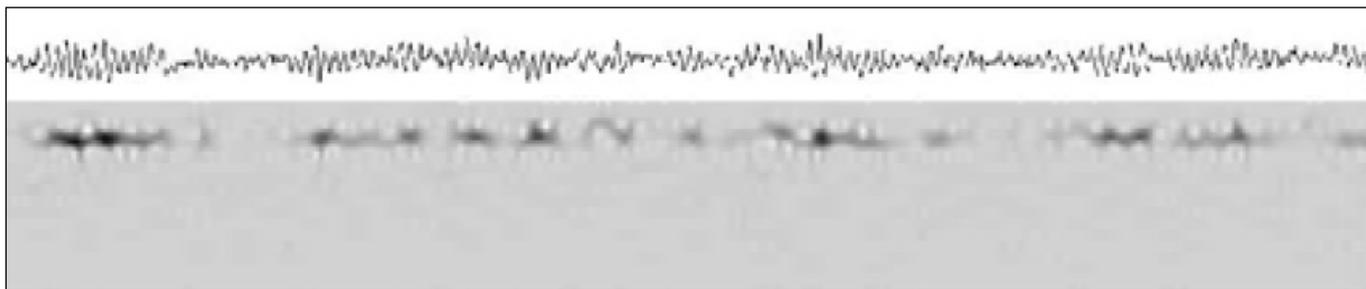


Рис. 3 ЭЭГ сигнал и частотно-временное представление фильтрованного сигнала, полученное сглаженным псевдо-преобразованием Вигнера-Вилла. Преобладание альфа-ритма в отведении F3

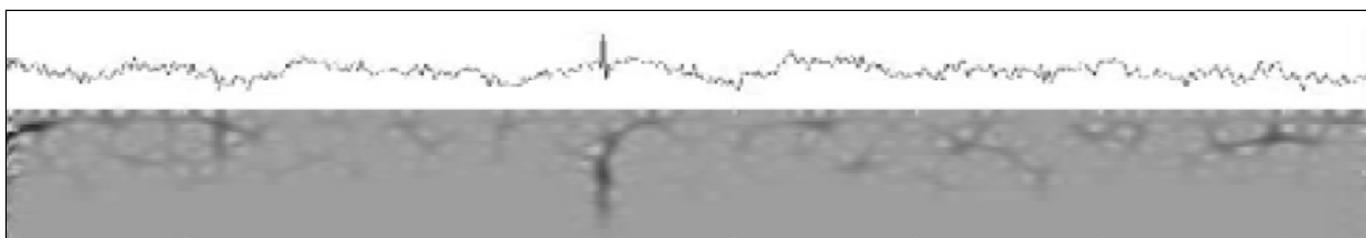


Рис. 4 ЭЭГ сигнал и частотно-временное представление фильтрованного сигнала, полученное сглаженным псевдо-преобразованием Вигнера-Вилла. Спайк во время фотостимуляции 10 Гц в отведении T3

В соответствии с принципом неопределенности, частотно-временная разрешающая способность оконного преобразования Фурье ограничена

$$\Delta t \times \Delta f \geq \frac{1}{4\pi}.$$

Для преобразования Вигнера-Вилла имеет место другая оценка:

$$\Delta_{tf} \geq \frac{1}{2\pi}.$$

Таким образом, преобразование Вигнера-Вилла имеет лучшую частотно-временную разрешающую способность, чем оконное преобразование Фурье.

В данной работе псевдо-преобразование Вигнера-Вилла и его сглаженный вариант был использован для анализа ЭЭГ ритмов и поиска спайков. Численный эксперимент был проведен на наборе тестовых сигналов — эпох ЭЭГ сигналов с различными феноменами: спайками и другими формами эллиптической формовой активности. Тестовые сигналы были получены с помощью электроэнцефалографа Tredex «Эксперт-16». К каждому тестовому сигналу было применено оконное преобразование Фурье, псевдо-преобразование Вигнера-Вилла и его сглаженный вариант. Из спектров тестовых сигналов были выделены экстремумы, которые

определили преобладающие ритмы, и проведен поиск эпилептической активности.

Численный эксперимент проводился в вычислительной среде Matlab. В качестве оконного преобразования Фурье была выбрана встроенная функция `spectrogram` из пакета `Signal Processing Toolbox` с оконной функцией Хемминга шириной 16, 32 и 64 отсчетов. Для построения функции спектральной плотности псевдо-преобразование Вигнера-Вилла и сглаженного псевдо-преобразование Вигнера-Вилла были использованы функции `tfrpwv` и `tfrsprwv` соответственно. Параметр частотной разрешающей способности  $N$  равна 256. Эти функции являются частью программного пакета `Time-Frequency Toolbox`. Поиск экстремумов функции спектральной плотности был реализован с использованием стандартных функций вычислительной среды.

Тестовые сигналы и их функции спектральной плотности сглаженного псевдо-преобразование Вигнера-Вилла представлены на рис. 3 и рис. 4. Темные участки частотно-временного представления соответствуют максимальным значениям энергии сигнала.

Тестовый сигнал (рис. 3) представляет собой эпоху длиной 15 секунд, полученную из отведения F3 в состоянии покоя. Эта эпоха характеризуется наличием

альфа-ритма, что подтверждается анализом частотно-временного представления: максимумы функции спектральной плотности находятся в диапазоне 8–12 Гц. Результатом примененных преобразований является матрица функции спектральной плотности размерностью 129x186 отсчетов для оконного преобразования Фурье и 128x3000 для сглаженного преобразования Вигнера-Вилла. Полученное частотно-временное представление имеет гораздо лучшую частотно-временную разрешающую способность, чем спектр оконного преобразования Фурье (рис. 2), что позволяет более точно локализовать ЭЭГ ритм во времени.

Тестовый сигнал (рис. 4) представляет собой эпоху длиной 7,5 секунд, полученную из отведения Т3 во время фотостимуляции 10 Гц, которая содержит спайк. За то, что преобразование Вигнера-Вилла является чувствительным к локальным особенностям сигнала, частотно-временное представление эпохи содержит характерный высокочастотный максимум функции спектральной плотности, что соответствует частотно-временной характеристике спайку. При этом частотно-временная разрешающая способность полученной функции спектральной плотности позволяет локализовать феномен во времени с точностью большей, чем у оконного преобразования Фурье: использование псевдо-преобразования Вигнера-Вилла позволяет локализовать спайк в частотной окрестности в 10 отсчетов, а при использовании оконного преобразования Фурье — только в частотной окрестности в 64 отсчета. Использование псевдо-преобразования Вигнера-Вилла предпочтительно для поиска и классификации эллиптической формовой активности.

Заключение. В работе рассмотрены преимущества и недостатки оконного преобразования Фурье и псевдо-преобразования Вигнера-Вилла как методов частотно-временного анализа ЭЭГ сигналов; описаны ЭЭГ ритмы, их частотно-временные характеристики и феномены. Был проведен вычислительный эксперимент по использованию псевдо-преобразования Вигнера-Вилла для анализа ритмов ЭЭГ сигналов и поиска эллиптической формовой активности.

В работе решена актуальная задача анализа ЭЭГ сигналов, а именно выделение электроэнцефалографических ритмов и высокочастотных феноменов.

Научная новизна работы заключается в том, что использование сглаженного псевдо-преобразование Вигнера-Вилла для анализа ЭЭГ сигналов получило дальнейшее развитие.

Преобразование Вигнера-Вилла является перспективным инструментом частотно-временного анализа таких сложных нелинейных нестационарных сигналов, как сигналы ЭЭГ. Оно имеет лучшую временную и частотную разрешающую способность, чем оконное преобразование Фурье, что позволяет проводить выделение ритмов ЭЭГ и анализ локальных особенностей сигнала, например, эллиптической формовой пароксизмальной активности.

В то же время недостатками преобразования Вигнера-Вилла является появление интерференционных составляющих и большая вычислительная сложность. Первая проблема частично решается использованием псевдо-преобразования Вигнера-Вилла, его сглаженного варианта и других схем подавления интерференций. Вторая проблема решается использованием модифицированных расчетных схем и становится менее актуальной с ростом вычислительных мощностей современных компьютерных комплексов.

Практическая ценность полученных результатов заключается в том, что разработано программное обеспечение, которое позволяет проводить анализ ритмов и феноменов, как одного из этапов исследования электроэнцефалографических сигналов.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в анализе влияния ЭЭГ артефактов на частотно-временное представление сигнала, их детектирования и локализации, исследовании методик уменьшения вычислительной сложности сглаженного псевдо-преобразования Вигнера-Вилла и поиска оптимальных параметров оконных функций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Urzua J, Scheller MS, Jones BR. Low perfusion pressure or interruption of blood flow suppresses electroencephalographic activity? *J Clin Monit.* 1991;7(1):68. doi:10.1007/BF01617901.
2. Tran Y, Craig A, Boord P, Craig D. Using independent component analysis to remove artifact from electroencephalographic measured during stuttered speech. *Med Biol Eng Comput.* 2004;42(5):627–633. doi:10.1007/BF02347544.
3. Zhuravlev B V, Ozhogin MA, Simakov AB, Stepanenko IP, Sudakov K V. Four-channel electroencephalographic amplifier using integrated circuits. *Biomed Eng (NY).* 1978;12(1):13–16. doi:10.1007/BF00557008.
4. Kryzhanovskii GN, Atadzhanov MA, Voronina TA, Nerobkova LN, Zagorevskii VA, Sharkova LM. Clinical and electroencephalographic changes in MMP+-induced parkinsonian syndrome in rats. *Bull Exp Biol Med.* 1989;107(2):152–155. doi:10.1007/BF00833786.

5. Bird BL, Newton FA, Sheer DE, Ford M. Behavioral and electroencephalographic correlates of 40-Hz EEG biofeedback training in humans. *Biofeedback Self Regul.* 1978;3(1):13–28. doi:10.1007/BF00998560.
6. Bauer LO. Electroencephalographic Studies of Substance Use and Abuse. In: Kaufman MJ, ed. *Brain Imaging in Substance Abuse: Research, Clinical, and Forensic Applications*. Totowa, NJ: Humana Press; 2001:77–112. doi:10.1007/978-1-59259-021-6\_4.
7. Pollock VE, Volavka J, Mednick SA, Goodwin DW, Knop J, Schulsinger F. A Prospective Study of Alcoholism: Electroencephalographic Findings. In: Goodwin DW, Van Dusen KT, Mednick SA, eds. *Longitudinal Research in Alcoholism*. Dordrecht: Springer Netherlands; 1984:125–145. doi:10.1007/978-94-009-5644-5\_9.
8. Peper E. Problems in heart rate and alpha electroencephalographic feedback. *Kybernetik.* 1974;14(4):217–221. doi:10.1007/BF00274807.
9. Lebedev AN, Artemenko OI. Evaluation of Learning Capacity from Electroencephalographic Parameters. *Biomed Eng (NY)*. 2000;34(6):307–309. doi:10.1023/A:1002868518668.
10. Trucchi G, Bergamasco L, Argento V. Intraoperative Electroencephalographic Monitoring: Quantitative Analysis of Bioelectrical Data Detected During Surgical Stimulation. *Vet Res Commun.* 2003;27(1):803–805. doi:10.1023/B:VERC.0000014276.56334.7e.
11. Morris CJ. Electroencephalographic and evoked potential correlates of reaction time and visual discrimination performance. *Psychon Sci.* 1971;23(3):193–195. doi:10.3758/BF03336072.
12. Wu C, Wais M, Zahid T, Wan Q, Zhang L. An improved screw-free method for electrode implantation and intracranial electroencephalographic recordings in mice. *Behav Res Methods.* 2009;41(3):736–741. doi:10.3758/BRM.41.3.736.

© Забодаев Станислав Викторович (szabodaev@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ПЛАНИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ ЖД ПРЕДПРИЯТИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

## ENTERPRISE RESOURCE PLANNING FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING USING STOCHASTIC PROGRAMMING METHODS

*I. Zvonkov*

*Summary.* The main way to ensure the safety of rail transport is to check the railway track using the non-destructive testing method. The frequency of inspections depends on the state of the path in the previous period. The article proposes a method for processing empirical data, which makes it possible to use reliable forecasts when drawing up a schedule for the enterprise's flaw detection operations.

*Keywords:* defectoscopy, planning control, linear programming problem.

**Звонков Игорь Валерьевич**

Аспирант, Иркутский государственный университет  
путей сообщения  
i.v.zvonkov@gmail.com

*Аннотация.* Основным способом обеспечения безопасности железнодорожных перевозок является проверка железнодорожного пути методом неразрушающего контроля. Периодичность проверок зависит от состояния пути в предыдущий период. В статье предлагается метод обработки эмпирических данных, который позволяет использовать достоверные прогнозы при составлении плана-графика работ предприятия по дефектоскопии.

*Ключевые слова:* дефектоскопия, планирование контроля, задача линейного программирования.

Основным показателем планирования работы предприятий ж.д. по дефектоскопии является периодичность проверки, определяемая [1] на основе статистических данных выхода дефектных рельсов за прошедший период. При этом предлагается оперировать эмпирическими данными, а не теоретическими законами распределения статистических данных, что не позволяет с достаточной точностью обосновывать результаты расчета. Рассмотрим алгоритмическую схему, позволяющую устранить данную проблему.

Устанавливать наличие отклонений в ходе реализации уже принятых управленческих решений и осуществлять их корректировку можно при помощи эффективного инструментария. В таких случаях проводят эксперимент, при котором вместо проведения испытаний с реальными объектами выступает не сама система, а ее модель. В случаях, когда система функционирует в условиях неопределенности и риска, в качестве инструментария для проведения математического моделирования целесообразно применение методов имитационного моделирования. Результатом имитационного моделирования будет информация, по которой могут быть построены достоверные прогнозы, стратегические и оперативные планы, будет снижен риск непредвиденных ситуаций в управлении. При реализации имитационного моделирования можно выделить две основных стадии [2]:

- ♦ разработка модели необходимого процесса или процессов;

- ♦ постановка экспериментов на этой модели с целью определения функционирования рассматриваемой системы в будущем.

Постановка эксперимента осуществляется при помощи метода Монте-Карло, который лежит в основе имитационного моделирования стохастических факторов.

Как указывалось выше основным показателем, определяющим количество проверок и продолжительность между проверками ж.д. пути являются статистические данные по дефектам рельсов, произошедших за предыдущий месяц по участкам дистанции пути. При этом предлагается использование статистических данных без предварительной обработки. Но, как показывает практика, использование статистики за прошедший период без применения соответствующих математических методов их обработки может привести к необоснованным выводам, и, как следствие — неверному выбору принимаемых решений.

Рассмотрим результаты функционирования подразделений службы пути Забайкальской ж.д.[3]. Результаты статистического исследования представлены на рисунках 1–3.

На основе анализа эмпирических данных выхода дефектных рельсов можно выдвинуть гипотезу, что их распределение адекватно экспоненциальному закону. Тогда имитационное моделирование будет осуществляться



Рис. 1. Эмпирическое распределение ОДР

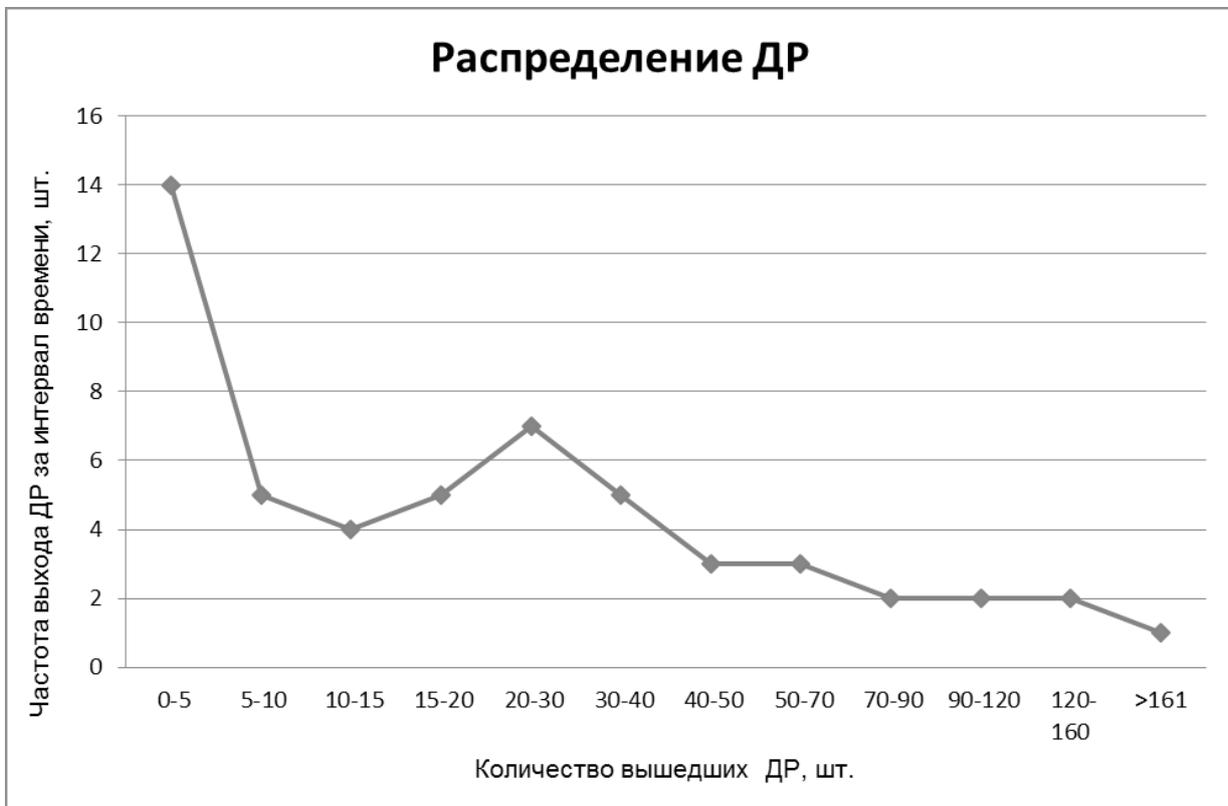


Рис. 2. Эмпирическое распределение ДР

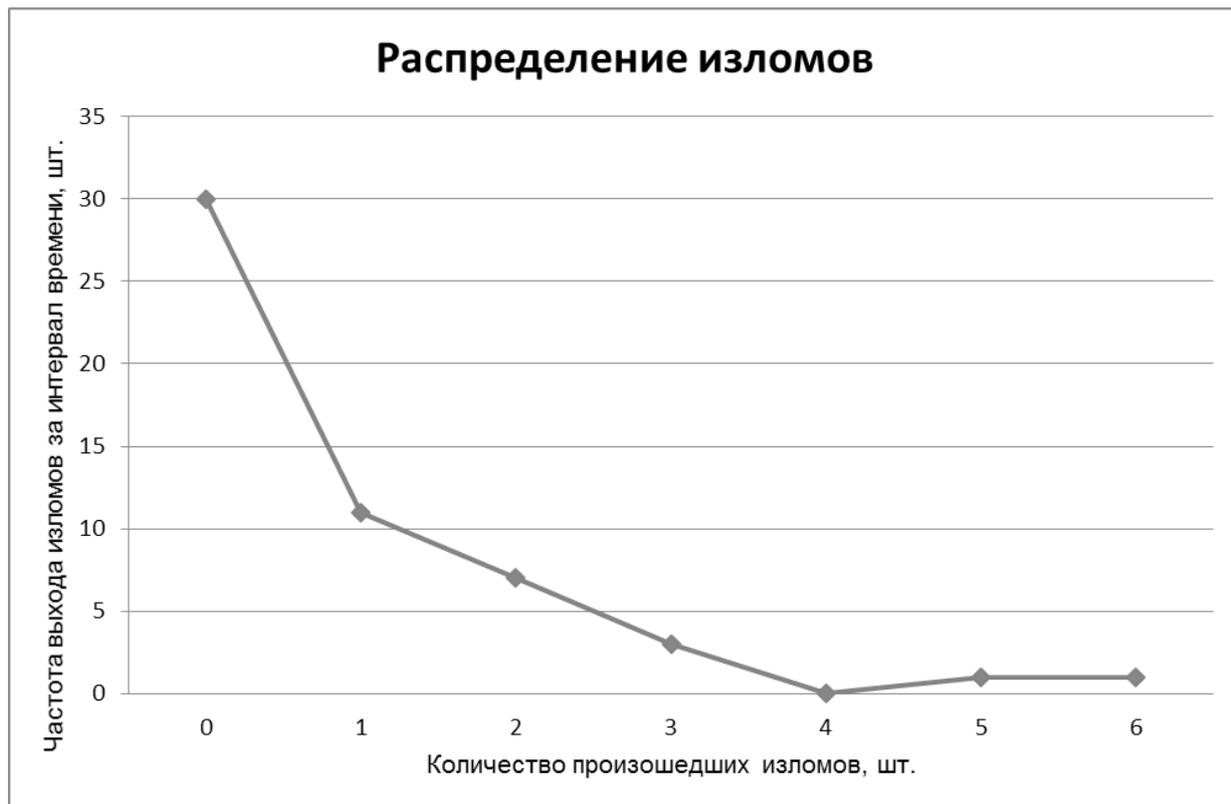


Рис. 3. Эмпирическое распределение изломов рельсов



Рис. 4. Эмпирическое и теоретическое распределение ОДР

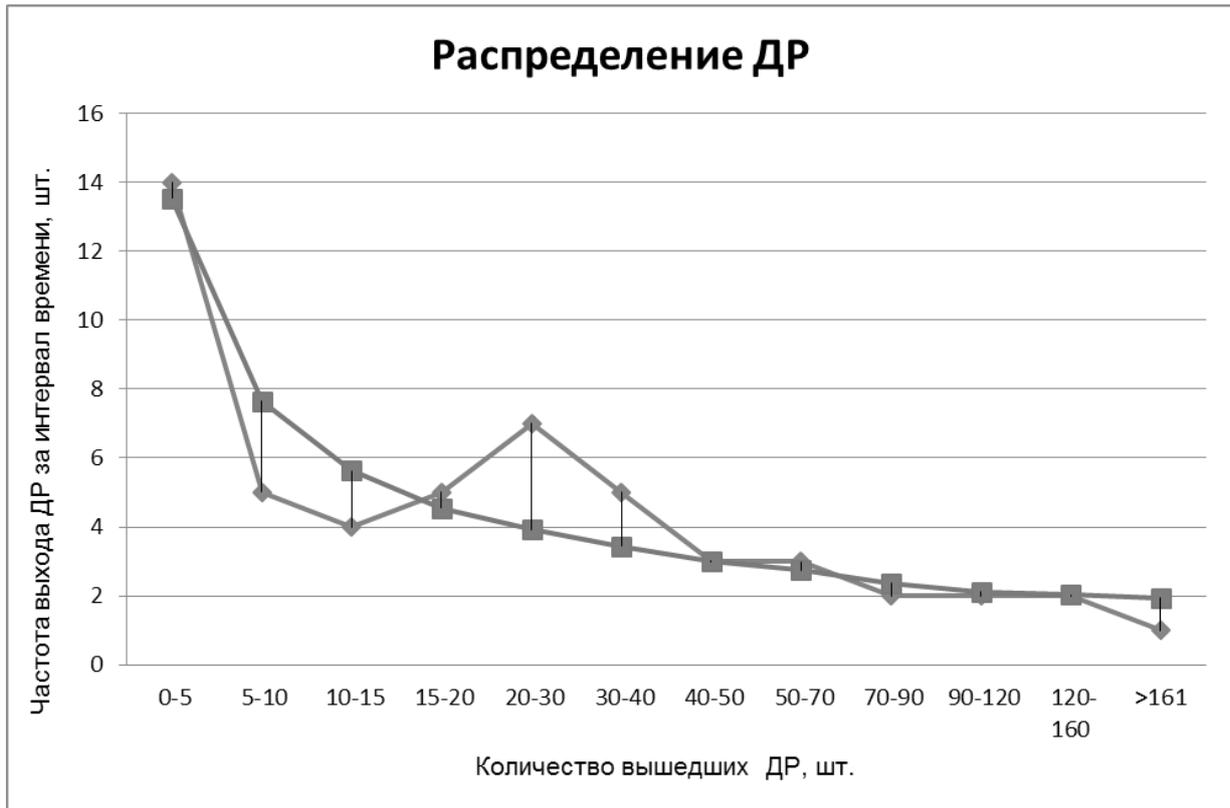


Рис. 5. Эмпирическое и теоретическое распределение ДР

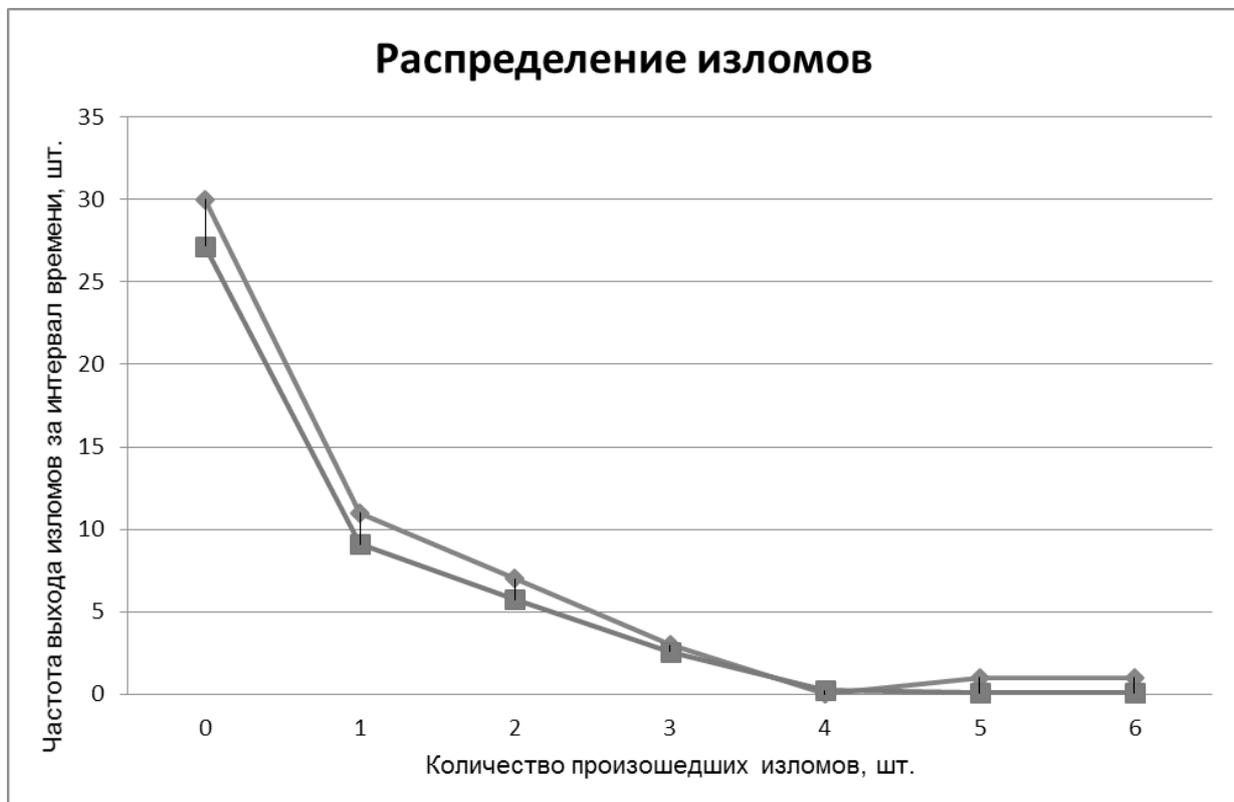


Рис. 6. Эмпирическое и теоретическое распределение изломов рельсов

Таблица 1 Проверка гипотезы выбора теоретического закона распределения

Вид дефекта	Критерий Пирсона, $\chi^2$	Критерий Романовского, $c$
ОДР	39,39127	1,857036
ДР	5,127001	1,252128
Изломы	22,829768	4,858335

в соответствии с теоретическим законом распределения функции СВ от  $x$ :

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{при } x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Под выходом дефектных рельсов будем понимать прекращение эксплуатации соответствующих рельсов, имеющих один из рассматриваемых далее дефектов: дефектный рельс (ДР), острodefектный рельс (ОДР), излом рельса.

Проведем статистическое исследование с целью обоснования выдвинутой гипотезы и определения теоретического распределения дефектных рельсов по видам дефектов. Результаты исследований представлены на рисунках 4–6.

На основе характера распределения выхода дефектных рельсов по всем видам дефектов, можно сделать заключение о подтверждении гипотезы об адекватности эмпирического закона распределения СВ. Обоснование правильности выдвинутой гипотезы подтверждается статистической проверкой с помощью критериев согласия Романовского, результаты расчета которого приведены в таблице 1.

Анализ значений критерия согласия Романовского показывает, что расхождения между теоретическим и эмпирическим распределениями следует признать несущественным для дефектов «ОДР» и «ДР»,  $c \leq 3$ . Для дефекта «Излом рельса», для которого  $c > 3$  следует сделать уточнение. Так данный вид дефекта является наихудшим с точки зрения эксплуатации ж.д. пути и его проявление происходит намного реже, чем других видов дефектов рельса, что подтверждается статистическими данными для рассматриваемых объектов исследования, то по характеру эмпирического распределения и с учетом увеличения длины выборки можно получить соответствие эмпирического распределения экспоненциальному закону. Данные колонки 4 таблицы 3 также подтверждают, что наибольший вклад в значение критерия Пирсона привнесли данные по излому 5 и 6 рельсов, которые произошли по одному разу за рассматриваемый интервал времени.

Тогда порядок определения значения выхода числа дефектных рельсов, по соответствующему виду дефекта, в результате имитационного моделирования будет осуществляться на основе следующей процедуры.

1. Вначале проводится имитационное моделирование выхода числа дефектных рельсов по соответствующему виду дефекта, на основе анализа распределения числа дефектов по участкам пути для всех подразделений дефектоскопии, с учетом ранее проведенных статистических исследований.
2. Строится полигон распределения моделируемого показателя.
3. Определяется функциональная зависимость на основе метода наименьших квадратов.
4. По результатам моделирования определяется значение числа вышедших дефектных рельсов по соответствующему виду дефекта.
5. Этапы 1 и 4 последовательно повторяются для определения значений числа вышедших дефектных рельсов по другим видам дефектов.

Введем параметр  $g'_j$  — показатель, используемый в методике [1], являющийся СВ. В указанной методике  $g'_j$  является функцией трех показателей  $g'_j = f(a_1, a_2, a_3)$ , где:  $a_1$  — объем пропущенного тоннажа по участку ж.д. пути;  $a_2$  — скорость движения по участку ж.д. пути;  $a_3$  — выход дефектных рельсов.

При этом показатели  $a_1, a_2$  можно считать константами, так как теоретическое и эмпирическое распределение указанных показателей находятся в сильной статистической зависимости  $r > 0.95$ . Таким образом, статистическому исследованию подлежит показатель, характеризующий выход дефектных рельсов.

Тогда задача целочисленного программирования [4] в указанной постановке преобразуется в задачу стохастического программирования, в которой ограничение (2.18) будет записано следующим образом:

$$\sum_{i=1}^N y_{ij} = [P(g'_j)], \quad j = \overline{1, e} \quad (2)$$

Здесь:  $P$  — вероятность рассматриваемой СВ, определяемая на основе имитационного моделирования, распределенная по экспоненциальному закону в интервалах по результатам статистического исследования.

Так как в работе исследуются три вида дефектов рельса, а в методике [1] используется обобщенный показатель выхода дефектных рельсов, то для его определения введем комплексный показатель:

$$K_j = \sum_{c=1}^b \tilde{\alpha}_c [P^c(Z_{расч.}^c) \leq a_{3c}], \quad j = \overline{1, e}, \quad (3)$$

где  $\tilde{\alpha}_c$  — нормирующие коэффициенты, которые могут определяться как в результате экспертизы, так и посредством прямого вычисления, при этом должно выполняться условие нормировки

$$\sum_{A=1}^b \tilde{\alpha}_A = 1;$$

$Z_{расч.}^c$  — величина, определяемая в соответствии с алгоритмом;  $P^c$  — вероятность выхода соответствующего

вида дефекта, определяемая на основе имитационного моделирования;  $c$  — вид дефекта рельса,  $c = \overline{1, b}$ .

На основе известных значений  $a_1, a_2$  и вычисленного значения комплексного показателя, характеризующего выход дефектных рельсов  $K_j$  и подстановкой последних в таблицу [Ж.3, 1], определяется новое значение числа проверок задачи стохастического программирования. Если обозначить новое значение числа проверок как  $g_j''$ , то ограничение (2) можно представить в детерминированном виде:

$$\sum_{i=1}^N y_{ij} = g_j'', \quad j = \overline{1, e}, \quad (4)$$

что позволит решать данную задачу ЛП традиционными методами, в частности, симплекс-методом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 09.09.2011 N2036p (<http://www.tdesant.ru/info/item/62>)
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория вычисления и приложения. — М., 1992.
3. <http://zab75.ru/zrw/dco/onk/index.html>
4. Бутырин О. В., Звонков И. В. Технология рационального планирования ресурсов предприятия железной дороги по дефектоскопии // Современный технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017, № 1(53) с. 128–132

© Звонков Игорь Валерьевич (i.v.zvonkov@gmail.com). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Иркутский государственный университет путей сообщения

# ТЕХНОЛОГИИ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ В ЦИФРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: БАРЬЕРЫ И УСЛОВИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

## TECHNOLOGIES FOR DATA COLLECTION AND ANALYSIS IN DIGITAL AGRICULTURE: BARRIERS AND CONDITIONS FOR IMPLEMENTATION AND USE

**A. Koshkarov  
T. Koshkarova**

*Summary.* Increasing the efficiency of agriculture in the context of the world population growth and increasing the requirements for the ecological compatibility of products is an important task facing the agricultural sector in many countries. Data collection and analysis techniques in agriculture can be one of the mechanisms for solving the problem, and this provides farmers with tools to support more accurate decisions. The article is devoted to the study of barriers and conditions for the implementation of data collection and analysis techniques in the agricultural industry.

*Keywords:* digital agriculture, data science, data mining, data collection, soil sensors, agricultural drones.

**Кошкарков Александр Васильевич**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский  
государственный университет»  
avkoshkarov@gmail.com*

**Кошкарлова Татьяна Александровна**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский  
государственный университет»*

*Аннотация.* Повышение эффективности сельского хозяйства в рамках процессов роста численности населения Земли и повышения требований к экологичности продукции является важной задачей, стоящей перед аграрным сектором многих стран. Технологии сбора и анализа данных в сельском хозяйстве могут стать одним из механизмов решения проблемы и предоставить фермерам инструменты поддержки принятия более точных решений. Статья посвящена исследованию барьеров и условия внедрения технологий сбора и анализа данных в сфере сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* цифровое сельское хозяйство, наука о данных, интеллектуальный анализ данных, сбор данных, почвенные датчики, сельскохозяйственные дроны.

### Введение

Сельское хозяйство играет важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН [10], население мира достигнет 9,1 млрд. человек к 2050 году по сравнению с 7,6 млрд. человек в 2018 году [5]. В то же время уровень миграции населения в города возрастает. Повышение эффективности сельского хозяйства является одним из решений проблемы. Это может быть достигнуто с использованием методов научных исследований, которые могут помочь фермеру более эффективно использовать сельскохозяйственные поля в рамках концепции точного земледелия. Уровень солей (удобрений) в почве, вымывание почвы водой (или, наоборот, отсутствие влаги) и состояние плодородного слоя почвы могут напрямую влиять на качество урожая.

Технологии сбора данных и методы интеллектуального анализа данных являются основой цифрового сельского хозяйства, ориентированного на данные. Методы сбора и исследования данных позволяют повысить эф-

фективность бизнеса на разных этапах развития [20]. Это актуально и в индустрии сельского хозяйства (в частности, в сфере растениеводства). На основе анализа данных можно отслеживать состояние полей, выявлять и прогнозировать проблемы, проверяя результаты анализа на экране компьютера или смартфона, а также прогнозировать урожайность по итогам сезона.

### Обзор литературы

В последнее десятилетие использование датчиков для сбора данных из сельскохозяйственных полей привлекло большое внимание со стороны исследовательских групп. Группа ученых из Испании [18] проводила исследование технологии применения беспроводных датчиков в сельском хозяйстве. Работа авторов затрагивает аспекты беспроводных сетей датчиков и радиочастотной идентификации, а также описывает последние разработки и примеры приложений с использованием данных технологий. Исследования других ученых дополнительно подтверждают, что беспроводные сенсорные сети стали доминирующим способом мониторинга различных параметров урожая благодаря относительно



Рис. 1. Основные барьеры

низкой цене и низкому энергопотреблению [13]. Гибридные беспроводные сенсорные сети (датчики устанавливаются как в почве, так и на ее поверхности) могут использоваться для считывания параметров почвы и ее мониторинга в режиме реального времени [24].

Примеры и приложения использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве включают в себя мониторинг растительности [3; 6], построение карт полей [7; 26], классификацию урожая [16; 21], управление поливом [2; 12], борьбу с вредителями [25; 8], анализ листового покрова [27; 4], а также мониторинг сорняков [14; 22]. Обзор применения беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства также был проведен в работе [28].

Спутниковые снимки из космоса дополнительно могут использоваться в качестве источника данных в сельском хозяйстве [11; 19]. Тем не менее, ряд исследователей указывает, что существуют препятствия и ограничения в использовании таких снимков в сельскохозяйственной индустрии. В [3] выявлено два главных ограничительных фактора в использовании космических снимков для мониторинга и управления урожайностью в режиме реального времени: отсутствие изображений с оптимальным спектральным и пространственным разрешением и отсутствие возможности для получения снимков в удобное время для мониторинга ситуации. Проблемой также может стать неудовлетворительное качество снимков из-за плохой видимости вследствие пасмурной (облачной) погоды.

## Методология

В рамках данного исследования был проведен анонимный опрос фермеров (случайная выборка). Для этого была разработана и использована анкета, затрагивающая вопросы осведомленности фермеров о методах и технологиях сбора и анализа данных в сельском хозяйстве, вопросы понимания фермерами этих подходов и их готовности использовать указанные технологии в своей деятельности. Дополнительно анкета содержала краткое описание возможностей сбора и аналитики данных для поддержки принятия решений в сельском хозяйстве. В исследовании приняли участие 42 фермера из Астраханской области (Россия) в возрасте 18 лет или старше.

## Барьеры и условия для внедрения

Фермеры, принявшие участие в исследовании, подчеркивают наличие барьеров для внедрения новых технологий (предусматривалась возможность выбора нескольких вариантов ответа). Основными препятствиями являются отсутствие инфраструктуры для внедрения технологий сбора и анализа данных, высокие затраты на внедрение, недостаток или отсутствие соответствующих специалистов, а также угроза кражи или повреждения устройств для сбора данных (Рис. 1).

Эти барьеры напрямую влияют на условия, при которых фермеры готовы внедрить и использовать технологии сбора и анализа данных в своем бизнесе (Рис. 2).



Рис. 2. Условия для внедрения

Данное исследование выявило 9 наиболее важных барьеров к внедрению технологий сбора и анализа данных в агробизнесе. Эти барьеры не являются непреодолимыми и существуют способы минимизации этих ограничений. Обсуждение барьеров производится в порядке уменьшения важности (на основании результатов опроса фермеров).

**1. Угроза кражи или повреждения устройства для сбора данных.** Эта проблема актуальна во многих странах и в разных сферах, а не только в области сельского хозяйства. Способы минимизации риска кражи устройств могут быть такими же, как защита урожая от кражи. Это может быть видеонаблюдение, охрана, установка ограждений по периметру поля или предупреждающие знаки. Кроме того, устройства могут быть застрахованы при наличии соответствующих программ, предлагаемых страховыми компаниями в регионе. Но стоит учесть, что это предполагает дополнительные финансовые затраты. Что касается повреждения устройств вследствие, например, обработки земли тракторами, то здесь необходимо учитывать расположение устройств и маркировать их идентификационными знаками. Кроме того, датчики должны устанавливаться в тех местах поля, где сельскохозяйственная техника, скорее всего, не будет механически взаимодействовать с ними.

**2. Отсутствие или недостаток соответствующих специалистов.** Эта проблема особенно актуальна для тех регионов, где связи между ВУЗами и бизнесом недостаточно развиты. В этом случае фермерам необходимо

более тесно сотрудничать с аграрными факультетами местных университетов, которые готовят специалистов для региональной экономики. Разработка новой программы обучения (с ориентацией на новые технологии) и подготовка специалистов нового профиля могут решить эту проблему. Если сельское хозяйство является ведущим сектором экономики региона, то повышение эффективности сельского хозяйства должно быть приоритетом региональной администрации. Кроме того, специалисты по профилю могут быть найдены в соседних регионах и предоставлять услуги и консультации для фермеров за пределами территории базирования. Стоит также отметить, что 57% респондентов ответили, что готовы участвовать во внедрении таких технологий, если есть соответствующие специалисты (среди прочих факторов).

**3. Высокие затраты на внедрение.** Затраты на внедрение новых технологий могут подразумевать значительные инвестиции, которые зависят от масштаба бизнеса. Необходимо рассчитывать доходность инвестиций и период окупаемости. Кроме того, датчики и беспилотные летательные аппараты в конечном итоге показывают динамику снижения цен [23]. Доступность финансовых ресурсов является наиболее важным критерием для внедрения технологий сбора и анализа данных в агропромышленном секторе, и 76% респондентов заявили, что готовы сделать это только при финансовой поддержке со стороны государства (субсидии, льготные кредиты). Региональные и федеральные гранты могут стать дополнительным

источником финансирования для внедрения инноваций.

**4. Отсутствие инфраструктуры для внедрения таких технологий.** Отсутствие необходимой инфраструктуры (например, линий электропередач и мобильного Интернета, которые необходимы для беспроводной передачи данных на сервер) может действительно усложнить использование технологий сбора и анализа данных в агробизнесе. Существуют решения для минимизации данных ограничений. Например, датчики, портативные метеостанции и беспилотные летательные аппараты могут питаться от батареи или использовать солнечные батареи в качестве источника энергии. Передача данных может выполняться, например, вручную [9]. Кроме того, фермер может принять участие в программах поддержки сельхозпроизводителей с проектом по улучшению инфраструктуры.

**5. Недостаток веры в эффективность таких технологий.** Внедрение любых инноваций всегда сопряжено с риском. Успешные бизнес-кейсы в этой области и более тщательное изучение соответствующих технологий могут повысить уровень уверенности в таких инновациях. В аграрных регионах региональное министерство сельского хозяйства может взять на себя инициативу в сотрудничестве с местными фермерами, университетами и аналитиками данных. Первые успешные бизнес-кейсы могут создать основу для будущих региональных программ поддержки и развития цифрового сельского хозяйства.

**6. Отсутствие необходимых знаний у собственника бизнеса.** Этот пункт пересекается с барьерами 2 и 5. Предполагается, что управленцы и владельцы бизнеса понимают принципы работы технологий, которые они намереваются внедрить в свою деятельность. В таких случаях часто прибегают к консультациям со специалистами (фирмами или учеными). В эпоху цифровых технологий очень важно иметь цифровые навыки, чтобы сделать бизнес конкурентоспособным [15]. Участие в тематических форумах, конференциях и выставках также могут помочь в получении новых представлений о современных технологиях. Если есть доверие к внедряемым технологиям от ключевого лица, принимающего решения, то вероятность внедрения инноваций повышается. Кроме того, университеты, исследовательские организации или специализированные компании могут выпускать бизнес-рекомендации и описание технологий сбора и анализа данных в цифровом сельском хозяйстве.

**7. Недостаток времени на планирование и внедрение таких технологий.** Планирование внедрения инноваций в бизнесе должно осуществляться владельцем бизнеса или генеральным директором. В то же вре-

мя ключевой человек должен доверять этим технологиям и иметь финансовые средства для их внедрения. Планирование может проводиться совместно с компаниями, которые работают в этой области и готовы оказывать услуги по внедрению технологий сбора и анализа данных в агробизнес. Такие компании могут также предоставлять услуги на основе подписки (периодически). Таким образом, вопросы планирования и реализации могут быть делегированы внешним организациям.

**8. Ограничения в законодательстве.** В некоторых странах (в частности, в России, США, Великобритании) требуется лицензия для управления беспилотным летательным аппаратом (российские ограничения обозначены в [1]). Это ограничение можно свести к минимуму, получив соответствующую лицензию и разрешение. Кроме того, закон может ограничивать использование беспилотных летательных аппаратов вблизи специальных зон, например, вблизи аэропортов. Но случаи наличия сельскохозяйственных полей в таких зонах не часто встречаются. Дополнительно стоит учитывать возможность использования альтернативы (например, спутниковые снимки). Законодательные ограничения в использовании датчиков почвы не выявлены.

**9. Возможность утечки собираемых данных.** Системы хранения и обработки данных могут быть надежно защищены паролем и ограничением прав доступа. Кроме того, данные могут быть зашифрованы с использованием современных протоколов шифрования [17]. Если фермер хранит данные в своем офисе или на домашнем компьютере, должны соблюдаться основные правила защиты информации. Консультации по вопросам защиты информации также могут предоставляться специализированными фирмами и исследователями в этой области.

## Заключение

Сбор и аналитика данных в сельском хозяйстве является важной основой для повышения эффективности ведения агробизнеса в условиях роста численности населения и проникновения цифровых технологий в различные сферы экономики. Тем не менее, фермеры не стремятся внедрять новые технологии точного земледелия в свою деятельность ввиду ряда ограничений. В число основных барьеров входят финансовые вопросы (вопросы финансирования внедрения инноваций), инфраструктурные аспекты, технические детали и доступ к профессиональным знаниям. Такие ограничения могут быть минимизированы, и совместная работа государства, научных учреждений и бизнеса может стать катализатором внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство для повышения его эффективности, экологичности и конкурентоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный бюллетень о порядке использования воздушного пространства Российской Федерации беспилотными воздушными судами [Электронный ресурс] // Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). 2017. URL: <http://www.favt.ru/novosti-novosti?id=3884> (дата обращения: 26.02.2018).
2. Bellvert J. et al. Mapping crop water stress index in a 'Pinot-noir' vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle // Precision agriculture. — 2014. — Т. 15. — №. 4. — С. 361–376.
3. Berni J. A. J. et al. Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2009. — Т. 47. — №. 3. — С. 722–738.
4. Córcoles J. I. et al. Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle // Biosystems engineering. — 2013. — Т. 115. — №. 1. — С. 31–42.
5. Current World Population [Электронный ресурс] // World Population Clock: 7.6 Billion People (2018) — Worldometers. URL: <http://www.worldometers.info/world-population/> (дата обращения: 22.02.2018).
6. d'Oleire-Oltmanns S. et al. Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco // Remote Sensing. — 2012. — Т. 4. — №. 11. — С. 3390–3416.
7. Everaerts J. et al. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2008. — Т. 37. — №. 2008. — С. 1187–1192.
8. Faïçal B. S. et al. The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides // Journal of Systems Architecture. — 2014. — Т. 60. — №. 4. — С. 393–404.
9. Fisher D. K., Kebede H. A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status // Computers and electronics in agriculture. — 2010. — Т. 74. — №. 1. — С. 168–173.
10. Food Production Must Double by 2050 to Meet Demand from World's Growing Population, Innovative Strategies Needed to Combat Hunger, Experts Tell Second Committee | Meetings Coverage and Press Releases [Электронный ресурс] // United Nations. United Nations. URL: <http://www.un.org/press/en/2009/gaef3242.doc.htm> (дата обращения: 22.02.2018).
11. Forster D., Buehler Y., Kellenberger T. Mapping urban and peri-urban agriculture using high spatial resolution satellite data // Journal of Applied Remote Sensing. — 2009. — Т. 3. — №. 1. — С. 033523.
12. Gago J. et al. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture // Agricultural water management. — 2015. — Т. 153. — С. 9–19.
13. Garcia-Sanchez A. J., Garcia-Sanchez F., Garcia-Haro J. Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops // Computers and Electronics in Agriculture. — 2011. — Т. 75. — №. 2. — С. 288–303.
14. Göktoğın A. H. et al. A rotary-wing unmanned air vehicle for aquatic weed surveillance and management // Journal of Intelligent and Robotic Systems. — 2010. — Т. 57. — №. 1–4. — С. 467.
15. Kane G. C. et al. Is your business ready for a digital future? // MIT Sloan management review. — 2015. — Т. 56. — №. 4. — С. 37.
16. Park J. K., Park J. Crop classification using imagery of drone // International Conference on Environmental Engineering and Remote Sensing (EERS2015). — 2015.
17. Ramos A. et al. Sensor data security level estimation scheme for wireless sensor networks // Sensors. — 2015. — Т. 15. — №. 1. — С. 2104–2136.
18. Ruiz-Garcia L. et al. A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends // Sensors. — 2009. — Т. 9. — №. 6. — С. 4728–4750.
19. Schmedtmann J., Campagnolo M. L. Reliable crop identification with satellite imagery in the context of common agriculture policy subsidy control // Remote Sensing. — 2015. — Т. 7. — №. 7. — С. 9325–9346.
20. Schutt R., O'Neil C. Doing data science: Straight talk from the frontline. — «O'Reilly Media, Inc.», 2013.
21. Teke M., Yardımcı Y. Classification of crops using multitemporal hyperion images // Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics), 2015 Fourth International Conference on. — IEEE, 2015. — С. 282–287.
22. Torres-Sánchez J. et al. Configuration and specifications of an unmanned aerial vehicle (UAV) for early site specific weed management // PloS one. — 2013. — Т. 8. — №. 3. — С. e58210.
23. Vacca J. R. (ed.). Handbook of sensor networking: advanced technologies and applications. — CRC Press, 2015.
24. Yu X. et al. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture // Computer Standards & Interfaces. — 2013. — Т. 35. — №. 1. — С. 59–64.
25. Yue J. et al. The application of unmanned aerial vehicle remote sensing in quickly monitoring crop pests // Intelligent Automation & Soft Computing. — 2012. — Т. 18. — №. 8. — С. 1043–1052.
26. Zainuddin K. et al. Verification test on ability to use low-cost UAV for quantifying tree height // Signal Processing & Its Applications (CSPA), 2016 IEEE 12th International Colloquium on. — IEEE, 2016. — С. 317–321.
27. Zarco-Tejada P. J. et al. Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) // Agricultural and forest meteorology. — 2013. — Т. 171. — С. 281–294.
28. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // Precision agriculture. — 2012. — Т. 13. — №. 6. — С. 693–712.

## ОЦЕНКА РИСКОВ В ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

### RISK ASSESSMENT IN THE FUNCTIONING INFORMATION SYSTEM

**A. Klyuev**  
**A. Fajzenger**  
**D. Yuriev**

*Summary.* For any information system, the risk is the likelihood of destructive impact on its components through the implementation of a threat to information security. Accordingly, one of the most necessary components underlying the creation of an information security system is the methodology for risk assessment. This article is devoted to the investigation of the methodology for assessing information security risks. The methodological base of the terminology of information security is considered, which shows the relationship of risks with other components of the information security process. An example of a typical information system of the organization is also given. The methodology used is based on the expert methodology for risk analysis in accordance with ISO / IEC27005–2011, which includes: asset identification, threat identification, vulnerability identification, identification of countermeasures taken, identification of consequences, risk measurement, impact assessment, risk measurement. The relevance of the topic at the moment is due to the ever-increasing number of cyberthreats, the activity of intruders in the information environment, as well as the transition from a threat-oriented method of developing information security systems to a risk-oriented approach. The result of the work can be used in the construction of information security systems in various organizations, regardless of their scale and scope.

*Keywords:* risk, threat, vulnerability, incident, asset, confidentiality, integrity, accessibility, probability, consequences, countermeasure.

**Клюев Андрей Сергеевич**

Аспирант, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, kozerog1991@gmail.com

**Файзенгер Алексей Аркадьевич**

Аспирант, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

**Юрьев Дмитрий Русланович**

Аспирант, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

*Аннотация.* Для любой информационной системы риском является вероятность нанесения деструктивного воздействия ее компонентам посредством реализации угрозы информационной безопасности. Соответственно одним из самых необходимых компонентов, лежащих в основе создания системы информационной безопасности, является методология оценки рисков. Настоящая статья посвящена исследованию методологии оценки рисков информационной безопасности. Рассматривается методологическая база терминологии информационной безопасности, в которой показывается взаимосвязь рисков с другими составляющими процесса информационной безопасности. Также приводится пример типовой информационной системы организации. Исследуемая методология базируется на экспертной методике анализа рисков в соответствии со стандартом ИСО/МЭК 27005–2011, включающей в себя: идентификацию активов, идентификацию угроз, идентификацию уязвимостей, идентификацию принятых контрмер, идентификацию последствий, измерение риска, оценку последствий, измерение уровня риска. Актуальность темы в настоящий момент обусловлена постоянно растущим количеством киберугроз, активностью злоумышленников в информационной среде, а также переходом от угрозо-ориентированной методике разработки систем информационной безопасности к риск-ориентированному подходу. Результат работ может быть использован при построении систем обеспечения информационной безопасности в различных организациях, независимо от их масштаба и сферы деятельности.

*Ключевые слова:* риск, угроза, уязвимость, инцидент, актив, конфиденциальность, целостность, доступность, вероятность, последствия, контрмера.

**В**не зависимости от сферы деятельности и масштабов предприятия его функционирование невозможно без нормальной работоспособности информационных систем, обеспечивающих реализацию и поддержку бизнес-процессов. Однако информационные технологии позволяют не только повысить эффективность бизнес-процессов, но и являются источниками критичных для информационной инфраструктуры рисков. [1]

Для любой информационной системы риском является вероятность нанесения деструктивного воздействия ее компонентам посредством реализации угрозы информационной безопасности. Соответственно одним

из самых необходимых компонентов, лежащих в основе создания системы информационной безопасности, является методология оценки рисков. [2]

Место рисков в структуре терминологии информационной безопасности и их взаимосвязь с остальными понятиями показана на рисунке 1.

Нарушители (источники угроз) реализуют угрозы на уязвимости информационных технологий ведут, что ведет к увеличению рисков.

В свою очередь владельцы информационных активов предпринимают контрмеры для предотвращения

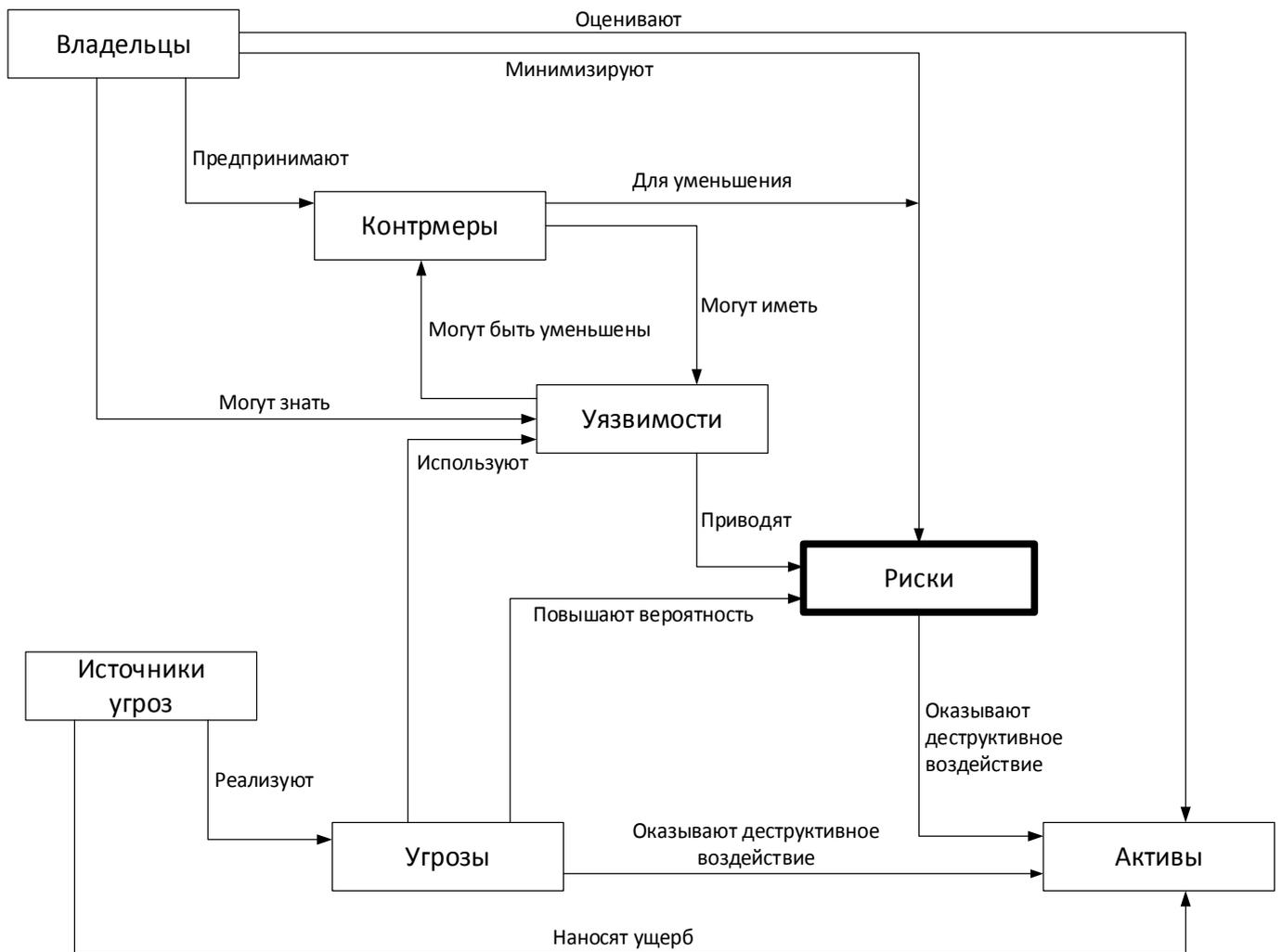


Рис. 1. Место рисков в структуре понятий информационной безопасности

риска или стараются минимизировать риски информационной безопасности.

Поскольку риск представляет из себя комбинацию последствий, которые происходят из-за деструктивного воздействия и вероятности реализации такого воздействия все риски информационной безопасности информационной системы должны быть идентифицированы, количественно определены, качественно показаны и приоритезированы в соответствии с критериями оценки рисков организации.

Оценка риска является процессом, позволяющим определить потенциальные угрозы и уязвимости активов, а также понять какими контрмерами они могут быть нейтрализованы.

Процесс оценки рисков состоит из следующих шагов:

- ◆ идентификация активов;

- ◆ идентификация угроз;
- ◆ идентификация уязвимостей;
- ◆ идентификация принятых контрмер;
- ◆ идентификация последствий;
- ◆ измерение риска;
- ◆ оценка последствий;
- ◆ измерение уровня риска.

*Идентификация активов* выполняется в целях выявления ресурсов, нуждающихся в защите.

В целях более точной идентификации активов рассмотрим типовую архитектуру информационной системы (рисунок 2). [3]

В приведенной архитектуре активами являются: информация, хранящаяся в базе данных; операционные системы; программное обеспечение приложения; средства вычислительной техники, сетевой трафик, сетевое оборудование.

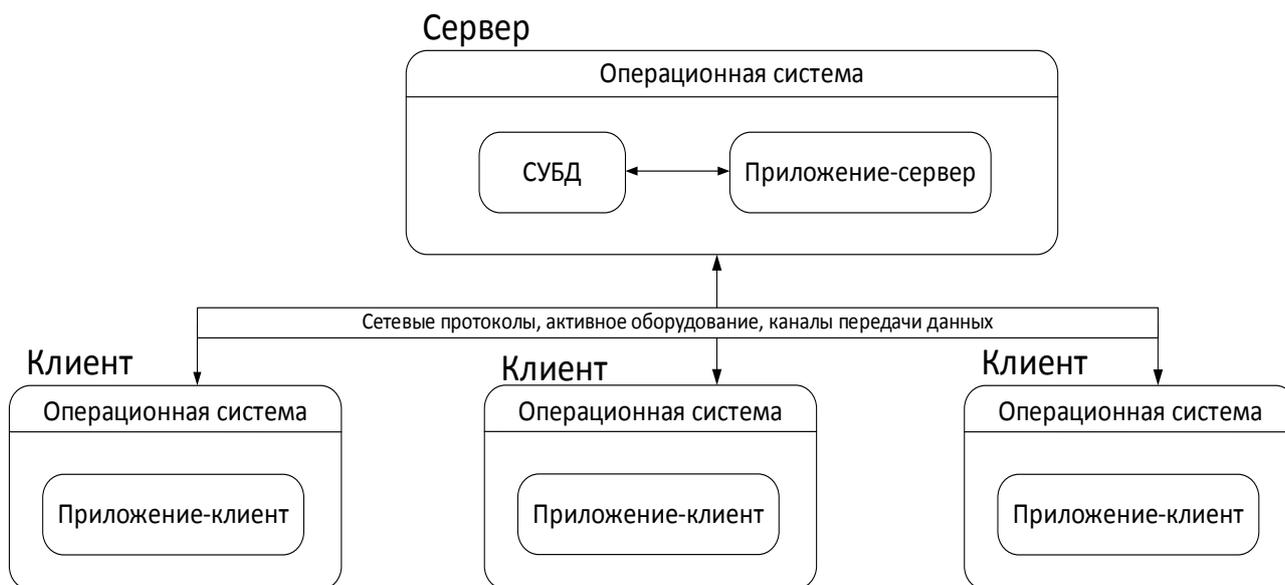


Рис. 2. Типовая архитектура информационной системы

Вместе с идентификацией активов производится оценка их ценности, которая может носить количественную (финансовую) характеристику или качественную.

Идентифицированные активы необходимо ранжировать по шкале от 1 до 5 в соответствии с ценностью актива для организации. [4]

*Идентификация угроз.* Угроза обладает потенциалом оказания деструктивного воздействия на актив. На данном этапе идентифицируются все источники угроз и каналы их реализаций.

Источниками угроз могут быть: нарушитель, воздействующий на актив из внешних границ (внешний нарушитель); нарушитель, воздействующий на актив из внутренних границ (внутренний нарушитель); техногенный источник; стихийный источник.

Каналами реализации могут быть: физические каналы (каналы непосредственного доступа к активам), каналы связи (линии связи и каналообразующее оборудование), технические каналы (оптические, видовые, акустические и др.).

Угрозы необходимо идентифицировать по показателям «низкая», «средняя», «высокая» в соответствии с вероятностью ее реализации.

*Идентификация уязвимостей* производится в целях определения уязвимостей, которые могут быть использованы угрозами для нанесения деструктивного воздействия на актив.

В качестве уязвимостей могут быть рассмотрены: уязвимости операционных систем, уязвимости СУБД, уязвимости приложений, уязвимости протоколов передачи данных, уязвимости сетевых устройств, уязвимости организации функционирования информационной системы.

Важно понимать, что как наличие угрозы, так и наличие уязвимости не причиняет само по себе вреда активам, а лишь делает такую возможность потенциальной.

Уязвимости необходимо идентифицировать по показателям «низкая», «средняя», «высокая» в соответствии с вероятностью их реализации.

*Идентификация принятых контрмер* проводится в целях выявления актуальных угроз и уязвимостей, а также для оптимизации расходов на построение системы информационной безопасности. Кроме того, идентификация контрмер проводится, чтобы определить — работают ли штатно принятые контрмеры, отсутствие штатного функционирования может послужить наличием уязвимости в системе безопасности.

Обычно к принятым контрмерам относятся: сведения об охране объекта и его элементов, сведения о физической защищенности активов, сведения о технических средствах охраны, штатные механизмы безопасности операционных систем и приложений, механизмы безопасности сетевого оборудования.

*Идентификация последствий.* К последствиям реализации угроз относят нарушение конфиденциально-

Таблица 1. Определение вероятности реализации риска

	Уровни угроз	Низкая			Средняя			Высокая		
	Уровни уязвимостей	Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
Ценность актива	1	0	1	2	1	2	3	2	3	4
	2	1	2	3	2	3	4	3	4	5
	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6
	4	3	4	5	4	5	6	5	6	7
	5	4	5	6	5	6	7	6	7	8

Таблица 2. Совокупность результатов оценки рисков

№	Риск	Актив	Вероятность реализации	Последствия	Уровень риска
1	Атака отказа в обслуживании	Каналообразующее оборудование	6	Недоступность сервисов для клиентов	200000 руб. в день
2	Атака вируса-шифровальщика	Средства вычислительной техники, программное обеспечение, СУБД	8	Недоступность сервисов для клиентов и сотрудников	600000 руб. в день

сти, целостности и доступности функционирования информационной системы.

По своей направленности на актив последствия могут быть:

- ♦ прямыми: стоимость восстановления актива, стоимость приобретения нового актива, стоимость приостановленных операций;
- ♦ косвенными: упущенные возможности, нарушение установленных законодательством обязанностей, нарушение этических норм.

Учитывая особенности функционирующих систем весьма критичными угрозами являются угрозы нарушения доступности.

*Измерение риска* базируется на оцененных последствиях и вероятностях реализации инцидентов информационной безопасности применительно к активам. Измеренный риск является комбинацией вероятности инцидента информационной безопасности и его последствий.

В процессе измерения риска активы организации оцениваются с точки зрения замены или восстановления, затем полученная стоимость переводится в качественный показатель.

Ценность активов организации, уровни угроз и уязвимостей, относящиеся к каждому виду последствий, приводятся в матричной форме (таблица 1). Для каждой комбинации идентифицируется мера риска на основе шкалы от 0 до 8. Для каждого актива рассматриваются соответствующие угрозы и уязвимости, и в соответствии с ценностью актива устанавливается вероятность риска.

Например: если актив имеет ценность 3, угроза является «средней», а уязвимость «низкой», то мера риска = 3 [5].

*Оценка последствий* начинается с классификации активов в соответствии с их критичностью, с точки зрения важности активов для осуществления бизнес-процессов организации.

Последствия влияния рисков на активы определяются путем моделирования результатов событий либо совокупности событий, или экстраполяции экспериментальных исследований или данных за прошедшее время. Последствия могут быть выражены с точки зрения финансовых, технических, репутационный или иных критериев, значимых для организации.

Измерение уровня риска базируется на оцененных последствиях и вероятности реализации риска. Измеренный риск является комбинацией вероятности риска информационной безопасности и его последствий.

Как правило на данном этапе заканчивается процесс оценки рисков. Выходными данными после проведенной работы являются: совокупность рисков информационной безопасности, активы подверженные рискам, значения вероятности реализации риска и последствия реализации риска (таблица 2).

Однако процесс менеджмента рисков на данном этапе не заканчивается.

Далее организация должна выработать по каждому риску стратегию его обработки: отказ от риска, снижение риска, передача (делегирование) риска, принятие риска. В соответствии с данной концепцией должна быть

реализован процесс управления рисками информационной безопасности.

Одним из примеров методов управления рисков информационной безопасности является метод OCTAVE (Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation — Оценка оперативной критической угрозы, активов и уязвимостей).

Особенность метода OCTAVE заключается в том, что процедура анализа рисков производится исключительно силами сотрудников предприятия, без привлечения сторонних консультантов. В этих целях создается рабочая группа, включающая как технических специалистов, так и управленческий персонал разного уровня, что позволяет многогранно оценить последствия реализации инцидентов информационной безопасности и разработать контрмеры.

Структурно OCTAVE предполагает следующие уровни управления рисками:

- 1) Разработка профиля угроз активу.
- 2) Идентификация инфраструктурных уязвимостей.
- 3) Разработка концепции и политики безопасности.

На первом этапе, в ходе проведения практических семинаров внутри предприятия, осуществляется разработка профилей угроз безопасности, включающих в себя аудит активов и оценку их ценности, идентификацию применимых требований нормативной базы и действующего законодательства, выявление угроз и оценку вероятности их реализации, а также определение комплекса действующих мер по поддержанию режима информационной безопасности.

На втором этапе проводится технический аудит уязвимостей информационных активов предприятия в отношении угроз информационной безопасности, чьи профили были определены на предыдущем этапе, который включает в себя идентификацию имеющихся уязвимостей информационных систем организации и оценку их величины.

На третьем этапе производится оценка рисков и обработка рисков информационной безопасности, включающая в себя расчёт величин и вероятностей нанесения ущерба в результате реализации угроз информационной безопасности с использованием уязвимостей, которые были идентифицированы ранее. Определение стратегии защиты, а также выбор вариантов и принятие решений по реагированию на риски. Величина риска определяется как усредненная величина годовых потерь организации в результате реализации угроз безопасности.

Выбор качественного или количественного подходов к оценке рисков, определяется характером бизнеса организации и уровнем его информатизации, т.е. важностью для него информационных активов, а также уровнем зрелости организации.

Эффективность процесса управления рисками информационной безопасности определяется точностью и полнотой анализа и оценки факторов риска, а также эффективностью используемых в организации механизмов принятия управленческих решений и контроля их исполнения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1 «Методы и средства обеспечения безопасности. Часть 1. Концепция и модели менеджмента безопасности информационных и телекоммуникационных технологий». — М.: Стандартинформ. — 2008. — 18с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2008. «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель» — М.: Стандартинформ. — 2009. — 41с.
3. Международный стандарт ИСО/МЭК 27005-2011. «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности». — К.: АО «Ситроникс информационные технологии Украина». — 2012. — 94с.
4. Гаспарян М. С. Информационные системы и технологии / Гаспарян М. С., Лихачева Г. Н. — М.: Издат. центр ЕАОИ. — 2008. — 384с.
5. Пастоев А. Методологии управления ИТ-рисками [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/upravlenie-riskami-informacionnoi-bezopasnosti/metodologii-upravleniya-it-riskami> (дата обращения 16.01.2018).
6. Астахов А. Как управлять рисками информационной безопасности? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/upravlenie-riskami-informacionnoi-bezopasnosti/kak-upravlyat-riskami-informacionnoi-bezopasnosti> (дата обращения 17.01.2018)

© Ключев Андрей Сергеевич ( avkoshkarov@gmail.com ),

Файзенгер Алексей Аркадьевич, Юрьев Дмитрий Русланович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ БЛИКОВ БИНАРИЗОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЕНЫ

### MODIFIED ALGORITHM FOR DETERMINATION OF GLARES ON FOAM BINARIZED IMAGES

*A. Malysheva*

*Summary.* A problem of automation of foam layer parameters in enterprise flotation machine is given. Existing methods of solving are observed. Additional requirements for determination algorithms are formulated on the assumption of foam drive motion and numerical performance. Algorithm is probed in the application to video captured from enterprise flotation machine. As a result performance of the algorithm is raised, determination of foam driver position is provided.

*Keywords:* potassium ore, flotation, determination, foam, control, binarization, algorithm.

**Малышева Анна Владимировна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
akchim@mail.ru

*Аннотация.* Определена проблема автоматического распознавания параметров пенного слоя в промышленной флотационной машине, рассмотрены существующие технические средства решения поставленной задачи. Выявлены дополнительные требования к алгоритмам распознавания, связанные с перемещением пеногона и скоростью обработки информации. Описана апробация алгоритма на видеопотоке с промышленной флотомашины. В результате скорость работы алгоритма увеличена, обеспечено надежное распознавание положения пеногона.

*Ключевые слова:* калийная руда, флотация, распознавание, пена, управление, бинаризация, алгоритм.

**П**роизводство калийных удобрений имеет большое значение для экономики. Во-первых, существенная часть произведенных в России на ПАО «Уралкалий» удобрений поставляется на экспорт [1], что обеспечивает приток валюты в страну. Во-вторых, внутренними потребителями удобрений являются сельскохозяйственные предприятия, обеспечивающие население продовольствием и также формирующие экспорт. Так в 2017 году в РФ собран рекордный урожай зерновых культур (134.1 млн. тонн), примерно треть которого из-за отсутствия необходимых элеваторных мощностей направлена на экспорт [2]. Достижение высокой урожайности без использования калийных удобрений невозможно. При этом сырьевые ресурсы калийных руд, естественно, ограничены. Следовательно, повышение степени извлечения хлорида калия из руды является актуальной и практически важной задачей.

Одним из ключевых технологических процессов при переработке калийной руды является флотация [3]. При шламовой флотации из пульпы калийной руды извлекается нерастворимый остаток, при сильвиновой флотации производится разделение хлорида калия и хлорида натрия. Оба процесса протекают в промышленных флотомашинах (ФМ) с образованием пенного слоя. Упрощенно говоря, при шламовой флотации в пену собирается нерастворимый остаток (и пена удаляется в отходы), при сильвиновой — в пене накапливается хлорид калия, а в отходы удаляется камерный продукт ФМ.

Доказано, что параметры пенного слоя (плотность, ровность, цвет и т.д.) непосредственно связаны с параметрами процессов флотации, хоть шламовой, хоть сильвиновой [4]. На предприятии пенный слой непрерывно наблюдает технолог-флотатор, принимая по виду пены решения по изменению подачи в ФМ реагентов [5]. Однако при этом возникает ряд проблем, связанных с «человеческим фактором», начиная с того, что наблюдение человеком не может быть непрерывным и заканчивая возможными ошибками флотатора [6]. Поэтому практически важной является задача автоматизации распознавания параметров пенного слоя, что позволит перейти от «ручного» управления к построению автоматической или автоматизированной системы (системы поддержки принятия решений флотатора).

Алгоритмы распознавания пузырьков в пенном слое применяются при флотации полиметаллических руд [7]. Однако «полное» распознавание пузырька является вычислительно сложной задачей и требует организации особых условий съемки, поэтому непосредственно для калийной ФМ применение разработанных средств и алгоритмов затруднительно [8, 9]. В Березниковском филиале ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (БФ ПНИПУ) [10] предложен метод статистической оценки параметров пенного слоя, основанный на распознавании бликов пузырей. Произведены эксперименты, показывающие принципиальную возможность детектировать изменение пенного слоя по изменению статистики бликов. Достоверность метода проверена ручным подсчетом



0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0

Рис. 2а. бинаризованные изображения бликов пузырей

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	146	0	0	0	0	0	0	146	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	0	0	0	0	0	0	0
146	146	0	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	0	0	0	0	0	0
146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	0	0	0	0	0
146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	0	0	0	0	0	0
146	146	146	146	146	0	0	146	146	146	0	146	0	0	135	135	0	0	0	0
0	146	146	146	0	0	146	146	146	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	146	146	146	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	146	146	146	146	0	0	0	0	153	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	166	0	0	159
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	0	0	0	166	166	0	0	0	159
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	163	0	166	166	166	0	0	0	159
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	166	166	0	0	0	0

Рис. 2б. Бинаризованные изображения с пронумерованными бликами

ски с автором выяснилось, что он уже не может указать, откуда его заимствовал. Алгоритм заключается он в следующем. Пусть имеется бинаризованное изображение, подобное рис. 1а.

Требуется выделить на нем все связные области, чтобы в каждой из них были уникальные значения (а не 1 во всех), пример показан на 1б. Будем считать «соседями», то есть, возможно, принадлежащими к одной

и той же связной области, пиксели сверху, снизу, слева и справа от текущего пикселя (без учета пикселей по диагонали), то есть строить четырехсвязную область.

По изображению будем перемещать слева направо и, затем, сверху вниз воображаемую АВС-маску, покрывающую три пикселя так, как показано на рис. 1в. Там же изображены 5 возможных принципиально разных положений АВС-маски:

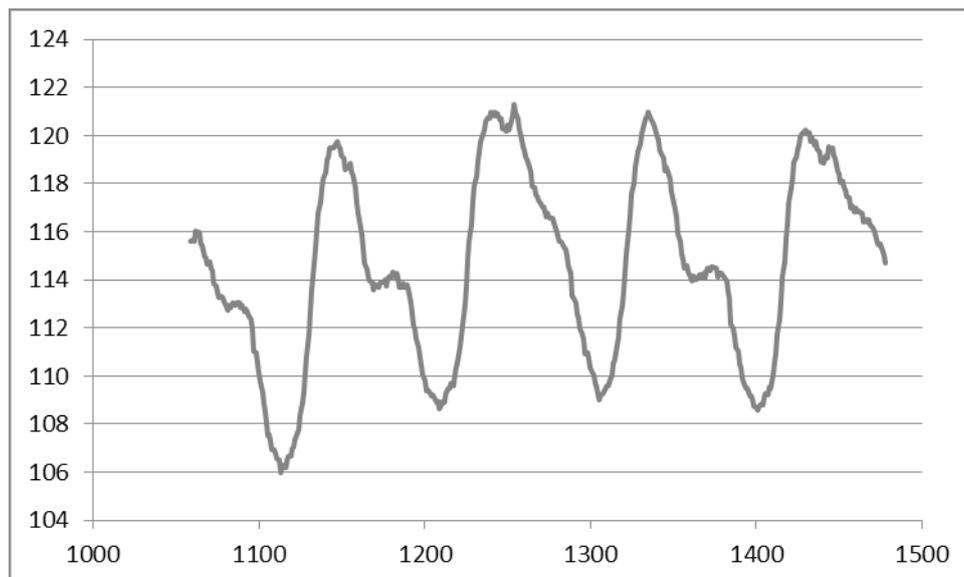


Рис. 3. Зависимость освещенности «окна» (ось ординат) от номера кадра (ось абсцисс)

- ◆ положение 0: маска не покрывает ни одного белого пикселя. В этом случае маска просто продвигается дальше.
- ◆ положение 1: маска ячейкой A попала на пиксель нового, еще не обработанного связного объекта. Этот объект должен получить следующий номер, превышающий номера, присвоенные пикселям всех ранее выделенных связных объектов.
- ◆ положение 2: маска вышла ячейкой A вправо за пределы размечаемого объекта. Пиксель в ячейке A помечается меткой, расположенной в ячейке B.
- ◆ положение 3: маска вышла вниз за пределы размечаемого объекта. Пиксель в ячейке A помечается меткой, расположенной в ячейке C.
- ◆ положение 4: маска захватывает размеченные пиксели в B и C, но пиксель в A черный. Он может быть помечен как значением в B, так и значением в C. В случае, если значение в B не равно значению в C, то перенумеруем в пределах всей матрицы все уже обработанные пиксели со значением в C в значение в B.

Недостатком рассмотренного алгоритма является то, что из-за перенумерации в положении 4 номера внутри связных объектов получают не последовательными, но это несущественно. Возрастание номера объекта при этом сохраняется.

Алгоритм работает чрезвычайно быстро и безошибочно, при его тестировании не удалось обнаружить сбоев ни при разметке объектов, содержащих внутренние черные области, ни при разметке невыпуклых объектов.

По окончании работы алгоритма остается:

- ◆ удалить объекты слишком малой (шум) и слишком большой (засветка) площади, то есть присвоить всем их пикселям значение 0;
- ◆ подсчитать количество оставшихся объектов (есть ли в матрице ячейки со значениями от 1 до максимального, и сколько их?);
- ◆ произвести все остальные необходимые статистические вычисления.

Работа алгоритма была проверена при обработке видеопотока, полученного в ходе эксперимента на первой камере промышленной флотомшины Третьего Соликамского калийного рудоуправления ПАО «Уралкалий». Видеосъемка производилась автомобильным видеорегастратором высокого разрешения (1280\*720 пикселей в кадре). В ходе эксперимента расход реагентов в камеру был уменьшен на одну треть, затем, после окончания переходного процесса в камере, восстановлен. К сожалению, конкретные технологические параметры (расход воздуха, вид и концентрация реагентов, вид и количество загруженного продукта и отношение жидкой и твердой фазы, гранулометрический состав загружаемого продукта и т.п.) являются коммерческой тайной предприятия и не могут быть приведены в открытой печати. Важно, что зрительно в камере ФМ наблюдался очевидный переходный процесс, характеризующийся изменением размера пузырей в пене и цвета пены.

В результате бинаризованные изображения бликов пузырей (2а) успешно обработаны и получены перенумерованные блики (2б). На рисунках 2а и 2б приведен

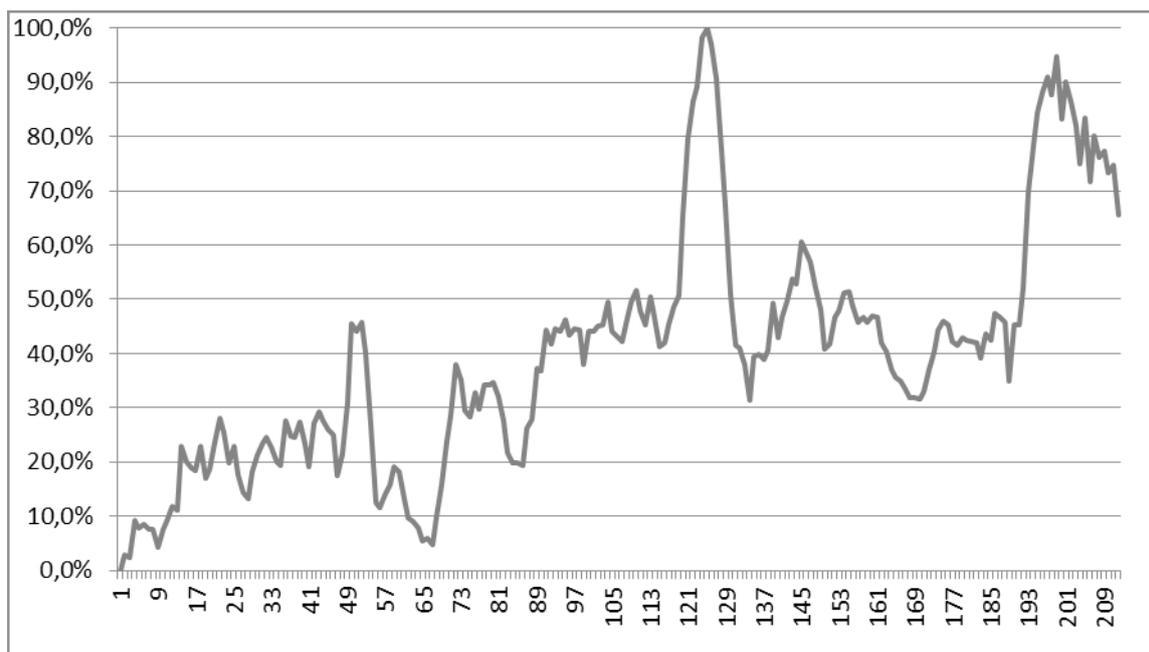


Рис. 4. Зависимость количества пузырей в кадре от номера кадра

только фрагмент исходного и обработанного изображения.

Время обработки одного кадра, точнее, «окна» наблюдения за пеной размером порядка 400\*350 пикселей, замеренное в отладчике MS Visual Studio, составляет 15–30 мс. Это более чем достаточная скорость обработки, так как частота вращения пеногона промышленной ФМ порядка 0,315 Гц. Таким образом, задачу повышения скорости обработки можно считать решенной.

С величиной полупериода вращения связана вторая проблема из поставленных выше. Полупериод вращения не кратен **точно** частоте кадров видеокамеры. Следовательно, необходимо разработать какие-то алгоритмы, позволяющие выделять из видеопотока кадр именно в тот момент, когда пеногон не перекрывает «окно» наблюдения за пеной.

Путем измерения освещенности каждого кадра установлено, что она изменяется синхронно с углом поворота пеногона (рис 3), по оси X — номер кадра, по оси Y — средняя освещенность в «окне». Наблюдением установлено, что максимумы освещенности соответствуют вертикальному положению лопастей пеногона, то есть их отсутствию в окне наблюдения за пеной. Физически максимум освещенности можно объяснить наличием волны в камере ФМ, которую поднимает пеногон. При приложении усилия от лопасти пеногона пена «тянется» за ним, поверхность пены становится перпендикулярна

источнику освещения (не наклонно), что увеличивает освещенность.

На рисунке видно различие между четными и нечетными полупериодами вращения, связанные с разной отражающей способностью двух лопастей пеногона. На нечетных полупериодах видно временный рост освещенности в момент наибольшей экспозиции лопасти пеногона, на четных его нет. Следовательно, напрашивается достаточно простой алгоритм распознавания положения пеногона:

- ◆ дождаться, пока освещенность будет **долго и непрерывно** расти
- ◆ затем дождаться некоторого снижения освещенности (на протяжении **нескольких** кадров), в этот момент лопасти пеногона будут перпендикулярны поверхности камеры ФМ.

Разумеется, «долго и непрерывно» и «несколько» требуют конкретизации, что сделано ниже.

Такой алгоритм позволяет обнаружить точки, отмеченные «А» на рис. 3, и исключить точки, отмеченные «Б» — в них не выполняется условие долгого и непрерывного роста освещенности перед ее падением.

Технически распознавание «перевала» освещенности выполнено в MS Visual C++ классом

```
class pereval {
    static const int N = 8;
```

```

double x[N];
double y[N];
int cnt;
int tohigh;
int sortedup(int = N);
public:
  pereval() {tohigh = cnt = 0;}
  int friend operator<<(pereval&, double);
  void out(void);
  int ishigh(void) {return tohigh;}
};

```

В нем параметр N соответствует понятию «долго и непрерывно», так как передается в функцию sortedup определения непрерывного возрастания освещенности. Результатом выполнения дружественного (то есть имеющего доступ к приватным данным класса) оператора << является достижение точки «А». Экспериментальная настройка параметров производилась в специальном программном плеере, где визуально можно было наблюдать положение пеногона, бинаризованное изображение в окне наблюдения за пеной и другие параметры. Установлено, что достаточно констатировать падение освещенности в течение 3 или 4 кадров. А «долго и непрерывно», то есть параметр N, соответствует 10 кадрам. При N = 8 возникла ошибка распознавания положения пеногона в самой левой и самой правой точках «Б» на рис. 3 (и далее во множестве нечетных полупериодов), при N = 9 — только в левой точке «Б» при N = 10, 11 и т.д. ошибки не возникают.

На рис. 4 представлена обработка видеопотока, то есть кадров, полученных при нужном положении пеногона. По оси X — номер кадра с момента начала обработки, по оси Y — сглаженное по 5 точкам и нормированное количество пузырей.

Хорошо видны моменты уменьшения подачи реагентов («А»), восстановления подачи реагентов («Б»)

и отдельные выбросы («В»), которые в реальности будут удалены статистическими методами. Между точками «А» и «Б» наблюдается переходный процесс, похожий на характеристику звена идеального смешения (что и ожидается в данном случае на основании предшествующих работ [20] в этой области). Переходный процесс завершился примерно за 115 полукадров (каждый из которых снят через  $1/0,315 \cdot 2 = 1,58$  с), то есть за  $115 \cdot 1,58 \approx 182$  с  $\approx 3$  минуты. При подаче ступенчатого воздействия на звено 1-го порядка

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

продолжительность переходного процесса

$$y(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right),$$

где T — время пребывания (постоянная времени). Значение

$$y(3) = 1 - \exp\left(-\frac{3}{T}\right) \approx 0.95$$

(вхождение в 5%-ный «коридор» около установившегося значения) достигается при времени пребывания T = 2.2, что вполне соответствует характеристике камеры флотомшины T = 1.9 мин, полученной в [20].

Таким образом, можно сделать вывод, что поставленные в данной статье задачи решены. Удалось добиться достаточного повышения скорости распознавания и обработки кадра, а также выделять только кадры, в которых нет лопасти пеногона. Достоверность полученного результата подтверждается сравнением полученного с помощью видеокамеры времени пребывания в камере с результатами других авторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Калий хлористый — удобрения: Экспорт / ПАО Уралкалий. [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.uralkali.com/ru/buyers/sale/export/index.php?sphrase\\_id=656937](http://www.uralkali.com/ru/buyers/sale/export/index.php?sphrase_id=656937)
2. В этом году производство зерна в России достигло рекордного уровня. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://inosmi.ru/economic/20171228/241118553.html>
3. Тетерина Н. Н. Технология флотационного обогащения калийных руд / Н. Н. Тетерина, Р. Х. Сабилов, Л. Я. Сквирский, Л. Н. Кириченко. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т., 2002. 484 с.
4. Затонский А. В. Использование видеографической информации для уточнения динамической стохастической модели процесса флотации калийной руды / А. В. Затонский, С. А. Варламова, А. В. Малышева, др // Интернет-журнал «Науковедение», 2017., № 2.(39). С. 87.
5. Малышева А. В. Возможности компьютерного зрения при управлении флотацией калийных руд // Первый шаг в науку. 2015. № 3–4 (3–4). С. 16–19.
6. Затонский А. В. Программные средства глобальной оптимизации систем автоматического регулирования. М.: ИНФРА-М, ИЦ РИОР, 2013. 136 с.

7. Романенко С. А., Оленников А. С. Опыт внедрения видеокамер *FROTHMASTER* на обогатительной фабрике «Зеленая гора-2» // Обогащение руд, 2014. № 2. С. 23–28.
8. Outotec FrothSense™ // [http://outotec.com/ImageVaultFiles/id\\_735/d\\_1/cf\\_2/OTE\\_Outotec\\_FrothSense\\_eng\\_web.PDF](http://outotec.com/ImageVaultFiles/id_735/d_1/cf_2/OTE_Outotec_FrothSense_eng_web.PDF)
9. Minerals Processing Solutions Automation // [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaToBox7.nsf/DocsByID/0AF54610F6C67DDBC2257B030037F030/\\$File/Automation%20ENGLISH%20Low%20Res.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaToBox7.nsf/DocsByID/0AF54610F6C67DDBC2257B030037F030/$File/Automation%20ENGLISH%20Low%20Res.pdf)
10. Затонский А.В., Варламова С. А. Распознавание краев пузырьков при пенной флотации калийных руд / Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В. А. Немтинова. 2015. С. 222–225
11. Затонский А. В., Варламова С. А. Использование бликовых отражений для автоматического распознавания параметров пены при флотации калийных руд // Обогащение руд. 2016. № 2. С. 49–56
12. Jahedsaravani A., Massinaei M., Marhaban M. H. An image segmentation algorithm for measurement of flotation froth bubble size distributions // Measurement. Vol 111, 2017. pp. 29–37.
13. Tan J., Liang L., Peng Y., Xie G. The concentrate ash content analysis of coal flotation based on froth images // Minerals Engineering. Vol. 92, 2016. pp 9–20.
14. Fu Y., Aldrich C. Froth image analysis by use of transfer learning and convolutional neural networks // Minerals Engineering. Vol. 115, 2018. pp. 68–78.
15. Затонский А. В. Модернизация бликового распознавания параметров пенного слоя / А. В. Затонский, А. В. Малышева // Обогащение руд. 2018. № 3.
16. Подсчет объектов на бинарном изображении. Часть 1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/119244/>
17. Беккер В. Ф. Решение технологических проблем действующего производства средствами автоматизации. Т. 1: Производство калийных удобрений. Пермь: БФ ПНИПУ, 2012. 312 с.

© Малышева Анна Владимировна (akchim@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Остовский Государственный  
Экономический Университет

Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

# НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОЛИТИК ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## DISADVANTAGES OF EXISTING POLICIES OF INFORMATION SECURITY

*A. Marchenko*

*Summary.* The article is devoted to revealing and studying the shortcomings of existing information security policies. During the research it was established that all problems can be divided into two groups: theoretical and practical. As part of practical problems, in turn, it is possible to distinguish, legislative, technical and organizational.

*Keywords:* information security, politics, problems.

**Марченко Андрей Юрьевич**

Аспирант, Ростовский Государственный  
Экономический Университет (РИНХ)  
Thevanila@mail.ru

*Аннотация.* Статья посвящена выявлению и изучению недостатков существующих политик информационной безопасности. В процессе исследования установлено, что все проблемы могут быть поделены на две группы: теоретические и практические. В составе практических проблем, в свою очередь, можно выделить, законодательные, технические и организационные.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, политика, проблемы.

Современный уровень развития общества характеризуется широким внедрением перспективных компьютерных технологий в различных сферах человеческой деятельности. Новые информационные технологии активно внедряются во все сферы деятельности государства. Информационные сети обслуживают объекты, контролируют работу атомных электростанций, а также распределяют электроэнергию.

В данном контексте сегодня в мире актуализируется проблема защиты информации и информационного пространства. Ее рассматривают не только на уровне одной страны, но и на саммитах глобальных сообществ и организаций, таких как НАТО, ЕС, Большая восьмерка и т.д. [1]. Данные вопросы подлежат постоянному обновлению, как законодательно, так и программно, ведь от этого зависит безопасность государства, его военные, экономические, социальные и человеческие ресурсы.

Фундаментальные положения системно-концептуального подхода защиты информации основываются на необходимости разработки надежной, полной и непротиворечивой политики информационной безопасности. Основной целью этой политики является обеспечение безопасности информации, то есть минимизация недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба государству, юридическим лицам всех форм собственности и гражданам вследствие незаконного получения информации и ее использования [2].

Вместе с тем, несмотря на пристальное внимание к исследуемым вопросам, в процессах разработки и совершенствования политики информационной безопасности есть еще немало недостаточно изученных

аспектов, вызывающих возникновение определенных трудностей и проблем, негативно влияющих на показатели эффективности и надежности функционирования системы безопасности в целом. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость идентификации указанных трудностей с целью их устранения и предупреждения дальнейшего возникновения, что в свою очередь подтверждает актуальность выбранной темы исследования.

Следует отметить, что проблема защиты информации является чрезвычайно актуальной в XXI веке, ее исследуют многие зарубежные и отечественные ученые. Тему защиты информационного мирового пространства поднимали в своих работах Ботвиник А., Ворожко В., Гуцалюк М., Климчук С. и другие. Вопросам разработки и функционирования систем защиты информации посвящено значительное количество трудов В.Б. Дудикевича, М.П. Карпинского, А.С. Петрова, В.А. Хорошко и др.

Вместе с тем публикации, в которых затрагиваются вопросы разработки методов и способов оценки защищенности открытой информации, в научной литературе встречается опосредованно, а практическое определение таких оценок фактически возложено на экспертные комиссии. В аспекте информационной политики на указанную проблему обратили внимание Г. Почепцов, С.А. Чукут.

Таким образом, цель статьи заключается в выявлении и проведении анализа проблем существующих политик информационной безопасности.

Рассматривая основополагающие принципы разработки и внедрения политики информационной безопас-

Таблица 1. Информационное законодательство новых стран-членов ЕС [4]

Страна	Закон про доступ к информации		Закон о государственных секретах	
	Название	Дата принятия	Название	Дата принятия
Чехия	Порядок доступа к информации	1999	Акт о классификации информации	1998
Эстония	Акт об общественной информации	2000	Акт о государственных тайнах	1999–2000
Литва	Закон об условиях передачи информации общественности	2000	Закон о государственной тайне	1995
Латвия	Закон о свободе информации	1998	Закон о государственной тайне	1997
Польша	О доступе к информации	2001	Акт о защите информации, которая классифицируется	1999

ности, целесообразно отметить, что комплексная защита информации предусматривает разработку теоретических основ ее защиты, как первой составляющей общей проблемы безопасности; использование специальных правовых, физических, организационных и программно-аппаратных средств, которые должны обеспечивать идентификацию и аутентификацию пользователей, а также распределение полномочий доступа к техническим, информационным ресурсам и сервисам информационных систем, учет попыток несанкционированного доступа [3]. Очевидно, что абсолютно безопасную информационную систему создать невозможно, поэтому эффективная политика информационной безопасности является компромиссным решением.

Учитывая вышеизложенное, представляется, что недостатки существующих политик информационной безопасности можно рассматривать с теоретической и практической точек зрения.

Итак, с теоретической точки зори, по мнению автора, наиболее важны:

1. Отсутствие надлежащих теоретических основ и несовершенство научно-методологического базиса управления информацией в контексте обеспечения информационной безопасности, позволяющие адекватно описывать процессы в условиях значительной неопределенности и непредсказуемости проявления дестабилизирующих факторов.
2. Неактуальность научно обоснованных нормативно-методических документов по вопросам обеспечения информационной безопасности на базе исследования и классификации угроз информации и выработки стандартных требований к защите.
3. Недостаточная стандартизация подходов к созданию систем защиты информации и рационализация структур управления защитой на объектовом, региональном и государственном уровнях.

С точки зрения практики можно условно выделить три группы проблем: правовые, технические и организационные. Рассмотрим их более подробно.

### Правовые

Несовершенство, а по ряду вопросов отсутствие, правовой базы существенно усложняет разработку политик информационной безопасности. Исходя из того, что система информационной безопасности является подсистемой, входящей в общую систему охраны информации, считаем, что ее правовые проблемы невозможно решать без решения законодательных вопросов общего уровня.

Исследование передового мирового опыта показывает, что для полноценного существования страны в информационном пространстве критически важно иметь достаточно действенную правовую базу. Такие условия необходимо создавать для того, чтобы государства могли защитить свои информационные интересы в любом международном сообществе. Например, анализ нормативно-правового обеспечения новых стран-членов ЕС, свидетельствует об устарелости законодательной базы в сфере защиты информации (см. табл. 1).

Вместе с тем, следует отметить, что законы и подзаконные акты составляют верхний эшелон документов, регламентирующих правоотношения в области разработки политики информационной безопасности. Они могут только концептуально определять некоторые подходы и особенности технологии защиты. Основной же смысл работ и оценки их эффективности должен содержаться в специальной нормативной документации. Наличие комплексной, функционально полной системы документации, регламентирующей все этапы проведения мероприятий по реализации политики информационной безопасности, а также весь жизненный цикл средств технической, организационной и иной

защиты информации (разработка, изготовление, испытание, эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация) является очень важным системообразующим фактором, влияющим на эффективность функционирования всей системы защиты информации в государстве.

Поэтому создание научно обоснованной системы нормативных документов является весьма актуальной задачей, разрешение которой позволит устранить существующие проблемы и недостатки правового обеспечения информационных политик.

## Технические

Техническая защита информации осуществляется в несколько этапов: первый этап — определение и анализ угроз; второй этап — разработка системы защиты информации; третий этап — реализация плана защиты информации; четвертый этап — контроль за функционированием и управлением системой защиты информации [5].

Соответственно основные проблемы, возникающие с безопасностью передачи информации, можно разделить на следующие:

- ◆ перехват информации — целостность информации сохраняется, но ее конфиденциальность нарушена;
- ◆ модификация информации — исходное сообщение изменяется или полностью подменяется другим и направляется адресату;
- ◆ замена авторства информации. Данная проблема может иметь серьезные последствия. Например, кто-то может прислать письмо от чужого имени или Web-сервер может притворяться электронным магазином, принимать заказы, номера кредитных карт, но не высылать никаких товаров.

Особую остроту технические проблемы существующих политик информационной безопасности приобретают в современных условиях, когда средства вычислительной техники и различные информационные технологии интенсивно внедряются во все области человеческой деятельности. Поскольку проблема компьютерной безопасности является многоплановой и многогранной, то необходимо разворачивать работы по технической защите информации по многим направлениям — от разработки теоретических основ информационной безопасности компьютерных систем до разработки программных и аппаратных средств технической защиты. Особое место в этом ряду должна занять защита от атак в сети Интернет и от программных закладок [6].

Из числа основных проблем, которые необходимо решать в ближайшее время, по мнению автора, можно выделить следующие:

- ◆ совершенствование определения уровней защищенности информации;
- ◆ разработка критериев защищенности информации;
- ◆ разработка функциональных наборов аппаратно-программных средств, обеспечивающих достижение определенного (заданного) уровня защищенности информации;
- ◆ разработка методов сертификации (экспертизы) аппаратно-программных средств защиты информации;
- ◆ разработка методов сертификации (экспертизы) систем защиты информации на соответствие уровням защищенности;
- ◆ разработка специальных ЭВМ, операционных систем, обеспечивающих высокий уровень защищенности информации.

## Организационные

Среди широкого спектра организационных проблем выделим, по мнению автора, одну, наиболее существенную и важную, решать которую следует только за счет привлечения широкого круга высококвалифицированных специалистов — речь идет о создании системы подготовки, повышения квалификации и переподготовки специалистов по защите информации.

Эффективность усилий, направленных на защиту интересов субъектов информационных отношений, зависит, прежде всего, от умения подготовленных специалистов выявлять и оценивать угрозы; определять состояние защищенности информации; обоснованно выбирать способы ее защиты от совокупности реальных угроз; разрабатывать и внедрять системы защиты на основе требований действующего законодательства.

Аргументом целесообразности и первоочередности таких действий выступают неопровержимые факты роста в угрожающих масштабах компьютерной преступности и кибертерроризма. В сети Интернет на сегодняшний день представлено более 30000 сайтов, которые обучают компьютерному взлому [7].

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. Прогресс каждого государства в нынешних условиях неразрывно связан с развитием информационных систем и их защитой, что актуализирует необходимость в разработке эффективной, адаптивной и гибкой политики информационной безопасности. Однако данный процесс связан с комплексом различных проблем, среди которых можно выделить теоретические и практические. В процессе исследования автором подробно рассмотрены проблемы указанных двух групп. Результаты ана-

лиза позволяют утверждать, что в целом все названные и многие другие проблемы могут быть решены в результате создания стабильно функционирующих систем защиты информации на разных уровнях. Развитие и становление таких систем может быть реализовано

только путем объединения усилий различных министерств, ведомств, организаций, учреждений, предприятий, а также усилий ученых, инженеров и практиков на пути разработки и реализации политик информационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бржезинская А. Д. Создание политики информационной безопасности и ее влияние на процесс управления безопасностью // Молодежный научный форум: общественные и экономические науки. — 2016. — № 11. — С. 231–235.
2. Амиантов А.А., Волобуев К. В. Современные проблемы информационной политики в контексте национальной безопасности // Вопросы политологии. — 2016. — № 2(22). — С. 68–74.
3. Юдина Н.Ю., Лапшина М. Л. Защита информации в информационных системах // Моделирование систем и процессов. — 2016. — № 4. — С. 89–92.
4. Соколов Д. В. Реализация политики информационной безопасности в сфере законотворчества // Вопросы национальных и федеративных отношений. — 2016. — № 3(34). — С. 39–52.
5. Кукушкин С.С., Мистров Л. Е. Постановка задачи защиты информации в организационно технических системах по техническим каналам утечки // Двойные технологии. — 2017. — № 1(78). — С. 59–63.
6. Суло С. В. Защита информации от утечки по техническим каналам // Теория и практика современной науки. — 2017. — № 5(23). — С. 786–788.
7. Титов М.Ю., Трубиенко О. В. Анализ основных подходов в создании надежной системы передачи информации // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2017. — № 5. — С. 62–67.

© Марченко Андрей Юрьевич (Thevanila@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРОДЕ

## NEURAL NETWORK MODELS FOR PREDICTION OF AIR POLLUTION INDEX IN AN INDUSTRIAL CITY

**A. Panchenko  
P. Rahman  
A. Safarov**

*Summary.* This scientific paper deals with use of the artificial neural networks for the ecological prediction of state of the atmospheric air of an industrial city. The authors offer two types of predictive models for determining of the level of air pollution on the basis of neural networks: a temporal (short-term forecast of the pollutants content in the air) and a spatial (forecast of atmospheric pollution index in any part of the city). The structure and parameters of the offered neural networks, and selection of the learning algorithms, which provides best adequacy of the models based on the neural networks are also observed.

*Keywords:* air basin, short-term air pollution forecast, neuron, neural network model, feed-forward neural network, Elman neural network, learning algorithm for neural network.

**Панченко Алина Аликовна**

Преподаватель, филиал Уфимского государственного  
нефтяного технического университета  
в г. Стерлитамаке, Российская Федерация  
alina-8706@rambler.ru

**Рахман Павел Азизурович**

К.т.н., доцент, филиал Уфимского государственного  
нефтяного технического университета  
в г. Стерлитамаке, Российская Федерация  
pavelar@yandex.ru

**Сафаров Айрат Муратович**

Д.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной  
технический университет, г. Уфа, Российская Федерация  
safarov\_a\_m@mail.ru

*Аннотация.* Данная научная статья посвящена применению нейронных сетей для экологического прогнозирования состояния атмосферного воздуха промышленного города. Авторами предлагается два типа прогнозных моделей на базе нейронных сетей для определения уровня загрязнения воздуха: временная (краткосрочный прогноз содержания загрязнителей в воздухе) и пространственная (прогноз индекса загрязнения атмосферы в любой части города). Также рассматриваются структура и параметры предлагаемых нейронных сетей, а также выбор алгоритмов для их обучения, обеспечивающих наилучшую адекватность моделей на базе нейронных сетей.

*Ключевые слова:* воздушный бассейн, краткосрочный прогноз загрязнения воздуха, нейрон, нейросетевая модель, нейронная сеть прямого распространения, нейронная сеть Элмана, алгоритм обучения нейронной сети.

## Введение

**В** настоящее время загрязнение воздушного бассейна отмечается практически во всех городах и промышленно развитых центрах химии и нефтехимии. В отдельные периоды в таких городах действуют неблагоприятные для рассеивания выбросов метеорологические условия, это способствует накоплению антропогенных выбросов в воздушном бассейне города. Во избежание повышения уровня загрязнения воздуха при таких условиях необходимо прогнозировать содержание загрязняющих веществ в воздухе с учетом этих условий. Вместе с тем, общеизвестные методы прогнозирования на основе экспоненциальных скользящих средних, анализа временных рядов, регрессионного анализа и т.д., не дают ощутимый результат, так как на процесс загрязнения воздуха действует множество неформализуемых и малоизученных факторов, которые трудно учесть в полученных моделях.

К тому же данные мониторинга загрязнения воздушного бассейна промышленного города характеризуются многомерностью и многосвязностью экологических данных, процессу загрязнения присущи нелинейность и неопределенность, что затрудняет оценку и прогнозирование оператором экологической ситуации. Для того чтобы повысить оперативность и точность принятия правильных управленческих решений в последнее время все чаще используются искусственные нейронные сети, способные работать в условиях нечеткой исходной информации и учитывать скрытые зависимости.

Искусственные нейронные сети [1, 2] — это математические модели, а также их программные и аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге при мышлении, и попытке смоделировать

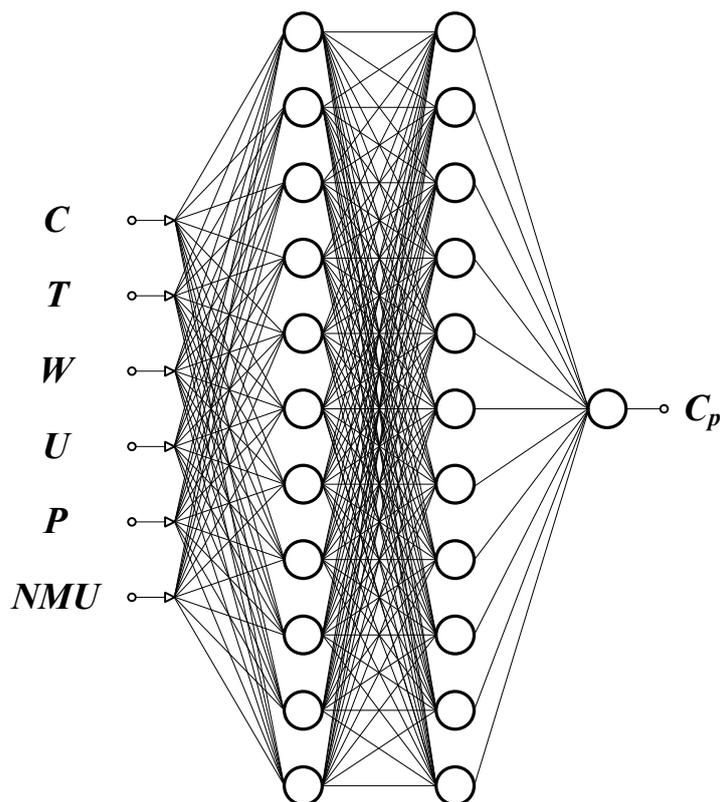


Рис. 1. Топология разработанной нейронной сети прямого распространения.

Где,

- $C$  — текущее значение концентрации загрязняющего вещества;  
 $T$  — температура воздуха;  $W$  — направление ветра;  
 $U$  — скорость ветра;  $P$  — атмосферное давление;  
 $NMU$  — режим неблагоприятных метеоусловий;  
 $C_p$  — прогнозируемое значение концентрации загрязнителя.

эти процессы. Впоследствии эти модели стали использовать в практических целях, как правило, в задачах прогнозирования. Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными. После обучения сеть способна предсказать будущие значения некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и существующих факторов.

В рамках научных исследований авторами были проанализированы существующие работы в области нейросетевых моделей прогнозирования загрязнения воздуха [3, 4] и была рассмотрена возможность применения нейронных сетей в прогнозировании уровня загрязнения атмосферного воздуха на примере промышленного города

Стерлитамак. Выбор данного города обусловлено тем, что это один из крупнейших промышленных центров химии и нефтехимии в Российской Федерации. В 2009–2010, 2013 гг. он входил в список российских городов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха. Специфика его загрязнения и природных условий типична для целого ряда урбоэкосистем востока Европейской части России. В таких городах уже много лет ведётся мониторинг природной среды, однако обобщения всех этих наблюдений для построения математических моделей состояния среды обитания и краткосрочного прогнозирования ее загрязнения в будущем с целью принятия оперативных природоохранных мер пока не было сделано.

Первым шагом в этом направлении стала разработка нейросетевых моделей временного и пространственного прогнозирования уровня загрязнения воздушного бассейна промышленного города Стерлитамак с использованием результатов прежних научных исследований авторов в области загрязнения атмосферного воздуха

Таблица 1. Параметры нейросетевой модели

Параметры нейронной сети	Значение	Примечание
Количество входов сети	6	концентрация вещества по состоянию на момент применения модели, метеорологические характеристики следующего дня: направление и скорость ветра, температура, давление, режим неблагоприятных метеорологических условий.
количество скрытых слоев	2	в первом слое в качестве функции активации используется «гиперболический тангенс», во втором слое — «линейная функция».
количество нейронов в скрытом слое	11	–
Количество выходов сети	1	прогнозное значение содержания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

для данного города [5, 6]. Временное прогнозирование сводится к способности осуществлять краткосрочный прогноз уровня загрязнения воздуха поллютантами на ближайшие сутки. Пространственное же прогнозирование сводится к определению индекса загрязнения атмосферы в любой точке города с учетом ее орографических особенностей.

Модель краткосрочного прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха

На первом этапе научных исследований авторами была разработана нейросетевая модель прогнозирования содержания специфических для города с развитой химической и нефтехимической промышленностью загрязняющих веществ — в рамках данного исследования: пыль, аммиак, сероводород, фенол, винилхлорид, диоксид азота, в атмосферном воздухе с заблаговременностью до нескольких суток в зависимости от метеорологических характеристик в последующие дни.

Важным моментом на этапе разработки являлся выбор входных данных для нейросетевой модели — в данном случае это концентрации поллютантов в воздухе в предшествующие периоды и метеорологические параметры: концентрация вещества по состоянию на момент применения модели, метеорологические характеристики следующего дня: направление и скорость ветра, температура, давление, режим неблагоприятных метеорологических условий, что обусловлено высокой теснотой связи между ними.

В рамках исследований авторами были апробированы различные виды нейронных сетей, и наилучшие результаты прогнозирования показала многослойная нейронная сеть прямого распространения [7, 8].

Также авторами дополнительно была проведена работа по определению оптимального количества ней-

ронов в скрытых слоях, однако, вариация количества нейронов в скрытых слоях не привела к существенному изменению качества нейросетевой модели. Топология разработанной нейронной сети для различных загрязняющих веществ получилась идентичной. На рисунке 1 представлена итоговая, выбранная авторами, топология нейронной прямого распространения сети, а ее параметры приведены в таблице 1.

В рамках научных исследований авторами также были апробированы различные алгоритмы обучения нейронной сети прямого распространения с оценкой адекватности нейросетевой модели, построенной на базе обученной нейронной сети.

Для каждого рассматриваемого алгоритма оценивалась адекватность нейросетевой модели путем подачи в обученную нейронную сеть входных значений  $[x_{1(q)}, \dots, x_{6(q)}]$  и сопоставления получаемых на выходе нейронной сети значений  $y_{(q)}$  с заданными эталонными значениями  $d_{(q)}$  в контрольной выборке

$$\{[x_{1(q)}, \dots, x_{6(q)}], d_{(q)}\}_{q=1}^Q,$$

с последующим вычислением корреляции  $r$  между двумя рядами значений:

$$r = \frac{\sum_{q=1}^Q (d_{(q)} - \bar{d})(y_{(q)} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{q=1}^Q (d_{(q)} - \bar{d})^2} \sqrt{\sum_{q=1}^Q (y_{(q)} - \bar{y})^2}}. \quad (1)$$

Где,  $\bar{d}$  — среднее по всем эталонным значениям  $d_{(q)}$  в выборке,  $\bar{y}$  — среднее по всем выходным значениям  $y_{(q)}$  в выборке,  $Q$  — размер выборки.

Конкретно для загрязняющего вещества аммиак результаты обучения нейронной сети прямого распро-

Таблица 2. Результаты обучения нейронной сети прямого распространения различными алгоритмами (на примере аммиака)

Алгоритм обучения	Адекватность полученной модели
Алгоритм Бройдена — Флетчера — Гольдфарба — Шанно (BFGS)	72%
Алгоритм CGB Пауэлла — Биеле	73%
Алгоритм GD градиентного спуска	2%
Алгоритм GDA градиентного спуска с выбором параметра скорости настройки	67%
Алгоритм LM Левенберга–Марквардта	43%
Пороговый алгоритм Rprop обратного распространения ошибки	70%

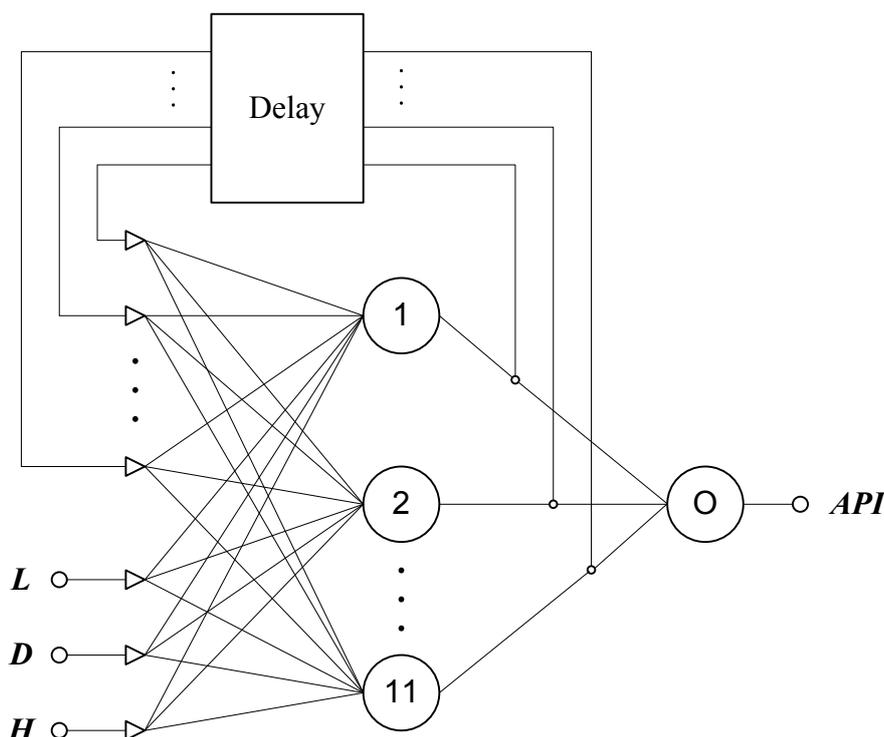


Рис. 2. Топология разработанной нейронной сети Элмана.

L — отметка рельефа в любой интересующей пользователя точке города;  
 D — показатель токсичности проб, полученный с использованием кресс-салата;  
 H — показатель токсичности проб, полученный с использованием дафний магна;  
 API (air pollution index) — показатель индекса загрязнения атмосферного воздуха;  
 Delay — блок задержки на один временной интервал, используемый в контуре обратной связи в нейронной сети Элмана.

странения при помощи различных алгоритмов обучения представлены в таблице 2.

Таким образом, очевидно, что конкретно для загрязняющего вещества аммиак наилучшая адекватность нейросетевой модели прогнозирования достигается при использовании многослойной нейронной сети прямого распространения с алгоритмом обучения Пауэлла-Биеле.

Для возможности использования разработанной нейросетевой модели в практических расчетах уровня загрязнения воздуха (на примере аммиака) авторами также была разработана программная реализация в математической среде MatLab со встроенным пакетом Neural Networks Toolbox.

Математическим «ядром» программы является экспортированная из MatLab обученная нейронная сеть,

Таблица 3. Параметры нейронной сети Элмана

Параметры нейронной сети	Значение	Примечание
Количество входов сети	3	Вход 1: Отметка рельефа в любой интересующей пользователя точке города; Вход 2: Показатель токсичности проб, полученный с использованием кресс-салата; Вход 3: Показатель токсичности проб, полученный с использованием дафний магна.
Количество скрытых слоев	1	–
Количество нейронов в скрытом слое	11	–
Количество контуров обратных связей	1	В контуре используются выходные значения нейронов скрытого слоя, которые задерживаются на один временной интервал и далее по обратной связи подаются на входы нейронов скрытого слоя со своими весовыми коэффициентами.
Количество выходов сети	1	Выход: Показатель индекса загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 4. Результаты обучения сети Элмана различными алгоритмами

Алгоритм обучения	Адекватность полученной модели
Метод градиентного спуска	66,1
Метод градиентного спуска с адаптивным обучением	76,2
Метод градиентного спуска с учетом моментов	21,3
Метод градиентного спуска с учетом моментов и с адаптивным обучением	86,7
Регуляризация Bayesian	33,6

которая и используется как ключевой блок обработки входных значений и расчета результата.

Применение программы для прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха города Стерлитамак оказалось достаточно результативным. Точность прогноза составляет более 70%.

#### Модель прогнозирования пространственного загрязнения

Второй этап научных исследований авторов свелся к проектированию нейросетевой модели, описывающей уровень загрязнения воздуха в любой точке города с учетом ее локальных орографических характеристик.

В качестве входных данных в нейросетевой модели были использованы отметка рельефа в месте отбора проб, показатели токсичности проб, полученных с использованием кресс-салата и дафний магна. В качестве выходного значения был принят показатель индекса загрязнения атмосферного воздуха в месте отбора пробы снега.

В рамках исследований были авторами апробированы различные типы нейронных сетей, и наилучшие результаты прогнозирования показала рекуррентная нейронная сеть Элмана [9, 10].

На рисунке 2 представлена итоговая, выбранная авторами, топология рекуррентной нейронной сети Элмана, а ее параметры приведены в таблице 3.

Кроме того, дополнительно была проведена работа по определению оптимального количества нейронов в скрытом слое, однако, вариация количества нейронов в скрытом слое не привела к существенному изменению качества нейросетевой модели.

В рамках научных исследований также были апробированы различные алгоритмы обучения нейронной сети Элмана с оценкой адекватности нейросетевой модели, построенной на базе обученной нейронной сети. Адекватность нейросетевой модели оценивалась путем подачи в обученную нейронную сеть входных значений  $[x_1(t), x_2(t), x_3(t)]$  и сопоставления получаемых на выходе нейронной сети значений  $y(t)$  с заданными эталонными значениями  $O(t)$  в контрольной выборке

$$\{[x_1(t), x_2(t), x_3(t)], O(t)\}_{t=1}^Q,$$

с последующим вычислением корреляции  $r$  между ними:

$$r = \frac{\sum_{t=1}^Q (O(t) - \bar{O})(y(t) - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^Q (O(t) - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^Q (y(t) - \bar{y})^2}}. \quad (2)$$

Где  $\bar{O}$  — среднее по всем эталонным значениям  $O(t)$  в выборке,  $\bar{y}$  — среднее по всем выходным значениям  $y(t)$  в выборке,  $Q$  — размер выборки.

Результаты оценок адекватности нейросетевой модели на базе нейронной сети Элмана при использовании тех или иных алгоритмов обучения приведены в таблице 4.

Достаточно очевидно, что наилучшие показатели достигаются в рекуррентной нейронной сети Элмана с алгоритмом обучения на базе градиентного спуска с учетом моментов и с адаптивным обучением.

Для возможности использования разработанной нейросетевой модели в практических расчетах уровня индекса загрязнения воздуха авторами также была разработана программная реализация в математической среде MatLab со встроенным пакетом Neural Networks Toolbox.

Математическим «ядром» программы является экспортированная из MatLab обученная нейронная сеть Элмана, которая и используется как ключевой блок обработки входных значений и расчета результата.

Применение программы для прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха города Стерлитамак оказалось достаточно результативным. Точность прогноза составляет более 83%.

## Заключение

Разработанные авторами нейросетевые модели прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха являются достаточно результативными. Ежедневное получение новых данных об уровне загрязнения воздуха доказывают состоятельность разработанных моделей.

Необходимо также отметить наличие возможности периодического дополнительного обучения нейронных сетей на дополнительных новых данных экспериментальных наблюдений. Внедрение нейросетевой модели в систему мониторинга воздушного бассейна города несомненно повысит качество работы как государственных органов, так и отделов экологической безопасности крупных промышленных предприятий города. Но, несмотря на очевидные достоинства нейросетевых моделей, не стоит считать их некой «панацеей». Наилучшим для достижения природоохранных результатов является использование нейросетевых моделей в совокупности с грамотной стратегией природоохранного управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. M. Caudill and C. Butler. Understanding Neural Networks: Computer Explorations, Cambridge, MIT Press, 1992.
2. Berndt Müller, Joachim Reinhardt and Michael T. Strickland, Neural Networks: An Introduction, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995.
3. A. Kurt, B. Gulbagci, F. Karaca and O. Alaghab, An online air pollution forecasting system using neural networks, Environment International, 2008, Vol. 34 (5), pp. 592–598.
4. G. Ibarra-Berastegi, A. Elias, A. Barona, J. Saenz, A. Ezcurra and J. D. Argandona, From diagnosis to prognosis for forecasting air pollution using neural networks: Air pollution monitoring in Bilbao, Environmental Modelling and Software, 2008, Vol. 23 (5), pp. 622–637.
5. Сафаров А.М., Рахман П. А., Панченко А. А., Маннанов А. Х. Разработка нейросетевой модели краткосрочного прогноза загрязнения атмосферного воздуха города Стерлитамак Республики Башкортостан // Нефтегазовое дело. — 2016. — Т. 14. — № 1. — С. 206–212.
6. Панченко А.А., Рахман П. А., Сафаров А. М., Асфандиярова Л. Р., Сафаров М. Р. Разработка метода оценки загрязнения атмосферного воздуха на базе нейронной сети Элмана для промышленного города Стерлитамак // Нефтегазовое дело. — 2017. — Т. 15. — № 2. — С. 203–208.
7. Terrence L. Fine, Feedforward Neural Network Methodology, Springer-Verlag New York, 1999.
8. M. Hagan and M. Menhaj. Training feedforward networks with the Marquardt algorithm, IEEE Transactions on Neural Networks, 1994, Vol. 5 (6), pp. 989–993.
9. J. L. Elman. Finding structure in time, Cognitive Science, 1990, Vol. 14 (2), pp. 179–211.
10. Wu Wei, Xu Dong-Po and Li Zheng-xue. Convergence of gradient method for Elman networks, Applied Mathematics and Mechanics, 2008, Vol. 29 (9), pp. 1231–1238.

© Панченко Алина Аликовна (alina-8706@rambler.ru),

Рахман Павел Азизурович (pavelar@yandex.ru),

Сафаров Айрат Муратович (safarov\_a\_m@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ИНФОРМАЦИИ

## IMITATION MODELING OF TRANSPORT NETWORK DEVELOPMENT PROCESSES IN CONDITIONS OF INFORMATION DEFICIT

**V. Raduta  
A. Viktorov  
A. Garibiantc**

*Summary.* Currently, the modeling of transport network development processes is the main research method, as well as a scientifically grounded method of assessing the characteristics of complex systems, in particular transport, which, in turn, are used to make decisions in various fields of activity. When performing the simulation, a solution is sought for the problem that determines the structure of the process. In the process of modeling transport networks, there are numerous tasks that require evaluation of quantitative characteristics, as well as qualitative regularities of the processes directly operating these systems. The lack of information in the experimental study of transport systems does not allow full design, implementation and operation without the use of modeling techniques, which makes it possible to present in a necessary form the processes of the functioning of systems, as well as a description of the course of these processes through mathematical models. In these situations, the most common models are analytical and imitation. In the process of analytical study of transport networks, a complete study can be carried out directly only if explicit dependences are known. In the conditions of information deficit, the analysis of the characteristics of the development of transport networks with the help of only analytical methods encounters significant difficulties, which, in turn, lead to the need to substantially simplify the models and obtain unreliable results. Therefore, imitation models are often used to study the development of transport networks.

*Keywords:* transport networks, imitation modeling, traffic flows, transport systems.

**Н**а сегодняшний день различного типа и назначения транспортные сети (ТС) испытывают серьезное напряжение: некоторое их количество практически исчерпали свои технические возможности. Несомненно, требуют инженерных решений большое количество таких задач, как: строительство новых и модернизация действующих сетей. Важным является вопрос о создании новых, а также непосредственно развитие и реконструкция действующих ТС.

Однако, в процессе проведения проектных работ, довольно часто, у специалистов нет необходимой ин-

**Радута Валерия Павловна**

Аспирант, Балтийский федеральный университет  
имени Иммануила Канта (БФУ им.И.Канта)  
lerchik63@mail.ru

**Викторов Андрей Александрович**

Аспирант, Балтийский федеральный университет  
имени Иммануила Канта (БФУ им.И.Канта)

**Гарибьянц Ашот Артурович**

Аспирант, Балтийский федеральный университет  
имени Иммануила Канта (БФУ им.И.Канта)

*Аннотация.* В настоящее время моделирование процессов развития транспортных сетей является основным методом исследований, а также научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, в частности транспортных, которые, в свою очередь, используются для принятия решений в различных сферах деятельности. При выполнении моделирования происходит поиск решения задачи, которая определяет структуру процесса. В процессе моделирования транспортных сетей появляются многочисленные задачи, которые требуют оценивание количественных характеристик, а также качественных закономерностей непосредственно процессов функционирования данных систем. Дефицит информации экспериментального исследования транспортных систем не дает возможность полно спроектировать, внедрить и эксплуатировать без использования методики моделирования, которая дает возможность в необходимой форме представить процессы функционирования систем, а также и описание протекания данных процессов благодаря математическим моделям. В данных ситуациях наиболее распространенными моделями являются аналитическая и имитационная. В процессе аналитического исследования транспортных сетей непосредственно полное исследование возможно провести лишь тогда, когда известны явные зависимости. В условиях дефицита информации проводит анализ характеристик процессов развития транспортных сетей с помощью только аналитических методов наталкивается на значительные трудности, которые, в свою очередь, приводят к необходимости существенно упростить модели и получить недостоверные результаты. Поэтому, для исследования процессов развития транспортных сетей чаще используют имитационные модели.

*Ключевые слова:* транспортные сети, имитационное моделирование, транспортные потоки, транспортные системы.

формации, которая бы с большей степенью адекватности отражала состояние действующей ТС или давала оценку возможного состояния проектируемой сети. Также, немаловажным является тот факт, что информация часто отсутствует и при принятии оперативных решений по управлению перевозками в действующих сетях.

Развитие транспортных сетей может происходить благодаря совершенствованию процесса управления движением транспортных потоков. В процессе функционирования транспортной сети сама нагрузка подверже-

на различных колебаниях, которые обычно вызываются стихийными, сезонными, социально-политическими, а также другими явлениями. Несмотря на это, существуют центры диспетчерского управления транспортными потоками, которые оснащены компьютерной техникой, программными средствами, и, в большей степени, способны эффективно противодействовать подобным явлениям.

Одним из наиболее широко применяемым подходом к описанию транспортных потоков в сети является отображение типологии транспортной сети посредством некоторой системы направленных графов с последующим их представлением в виде матрицы межузловых загрузок (ММЗ). Благодаря программным средствам существует возможность восстановить структуру матрицы, например, в таких случаях, когда существует исходная информация о входящих и исходящих потоках в узлах транспортной сети. В данной ситуации применяются широко известные методы транспортной задачи: метод разрешающих слагаемых, распределительный метод и т.д.

Как быть, если информация неизвестна или недостаточно полна? Существуют программные продукты, которые способны помочь в решении узко специализированных задач. Также, используются реальные статистические данные, которые основаны на событиях прошлого. В следствие чего, прогнозируемые характеристики ТС крайне неточны. Для более точных решений следует применить имитационные модели, с возможностью «на лету» изменять модели событий. Применение принципа построения моделей «что ... если» даст возможность получать решения, адекватные для событий ТС в реальном времени.

Основной тенденцией развития методико-технологической базы имитационного моделирования является расширение области приложений и возможностей имитационных систем на основе интеграции понятийного аппарата графической интерпретации схем, принятых в соответствующих языках моделирования, с классическими моделями системного анализа и вычислительной математики. Актуальность темы обусловлена необходимостью использовать имитационное моделирование и обеспечить принятие качественных управленческих решений (на примере текущих процессов грузоперевозок) для предоставления возможности планировать дальнейшее развитие транспортной сети в условиях дефицита информации.

Процессы перевозок между грузообразующими пунктами могут рассматриваться по направлению как от производителя к потребителю, так и между территориально распределенными подразделениями.

В процессе изучения данной темы необходимо решить следующие задачи (на примере процесса грузоперевозок):

- ◆ формирование оптимальной структуры маршрутов;
- ◆ определение требуемого количества терминалов;
- ◆ закрепление транспортных средств различной грузоподъемности за участками маршрута;
- ◆ распределение транспортных потоков на маршрутах.

Кроме того, необходимо учитывать существующие на маршрутах ограничения, связанные с недостатком информации, с характеристиками транспортных средств (вид транспорта, грузоподъемность, обеспечение условий транспортировки и т.д.) и особенностями маршрутов (региональные, международные, кратчайший маршрут, загруженность направления, наличие транспортных сборов или пошлин). Применением средств имитационного моделирования для решения задач с развитием транспортных сетей позволит с требуемой степенью детализации рассмотреть особенности существующих грузопотоков и разработать мероприятия по повышению их производительности.

Исследование процессов грузоперевозок осуществляется в структурном и функциональном аспектах. Структурный аспект подразумевает территориальное расположение узлов транспортной сети и их взаимодействие между собой, а функциональный аспект предполагает рассмотрение внутренних процессов на терминалах и на всей протяженности маршрутов.

Наряду со сквозной схемой организации перевозок, когда движение подвижного состава на маршруте осуществляется непосредственно от грузообразующего до грузопоглощающего пункта, широко используется участковый метод. В этом случае весь маршрут грузоперевозок делится на несколько участков, каждый из которых обслуживается собственным транспортным парком. Подобная схема организации перевозок обладает рядом преимуществ, связанных с сокращением временных затрат, снижением себестоимости перевозок, а также увеличением производительности подвижного состава. Структурная модель грузоперевозок строится по участковому методу, когда при заданных исходном и конечном пунктах движения весь маршрут делится на участки в зависимости от наличия свободных транспортных средств в системе, протяженности и интенсивности движения на путях сообщения.

Понятие оптимальной структуры маршрутов подразумевает такое распределение грузопотоков по транспортной сети и терминалов с различной пропускной



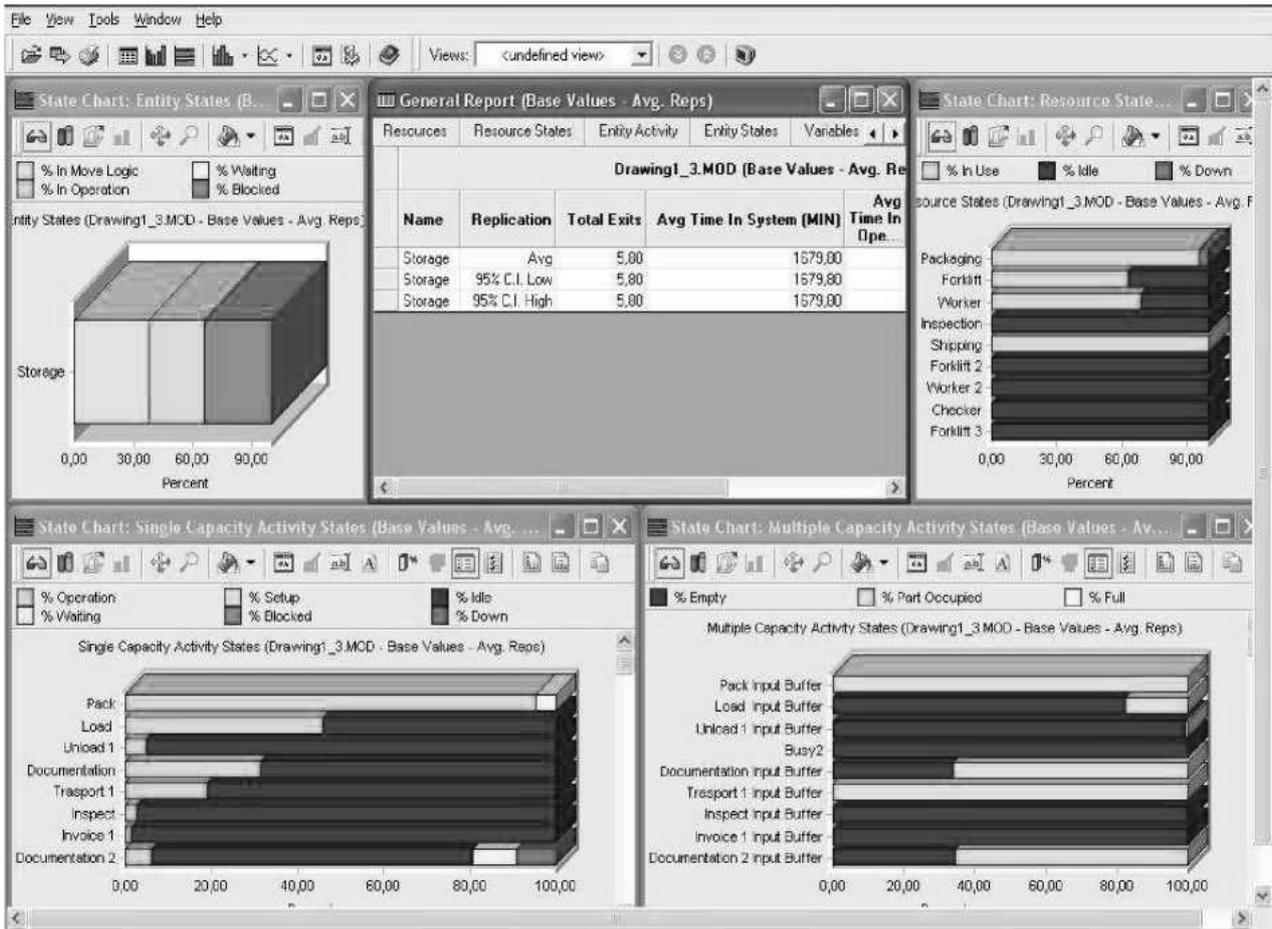


Рис. 2. Результаты моделирования сценариев

погрузки — терминал и пункт проверки), представляющих два возможных маршрута различной протяженности. Первый маршрут соответствует региональному виду перевозок, а второй — межрегиональному. Схема для имитационного моделирования маршрутов представлена на рис. 1.

Первый маршрут обслуживается транспортным парком из четырех машин, на втором маршруте два транспортных средства. Следует отметить различия в использовании транспортных средств на двух маршрутах. На последовательных участках первого маршрута выбирается свободное транспортное средство из двух доступных при заданной вероятности в процентном соотношении, в то время как на другом маршруте второе транспортное средство используется только в случае неисправности первого. Моделируемый период времени составляет пять дней с восьмичасовым рабочим днем.

Для построенной модели было разработано три сценария с различными комбинациями видов используемых транспортных средств и протяженностью вы-

бранных маршрутов. Внесение изменений в варианты сценариев повлияло на временные характеристики модели и стоимость каждого вида операции, что позволяет проводить оценку наиболее подходящего для реализации сценария по временному и стоимостному параметрам. Результаты сравнений сценариев представлены в виде диаграмм, характеризующих состояние входов и выходов модели, активность операций и уровень потребления ресурсов (рис. 2).

Валидация построенной имитационной модели проводилась по результатам аналитических расчетов для фрагмента многофазной системы массового обслуживания с ограниченным буфером и числом обслуживающих устройств при различных законах распределения времени обслуживания.

Имитационное моделирование в системе ProModel позволяет учесть задержки, происходящие непосредственно в процессе транспортировки, а также на сопроводительных операциях, что регулируется различными законами распределения.

В качестве преимущества данной модели можно отметить возможность дальнейшего расширения перечня активностей и используемых ресурсов при сохранении логики функционирования, а также возможность представления ее в качестве составных фрагментов при моделировании более сложных систем. Недостатком является предположение о сопоставимости объемов выполняемых поставок грузоподъемности используемого передвижного состава.

В результате проведенного исследования в системе ProModel были построены структурная и функциональная модели процессов грузоперевозок, осуществляемых по участковому методу, выполнено имитационное моделирование транспортной сети при различных ограничениях на входные условия, в том числе дефицит информации, что показало рациональность при-

менения систем последовательного имитационного моделирования для решения задач транспортной логистики.

Работа с информационной системой, в составе которой используется имитационный программный комплекс, позволяет создавать и корректировать массивы данных, отражающие возможные варианты организации маршрутов транспортных средств, получать информацию, наиболее адекватную к условиям реального времени.

Следующим этапом в развитии такого комплекса может стать трансформация его в интеллектуальную систему, предметная область которой была бы ориентирована на макроуровень — уровень городской транспортной сети.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боев В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования / В. Д. Боев, Д. И. Кирик, Р. П. Сыпченко. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.
2. Емельянов В. В., Ясиновский С. И. Имитационное моделирование систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 584 с.
3. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7 / В. Д. Боев. — СПб.: ВАС, 2014. — 432 с
4. Григорьев И. Практическое пособие по имитационному моделированию / И. Григорьев. — 2016. — 202 р.
5. Шелухин О. И., Тенякшев А. М., Осин А. В. Моделирование информационных систем. М. Радиотехника, 2005. 386 с.
6. Майоров Н. Н. Факторы выбора имитационного моделирования, как универсального средства, для исследования транспортных процессов [Текст] // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2012 г.). — СПб.: Реноме, 2012. — С. 224–228. — URL <https://moluch.ru/conf/econ/archive/15/2086/> (дата обращения: 23.02.2018).
7. Морозов С.И., Толуев Ю. И., Змановская Т. П. Использование протоколов событий для интерпретации результатов моделирования логистического центра // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. Второй всероссийской научно-практической конференции — СПб.: ФГУП ЦНИИ ТС, 2005. — С. 246–250.
8. Толуев Ю.И., Змановская Т. П. Моделирование процессов перемещения и накопления материальных объектов в логистических сетях // Логистика: Современные тенденции развития. V Международная научно-практическая конференция. 20, 21 апреля 2006 г.: Тез. докл. / Отв. ред.: В. С. Лукинский, С. А. Уваров, Е. А. Королева. — СПб.: СПбГИЭУ, 2006. — С. 354–359
9. Hartmut Stadler. Supply Chain Management and Advanced Planning. Concept, Models, Software and Case Studies. Third Edition / Hartmut Stadler, Christoph Kilger. — Springer, Germany. — 2012. — 510 p

© Радута Валерия Павловна (lerchik63@mail.ru),

Викторов Андрей Александрович, Гарибьянц Ашот Артурович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АССОЦИАТИВНОГО ВЕКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА В СЕМАНТИЧЕСКОМ ПОИСКЕ

## USING THE ASSOCIATIVE VECTOR SPACE IN A SEMANTIC SEARCH

V. Sachkov

*Summary.* The article investigates the possibility of using the properties of paradigmatic and syntagmatic associations used in associative vector spaces, for applying semantic search in solving problems, in modern information retrieval systems.

*Keywords:* Associations, paradigmatic, syntagmatic, search systems, associative vector space, EMW, WMD, semantics, semantic search.

**Сачков Валерий Евгеньевич**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»  
megawatto@mail.ru

*Аннотация.* В статье исследована возможность применения свойств парадигматических и синтагматических ассоциаций, используемых в ассоциативных векторных пространствах, для применения в решении задач семантического поиска, в современных информационно поисковых системах.

*Ключевые слова:* Ассоциации, парадигматические, синтагматические, поисковые системы, ассоциативное векторное пространство, EMW, WMD, семантика, семантический поиск.

## Введение

По сравнению с традиционными полнотекстовыми поисковыми системами, которые ориентированы на частоту появления слов, семантические поисковые системы более склонны пытаться понять значения, скрытые в полученных документах и пользовательских запросах, посредством добавления семантических тегов в тексты, чтобы структурировать и концептуализировать объекты в документах. Люди могут понять вопрос, основываясь на контексте и дать соответствующий ему релевантный ответ.

Ассоциации позволяют абстрагироваться от прямого значения слова, что позволяет заменить его на набор других слов. Этот эффект имеет и обратное действие, по набору слов (ассоциаций) человек способен восстановить искомое слово. Данное свойство позволяет человеку формировать поисковый запрос, не зная ключевых слов или терминов той предметной области, которой он не разбирается, но при этом получать нужный ему результат. В ассоциативном поиске совершенно не важен порядок слов и их количество, что позволяет человеку общаться с поисковым комплексом на естественном языке, не формируя поисковые фразы специальным образом, так как комплекс, сам обработает запрос и очистит от всего лишнего.

Данный подход к организации поиска кардинально отличается от организации существующих современных информационно поисковых систем и заслуживает внимания.

Поиск с помощью ассоциаций основывается на дис-трибутивной семантике, которая позволяет интерпре-

тировать семантическое поле как семантическое векторное пространство, которое позволяет вычислить семантическую близость между лингвистическими единицами.

## Ассоциативное векторное пространство

Ассоциативное векторное пространство (АВП) — это многомерное векторное пространство, где каждый вектор содержит набор лингвистических единиц (слов или словосочетаний), соответствующих ассоциативному контексту документа на естественном языке.

Для формирования векторов можно использовать несколько подходов:

1. Оставить только уникальные ассоциации для текста
2. Оставить все ассоциации
3. Создать вектор частот ассоциаций
4. Создать вектор с применением метрики для оценки значимости слов (например, TF-IDF)

Поиск документов в АСВ происходит не по ключевым словам, а по смыслу, происходящий за счет сопоставления ассоциаций между текстом и поисковым запросом, что позволяет производить семантический поиск близких по смыслу текстов и документов на естественном языке.

Ассоциации позволяют абстрагироваться от прямого значения слова, что позволяет заменить его на набор других слов. Этот эффект имеет и обратное действие, по набору слов (ассоциаций) есть возможность восстановить искомое слово. В использовании АСВ, применя-

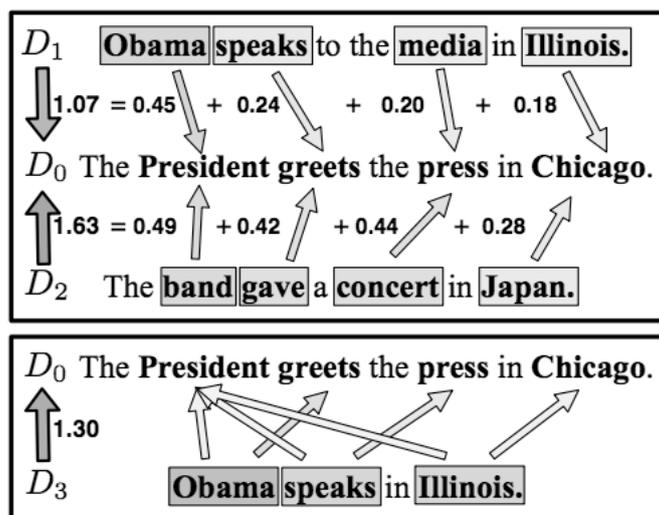


Рис. 1. Визуализация процесса вычисления расстояния WMD [5]

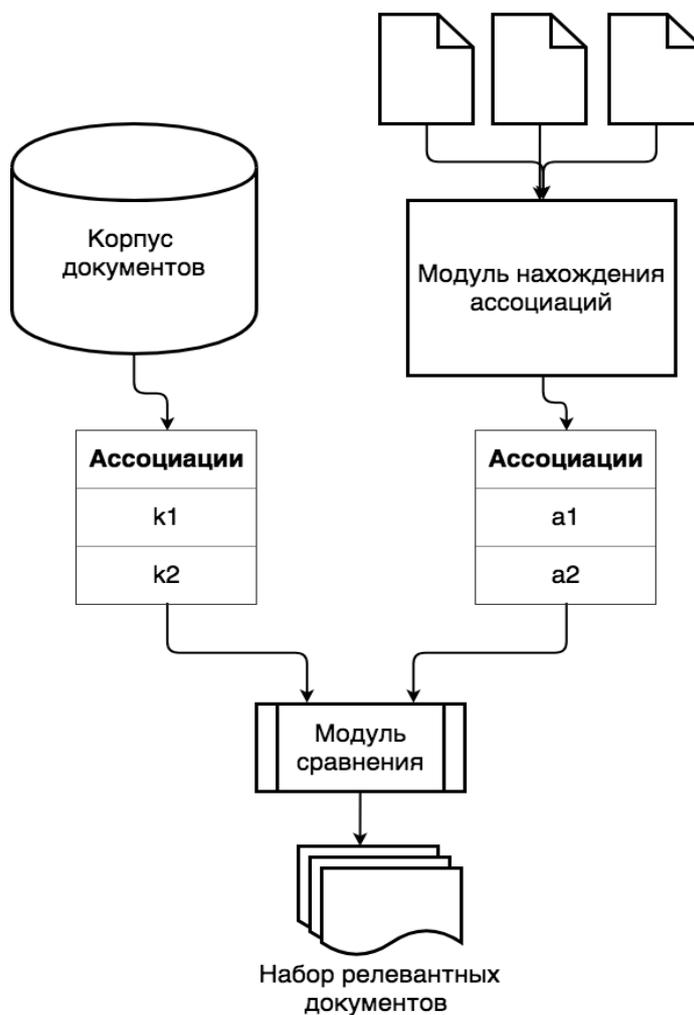


Рис. 2. Функциональная схема ассоциативно-семантического поиска в АВП

Таблица 1. Расшифровка результатов ассоциативно-семантического поиска в АВП

doc_num	EMD	text
485	113.226833	москв 28 — выяснен причин авиакатастроф 154 близ соч продолжа параллельн поисков операц задействию разнородн группировк корабл суд глубоководн аппарат самолет вертолет миноборон мчс фсб росс федеральн региональн структур поднят внов обнаружен останк погибш направл идентификац москв провед перви...
344	127.266138	петербург 4 — аэропорт храбров калининград ноч сред Airbus A320 компан аэрофлот выкат предел впп закр крайн мер 21 00 мск эвакуац поврежден воздушн судн продолжа сообщ пресс секретар аэропорт натал грицун первоначальн сообща инцидент обошел пострада ноч помощник глав север западн следствен управ...
332	138.888802	ноч сред калининградск аэропорт храбров 23 55 мск самолет аэрофлот Airbus A 320 рейс москв — калининград выкат посадк метр предел взлетн посадочн полос борт наход 167 пассажир пятер член экипаж происшеств самолет подлом передн стойк шасс пришл эвакуирова помощ надувн аварийн трап 9 55 10 55 мск ...
347	139.834790	сообща 23 55 местн самолет аэрофлот Airbus A320 рейс москв калининград выкат посадк предел взлетн посадочн полос подлом передн стойк шасс пассажир эвакуирова посредств надувн аварийн трап дан север западн следствен управлен транспорт ск рф шестер пассажир обрат медицинск помощ факт чп возбужд уг...
510	141.854178	москв 27 — поисков операц район крушен самолет 154 близ соч начат воскресен продолжа круглосуточн режим вторник задействию 45 корабл суд 15 глубоководн аппарат 192 водолаз 12 самолет вертолет предполага район катастроф обследова 100 надводн поверхн бортов самописец поднят морск дна доставл расш...

ются все свойства парадигматических и синтагматических ассоциаций.

Ассоциации называются синтагматическими, если данная ассоциация по своей грамматической структуре отлична от слова — стимула, например, испытуемый пытается составить слово сочетание «дом — большой, светлый». Парадигматические ассоциации — это слова — реакции с той же грамматической структурой, что и слова — стимулы, например, испытуемый подбирает синонима или антонимы «дом — шалаш, жилище», или части «дом — дверь, крыша».

Используя АСВ можно сформировать поисковый запрос на естественном языке без единого колющего слова, не обращая внимания на порядок слов и их количество, без какой-либо дополнительной обработки текста и запроса. АСВ позволяет существенно улучшить и упростить создание интерактивных диалогов систем (например, чат бот), которые лучше понимают пользователя.

Для ассоциативно-семантического поиска в АСВ, необходима математическая модель, которая позволит оценивать семантическую близость двух документов по их ассоциациям. В качестве метрики расстояния будет использоваться «Earth mover's distance» (EMD). EMD это метод оценки несходства между двумя многомерными распределениями в каком-то пространстве признаков, где дана дистанционная мера между одиночными признаками [1].

Метрика EMD вычисляет минимальную стоимость изменений или работы необходимой, для преобразова-

ния одного документа в другой. Вычисление EMD базируется на решении транспортной задачи [2] линейного программирования, для решения которой существуют эффективные алгоритмы [3].

Так как вычисления будут производиться над словами, то наилучшим алгоритмом для вычисления дистанции, с использованием EMD, будет модифицированный метод вычисления Word Mover's Distance (WMD). WMD это метод, который позволяет оценивать «расстояние» между двумя документами, даже если у них нет общих слов [4]. Визуально процесс вычисления расстояния представлен на Рис. 1

В WMD текстовые документы представляются, как облако точек встроенных слов. Расстояние между двумя текстовых документами A и B является минимальное совокупное расстояние, необходимое для слов из документа A чтобы переместиться в облако точек документа B. В качестве примера рассмотрим вычисления расстояния между двумя предложениями на английском языке [5]:

- ◆ Obama speaks to the media in Illinois
- ◆ The President greets the press in Chicago

Метод ассоциативно-семантического поиска в ассоциативном векторном пространстве

Проверка семантического поиска в ассоциативном векторном пространстве, будем проведена поиском, отбором и ранжированием тематических схожих документов на основе собранных корпусов документов. Для этой

цели, специально, был подготовлен большой корпус документов с новостного портала «РИА НОВОСТИ» (<https://ria.ru>), с помощью веб-скраппера (web-scraping), был собран корпус текстов, состоящий из 250 тысяч документов, по основным разделам сайта, за 3 года новостных публикаций портала.

Пользователем будет задана тема в виде небольшой коллекции документов, описывающая интересующую его тематику.

На основе анализа представленной коллекции автоматизировано формируется поисковый запрос, а результаты поиска фильтруются и ранжируются в соответствии с метрикой расстояния в АВП.

Тема тестового поиска «Авиационные происшествия», была собрана коллекция из 10 новостных документов с разными инцидентами связанные с авиацией. Номера документов в корпусе: 119, 121, 332, 342, 347, 355, 504, 559, 661, 948. Функциональная схема ассоциативно-семантического поиска в АВП представлена на Рис. 2.

Принцип работы алгоритма заключается в следующих шагах:

1. На вход подается набор подготовленных документов, по которым будет производиться поиск.
2. Модуль нахождения ассоциаций создает список ассоциаций
3. Набор найденных ассоциаций подается на вход модуля сравнения, который создает АВП и ищет совпадения по разным наборам алгоритмов с ас-

социациями, содержащимися в соответствующем по тематике в корпусе документов.

Расшифровка результатов работы алгоритма представлена в таблице 1.

Как показало тестирование большая часть найденных документов соответствуют тематики поиска. В найденных документах могут полностью отсутствовать ключевые слова из поискового запроса, но содержание документа соответствует тематики поиска.

Недостатки, которые были получены при экспериментах показали следующие, если поисковый запрос менее пяти слов, то необходимо вводить новые методы расчета расстояния WMD. Также если поисковый запрос имеет значительный размер, состоящий из нескольких десятков слов и более, то будет больше семантическое расстояние в ассоциативном векторном пространстве, и тем менее будут схожи по смыслу найденные документы.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрена проблема полноты результатов семантического поиска. Сделана попытка решения данной задачи с помощью ассоциативного векторного пространства, данный метод позволил обеспечить полноту более высокую, относительно обычных поисковых систем. Использование парадигматических и синтагматических ассоциаций может применяться в разработке семантических поисковых систем, способных выявить контекстную информацию на заданном уровне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Y. Rubner, C. Tomasi, and L. J. Guibas. A metric for distributions with applications to image databases. // IEEE International Conference on Computer Vision, pages 59–66, January 1998.
2. F. L. Hitchcock. The distribution of a product from several sources to numerous localities. J. Math. Phys., 20:224–230, 1941
3. Труды Международной научно-технической конференции. Т. 2 / под ред. С. А. Прохорова. — Самара: Издательство Самарского научного центра РАН. 2015. — с. 37–41
4. Finding similar documents with Word2Vec and WMD [электронный ресурс] URL: [https://markroxxor.github.io/gensim/static/notebooks/WMD\\_tutorial.html](https://markroxxor.github.io/gensim/static/notebooks/WMD_tutorial.html) (дата обращения 10.12.2017)
5. Matt Kusner, Yu Sun, Nicholas Kolkin, Kilian Weinberger From Word Embeddings To Document Distances // Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, PMLR37:957–966, 2015.

© Сачков Валерий Евгеньевич ( megawatto@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ЛЕЧЕНИЕ ВУЛЬВОВАГИНИТОВ У ДЕВОЧЕК НЕЙТРАЛЬНОГО ПЕРИОДА ЖИЗНИ

## CLINICAL FEATURES AND TREATMENT OF VULVOVAGINITIS IN GIRLS

**F. Abdulazizova**  
**S. Mardonova**  
**M. Kurbanova**  
**G. Bolieva**

*Summary.* The paper describes the results of the survey girls a neutral period of life who were hospitalized in Department of pediatric and adolescent gynecology about vulvovaginitis. Was analyzed the features of the neonatal history: intrauterine infection during pregnancy, premature birth, growth and body mass at birth (the syndrome of delayed fetal development), especially the development of the first year of life and child care. When collecting somatic anamnesis into account information about migrated children's diseases, said the data allergological anamnesis, the presence of pathology of different organs and systems. Special methods of examination: anthropometry, gynecological examination, bacteriological and bacterioscopic investigation of vaginal discharge. Found that vulvovaginitis neutral period of life, as in children under three years of age, and in older age there are the same (49.4% and 50.5%). However, it should be noted that all girls up to 1 year was established synechia vulva that blunt was disconnected. Summing up the analysis of the factors contributing to the persistence of vaginitis in girls, we can say that the unfavorable course of the perinatal period violate the adaptation of the child and may predispose to the occurrence of vulvovaginitis in girls. The presence of persistent and prolonged course of vulvovaginitis in girls in this age group, also due to the presence of somatic pathology of infectious and non-infectious origin allergic background and child care leading to impairment of the protective functions of the mucous membranes of the lower genital tract. A wide range of the drug Polygynax Virgo, no side effects and complications, as well as a comfortable form of introduction ensures high compliance of therapy. Use of the drug Polygynax Virgo would be appropriate as the drug of choice for etiotropic therapy of vaginitis in girls.

*Keywords:* nonspecific vulvovaginitis, girls, polygynax virgo.

**Абдулазизова Фарида Абдурахимовна**  
Аспирант, ГУ НИИ Акушерства, Гинекологии  
и Перинатологии МЗ и СЗН РТ, Таджикистан,  
г. Душанбе  
farida.abdu89@mail.ru

**Мардонова Саломат Махмудмурадовна**  
К.м.н., ГУ НИИ Акушерства, Гинекологии  
и Перинатологии МЗ и СЗН РТ, Таджикистан, г. Душанбе

**Курбанова Муборак Хасановна**  
Д.м.н., профессор, ГУ НИИ Акушерства, Гинекологии  
и Перинатологии МЗ и СЗН РТ, Таджикистан, г. Душанбе

**Болиева Гульнора Ульджаевна**  
К.м.н., с.н.с., ГУ НИИ Акушерства, Гинекологии  
и Перинатологии МЗ и СЗН РТ, Таджикистан, г. Душанбе

*Аннотация.* В работе описываются результаты обследования девочек нейтрального периода жизни, которые находились на стационарном лечении в отделении детской и подростковой гинекологии по поводу вульвовагинита. Были проанализированы особенности перинатально-го анамнеза: внутриутробное инфицирование во время беременности, преждевременные роды, рост и масса тела при рождении (синдром задержки развития плода), особенности развития первого года жизни и ухода за ребёнком. При сборе соматического анамнеза учитывали сведения о перенесенных детских заболеваниях, отмечали данные аллергологического анамнеза, наличие патологии со стороны различных органов и систем. Специальные методы обследования: антропометрия, гинекологический осмотр, бактериологическое и бактериоскопическое исследование вагинальных выделений. Установлено что вульвовагиниты нейтрального периода жизни, как у детей до трехлетнего возраста, так же и в более старшем возрасте встречаются одинаково (49.4% и 50.5%). Однако необходимо отметить, что у всех девочек до 1 года были установлены синехии вульвы, которые тупым путем были разъединены. Подводя итог анализа факторов, способствующих персистенции вульвовагинитов у девочек, можно сказать, что неблагоприятное течение перинатального периода нарушают адаптацию ребенка и могут предрасполагать к возникновению вульвовагинитов у девочек. Наличие упорного и длительного течения вульвовагинитов у девочек данной возрастной группы, также обусловлено наличием соматической патологии инфекционного и неинфекционного генеза, аллергического фона и ухода за ребенком приводящей к нарушению защитной функции слизистых оболочек нижнего отдела генитального тракта. Широкий спектр действия препарата Полижинакс® Вирго, отсутствие побочных реакций и осложнений, а также удобная форма введения обеспечивают высокий комплаенс терапии. Использование препарата Полижинакс® Вирго представляется целесообразным как препарат выбора для этиотропной терапии вульвовагинитов у девочек.

*Ключевые слова:* неспецифический вульвовагинит, девочки, полижинакс вирго.

## Актуальность

**В** структуре гинекологических заболеваний у детей и подростков вульвовагинит занимает одно из первых мест. В нейтральном периоде жизни у девочек их частота достигает 60–70% [4,5]. Высокая частота этой патологии у девочек обусловлена анатомо-физиологической особенностью репродуктивной системы. К ним относятся: избыточная складчатость слизистых оболочек; замедленная пролиферация эпителия влагалища; недостаточное смыкание половых губ в задних отделах. До пубертатного периода из-за низкой эстрогенной насыщенности влагалище девочки имеет щелочную реакцию, поэтому нет условий для существования молочнокислых бактерий. Поэтому в возрасте до 10 лет имеются все условия для существования патогенных микроорганизмов [2, 6,7,9].

Не только бактериальные, но и вирусные агенты могут поражать девочек в возрасте до 8 лет. Частота вирусного поражения вульвы и влагалища составляет 10–25%, преимущественно инфицирование происходит вирусом простого герпеса. Это является следствием снижения иммунитета в этом возрасте [1,9].

Основными симптомами этого гинекологического заболевания являются обильные, иногда гнойные выделения из половых путей, зуд и жжение в области половых органов. Клиническое течение вульвовагинитов в большинстве случаев характеризуется постепенным развитием и склонностью к подострому течению, вследствие чего девочка своевременно не получает лечение и заболевание становится хроническим, что усложняет дальнейшую терапию и способствует возникновению рецидивов заболевания. У некоторых больных с хроническим рецидивирующим вульвовагинитом отмечаются кровяные выделения из половых путей различной интенсивности [2,4,8].

Несмотря на большую распространенность вульвовагинитов у девочек, некоторые вопросы остаются нерешенными. Высокая частота вульвовагинита у девочек в допубертатном возрасте диктует необходимость поиска возможных предпосылок, так как анатомо-физиологические особенности организма девочки не являются единственной причиной вульвовагинита у детей.

Актуальность этой проблемы определяется не только значимой частотой вульвовагинита у девочек, но и тем, что при хронизации воспалительного процесса они могут способствовать нарушению психического состояния ребенка, становления менструального цикла, а также репродуктивной функции в дальнейшем.

## Цель исследования

Изучить клиническое течение вульвовагинитов у девочек нейтрального периода жизни, факторы, способствующие их развитию, а также оценить эффективность и переносимость полижинакса вирго в лечении неспецифического вульвовагинита.

## Материалы и методы

За период 2012–2017 гг. в отделении детской и подростковой гинекологии НИИ АГи П были обследованы 185 девочек в возрасте от 6 мес. до 8 лет. Основную группу составили 95 пациенток с персистирующим вульвовагинитом. Критерием исключения явилось вульвовагиниты, вызванные инфекциями передаваемые половым путем (ИППП). В контрольную группу вошли 90 здоровых девочек. Ретроспективно проанализированы особенности течения беременности и родов, рост и масса тела при рождении, особенности развития первого года жизни и ухода за ребенком (грудное вскармливание, длительность использования памперсов, применение ароматических влажных салфеток и дезинфицирующих средств). При сборе соматического анамнеза учитывали сведения о перенесенных детских заболеваниях, отмечали данные аллергологического анамнеза, наличие патологии со стороны различных органов и систем. Были использованы специальные методы обследования: антропометрия, гинекологический осмотр, опросник по уходу за ребенком, общий анализ мочи, анализ кала на яйца глист, бактериоскопическое и бактериологическое исследование вагинальных выделений.

У 40 девочек основной группы лечение вульвовагинита проводилось с применением препарата Полижинакс® Вирго производства французской компании «Лаборатория Иннотек Интернациональ» и была оценена эффективность этого препарата. Сочетание двух антибиотиков — сульфата неомидина 35 тыс. МЕ (к которому чувствительны коллибациллы, стафилококки, стрептококки) и полимиксина В 35 тыс. МЕ (энтерококки и гемофилис) — с противогрибковым препаратом нистатином 100 тыс. МЕ позволило обеспечить бактерицидное воздействие на широкий спектр грампозитивных и грамотрицательных микроорганизмов, а также фунгицидное и фунгистатическое воздействие. Полижинакс обладает рН 4,8, благодаря чему подкисляет щелочную среду влагалища у девочек. Полижинакс вирго содержит также гель диметилполисилоксана, обладающий обволакивающим действием и способствующий проникновению активных компонентов лекарственного средства в слизистую оболочку влагалища. Преимуществом препарата является также отсутствие в нем гормональных компонентов. Мягкая капсула грушевидной формы позволяет легко вводить препарат девочкам и девушкам без риска

Таблица 1. Распределение девочек нейтрального периода жизни по годам

Возраст, годы	Основная группа n=95		Контрольная группа n=90	
	абс.	%	абс.	%
До 1 года	18	18.9	16	25.0
1–3	29	30.5	29	37.5
3–8	48	50.5	45	37.5

Таблица 2. Течение беременности и родов матерей обследованных девочек

Особенности анамнеза	1 группа (основная) n =95		2 группа (контрольная) n=90	
	Абс.	%	Абс.	%
Дородовой разрыв плодных оболочек	35	37,1	14	15,1
Преждевременные роды	25	26,3	5	5,5
Запоздалые роды	21	22,4	4	4,1
Гипертензивные осложнения	12	12,6	0	
СЗРП при рождении	30	31,4	10	11,1
Крупный плод	43	43,2	14	15,1

Таблица 3. Структура соматической патологии обследуемых девочек

Соматическое заболевание	1 группа (основная) n = 95		2 группа (контрольная) n =90	
	Абс.	%	Абс.	%
Заболевания ЖКТ (энтероколиты, выпадение прямой кишки, диарея неясной этиологии)	32	33,4	14	15,4
Заболевания верхних дыхательных путей (тонзиллит, ларингит, аденоиды, ринит)	34	35,2	12	13,3
Заболевания мочевыделительной системы (пиелонефрит, цистит, мочеислый диатез)	13	13,4	4	4,2
Диатез	31	33,9		
Дисбактериоз	18	18,5	8	8,3
Анемия	29	30,4	2	2,2
Глистная инвазия	38	40,1	12	13,1
Детские инфекции (более 2-х инфекций (корь, краснуха, паротит, ветрянка)	42 й	44,2	19	17,4

повреждения девственной плевы. Необходимо отрезать заостренный кончик капсулы ножницами и, сдавливая ее, инсталлировать содержащуюся в ней лекарственную суспензию в преддверие влагалища и во влагалище. Динамика клинических симптомов (зуд вульвы, наличие патологических белей, гиперемия преддверия влагалища, отек половых губ) оценивалась на 3-й и 7-й день терапии, а также через месяц после окончания лечения.

### Результаты и обсуждение

Распределение девочек по возрастам показало, что вульвовагиниты нейтрального периода жизни, как у детей до трехлетнего возраста, так же и в более старшем возрасте встречаются одинаково (49.4% и 50.5%). Одна-

ко необходимо отметить, что у всех девочек до 1 года были установлены синехии вульвы, которые тупым путем были разъединены.

При анализе перинатального анамнеза (табл. 2) было выявлено, что в 1-й (основной) группе в 2 раза чаще было диагностировано внутриутробное инфицирование (дородовой разрыв плодных оболочек) по сравнению со 2-й (контрольной) группой (37,1±4,7% против 15,1±3,7%), достоверно чаще были преждевременные роды (26,3±4,2% против 5,5±2,4%). В 1-й группе обращает на себя внимание значительная доля рождения детей как с малой массой тела (31,4±4,9% против 11,1±3,2%), так и с большой (20,4±4,1% против 6,5±2,6%). В основной группе чаще выявлены те или иные нарушения правил

Таблица 4. Разновидность микроорганизмов, высеянных из влагалищных содержимых девочек

Возбудитель	Количество	%
Staphylococcus epidermis III–IV ст. обсеменения	78	79,6
Staphylococcus aureus	19	19,4
Escherichia coli	92	93,8
Streptococcus haemoliticus	29	29,6
Streptococcus faecalis	34	34,7
Eubacteridium	32	32,3
Clostridium	58	59,2
Peptococcus	63	64,3
Грибы рода Candida	92	93,8

ухода за ребенком ( $42,1 \pm 4,1\%$  против  $8,2 \pm 2,9\%$ ). Кроме того, в группе девочек с вульвовагинитами в 23,1% случаев встречались синехии вульвы, которые были разъединены тупым путем и затем начата терапия. В табл. 2 представлено течение беременности и родов матерей обследованных девочек.

Пациентки были обследованы смежными специалистами, что позволило установить у них следующую соматическую патологию (табл. 3).

Как видно из представленных данных, у большинства обследованных выявлена та или иная патология. Наиболее часто вульвовагиниты развиваются на фоне заболеваний желудочно-кишечного тракта ( $35,2 \pm 2,4\%$ ), хронического тонзиллита ( $35,2 \pm 2,4\%$ ), диатеза ( $33,9 \pm 3,2\%$ ), энтеробиоза ( $40,1 \pm 2,4\%$ ). Кроме того, отмечена высокая частота острых респираторных заболеваний и детских инфекций ( $44,2 \pm 2,4\%$ ).

Бактериологическое исследование влагалищного содержимого позволило выявить обсеменение следующими микроорганизмами (табл. 4).

Моновозбудитель отмечен только у 36% больных, а у 64% имела место ассоциация микроорганизмов, и более чем у половины из них в сочетании входили грибы рода Candida. Высока частота обсеменения вульвы и влагалища условно патогенной микрофлоры, которая проявлялась как патогенная.

Терапия вульвовагинита у девочек была направлена на устранение действия предрасполагающих факторов, подавление патогенной и восстановление нормальной микрофлоры влагалища. С этой целью терапия включало 3 этапа:

1 этап — разъединение синехий и удаление слизи и гноя с поверхности слизистой оболочки вульвы и влагалища. Для этого назначали сидячие ванночки с отваром вяжущих трав (кора дуба, зверобой, ромашка), про-

мывание вульвы и влагалища растворами антисептиков (хлоргексидин, фурациллин, раствор перманганата калия).

2 этап — антибиотикотерапия, введение во влагалище детских свечей Полижинакс вирго в течение 10–14 дней.

3 этап — витаминотерапия и лечение соматической патологии.

Следует подчеркнуть, что терапия девочек до трехлетнего возраста в 83% случаев ограничилась 1 этапом. Остальным девочкам этой возрастной группы (17%) и девочкам 3–8 лет (40 девочек) параллельно проводили 3 этапа терапии. При применении такого курса терапии, на 3-й день использования, отмечалось исчезновение зуда, жжения, уменьшение объема влагалищного отделяемого у 23 (76,7%) пациенток. Сразу после окончания местной терапии симптомы купировались у 37 (92,5%) девочек, а стойкая ремиссия сохранялась у них и через месяц после проведенного лечения. Тем не менее, у 3 (7,5%) пациенток, несмотря на уменьшение клинических симптомов, все же при визуальном осмотре сохранялась умеренная гиперемия преддверия влагалища — это были девочки с патологией мочевыделительной системы (мочекислый диатез). Что касается соблюдения продолжительности курса терапии, то, со слов матерей девочек, все полностью завершили назначенный курс и отметили удобство применения данного препарата.

## Заключение

Таким образом, установлено, что вульвовагиниты нейтрального периода жизни, как у детей до трехлетнего возраста, так же и в более старшем возрасте встречаются одинаково (49,4% и 50,5%). Однако необходимо отметить, что у всех девочек до 1 года были установлены синехии вульвы, которые тупым путем были разъединены. Подводя итог анализа факторов, способствующих персистенции вульвовагинитов у девочек, можно сказать,

что неблагоприятное течение перинатального периода нарушают адаптацию ребенка и могут предрасполагать к возникновению вульвовагинитов у девочек. Наличие упорного и длительного течения вульвовагинитов у девочек данной возрастной группы, также обусловлено наличием соматической патологии инфекционного и не-

инфекционного генеза, аллергического фона и ухода за ребенком приводящей к нарушению защитной функции слизистых оболочек нижнего отдела генитального тракта. Использование препарата Полижинакс® Вирго представляется целесообразным как препарат выбора для этиотропной терапии вульвовагинитов у девочек.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анкирская А. С., Муравьева В. В., Уварова Е. В., Султанова Ф. Ш. Критерии нормоценоза влагалища у девочек. Журнал микробиол. эпидемиол 2011; 4: 4–7.
2. Батырова З. К. Клинико-патогенетическое обоснование дифференцированного лечения рецидивирующих сращений малых половых губ в периоде раннего детства: диссертация ... Москва, 2014. — 143 с.
3. Батырова З. К., Уварова Е. В., Намазова-Баранова Л.С., Латыпова Н. Х. Клинико — анамнестические особенности девочек с рецидивом сращения малых половых губ: факторы риска. Репродуктивное здоровье детей и подростков. Научно- практический журнал. — 2014. — № 2. — С. 20–27.
4. Богданова Е. А. Воспалительные заболевания вульвы и влагалища у девочек. Гинекология 2010; 1: 3: 86–89.
5. Курбанова М. Х., Мурадова Д. Б. Особенности диагностики и ведения девочек с преждевременным телархе. Мать и дитя 2012; № 1: с. 24–26.
6. Мардонова С. М., Собинова Г. Оценка данных ультразвуковых исследований органов малого таза девочек и девушек с паразитарными инфекциями. Журнал «Мать и дитя». — Душанбе, 2013. — № 3–4. — С. 44–48
7. Уварова Е. В., Батырова З. К. Физиология и патология наружных половых органов у девочек в периоде детства. Репродуктивное здоровье детей и подростков 2012. -№4. -С.35–50.
8. Уварова Е. В., Батырова З. К. Гигиена девочек: путь в три шага от новорожденности до самостоятельности. Переход к самостоятельной гигиене. Репродуктивное здоровье детей и подростков; Научно-практический журнал. — 2013. № 5. — С. 74–79
9. Хурасева А. Б. Факторы риска персистенции вульвовагинита у девочек и оптимизация терапии. Репродуктивное здоровье детей и подростков. — 2014. — № 3. — С. 45–50.

© Абдулазизова Фариды Абдурахимовна ( farida.abdu89@mail.ru ), Мардонова Саломат Махмудмурадовна,  
Курбанова Муборак Хасановна, Болиева Гульнора Ульджаевна.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Главное здание министерства здравоохранения, Таджикистан

# ДВС-СИНДРОМ У БЕРЕМЕННЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОГЕНЕЗА, ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ, ТЕРАПИИ, МЕТОДАМ ПРОФИЛАКТИКИ

## DIC-SYNDROME IN PREGNANT WOMEN: MODERN ASPECTS OF PATHOGENESIS, APPROACHES TO DIAGNOSIS, THERAPY, PREVENTION METHODS

**K. Albakova  
M. Albakova  
L. Bogatyreva  
F. Ausheva**

*Summary.* The article presents modern data on the etiology and pathogenesis of DIC, risk factors for DIC in pregnant women. The necessity of complex diagnostics of DIC syndrome, which consists of the picture of the main disease, clinical manifestations and laboratory tests, is shown. The diagnostic and prognostic role of laboratory indices of hemostasis system, allowing to determine effective therapy of DIC-syndrome in pregnant women, is demonstrated.

*Keywords:* DIC syndrome, hemostasis, pregnancy.

**Албакова Хадижет Асхабовна**

*Педиатр, старший преподаватель, Ингушский государственный университет, РФ, Республика Ингушетия, г. Магас  
Khadizhet.albakova@mail.ru*

**Албакова Мадина Хасолтановна**

*Педиатр, к.м.н., доцент, Ингушский государственный университет, РФ, Республика Ингушетия, г. Магас.*

**Богатырева Лидия Николаевна**

*Гинеколог, к.м.н., Ингушский государственный университет, РФ, Республика Ингушетия, г. Магас.*

**Аушева Фатима Хаваж-Багаудиновна**

*Педиатр, к.м.н., Ингушский государственный университет, РФ, Республика Ингушетия, г. Магас.*

*Аннотация.* В статье представлены современные данные об этиологии и патогенезе ДВС-синдрома, факторы риска возникновения ДВС-синдрома у беременных. Показана необходимость комплексной диагностики ДВС-синдрома, которая складывается из картины основного заболевания, клинических проявлений и лабораторных тестов. Продемонстрирована диагностическая и прогностическая роль лабораторных показателей системы гемостаза, позволяющая определить эффективную терапию ДВС-синдрома у беременных.

*Ключевые слова:* ДВС-синдром, гемостаз, беременность.

**Д**иссеминированное внутрисосудистое свертывание (ДВС-синдром) является довольно распространенной патологией гемостаза во время беременности. ДВС-синдром является процессом активного вымывания тромбопластина, являющимся внешним стимулятором процесса коагуляции из тканей и органов, приводящим к нарушению свертываемости крови. Основопологающими в развитии учения о ДВС-синдроме в акушерстве явились исследования, проведенные американским ученым Donald G. McKay [6], согласно которому в основе нарушений, приводящих к развитию осложнений беременности, лежит внутрисосудистое свертывание, отложение фибриновых депозитов, что, по мнению ученого, вызвано механизмом, аналогичным феномену Санарели-Шварцмана. С позиции общепатологической проблемы ДВС-синдром стал изучаться в середине XX века. С этих позиций учение о ДВС-синдроме получило развитие в трудах М.С. Мачабелли [3], раскрывшей важнейшие причинно-следственные молекулярные механизмы и связи, которые были объединены в отдельный синдром, названный тромбогеморрагическим синдромом, обоснована стадийность течения данного синдрома.

Современные теоретические представления, которые опираются на новейшие исследования в области биологии и медицины позволили совершенствовать представление о патогенезе ДВС. ДВС-синдром определяется Международным обществом тромбоза и гемостаза как приобретенный синдром, характеризующийся внутрисосудистой активацией коагуляции без специфической локализации и возникающий из-за различных причин, который может развиваться вследствие повреждения микрососудистого русла; при тяжелом повреждении ДВС может вызвать полиорганную дисфункцию. Согласно данному определению в патогенезе ДВС-синдрома центральная роль отводится эндотелиальным клеткам, клеткам крови и коагуляционным белкам плазмы.

Были определены важнейшие признаки ДВС-синдрома А.Д. Макацария, О.Ю. Панфиловой. ДВС — это синдром, но не болезнь или симптом, который является промежуточным механизмом заболеваний. ДВС — это синдром является приобретенным синдромом, который характеризуется активацией системы гемостаза вплоть до превращения фибриногена в фибрин. ДВС-синдром

является пусковым механизмом, запускающим кругооборот факторов свертывания крови, характеризуется ускорением катаболизма. ДВС-синдром — это не только диссеминированное «распространение» процесса физиологического свертывания, это пусковой механизм, который обеспечивают ряд хорошо отрегулированных и сбалансированных взаимодействий между тромбоцитами, протеазами плазмы, ингибиторами протеаз, кофакторами ферментов и различными клетками, результатом чего является контролируемое формирование и, в дальнейшем, разрушение локализованного тромбоцит-связанного фибринового геля [2, с. 26].

Факторами риска возникновения ДВС-синдрома в акушерстве являются: эмболия околоплодными водами, шок (геморрагический, анафилактический, септический), отслойка плаценты, преэклампсия тяжелой степени, эклампсия, сепсис, септический аборт, синдром массивной гемотрансфузии, трансфузия несовместимой крови, внутриутробная смерть плода, внематочная беременность, операция кесарева сечения, экстрагенитальные заболевания беременной (пороки сердца, злокачественные новообразования, сахарный диабет, тяжелые заболевания почек и печени).

ДВС-синдром, по мнению Bick Rodger L., Hoppensteadt D. [5], является важным звеном патогенеза многих патологических состояний и экстрагенитальных заболеваний, сопутствующих беременности. Это связано с тем, что беременность, роды и осложнения послеродового периода создают предпосылки активации системы гемостаза и преморбидный фон тромбогеморрагических осложнений. В акушерстве представлены почти все основные нарушения свертывания крови, характерные для той или иной формы ДВС-синдрома, наиболее распространенными из которых являются хронические формы ДВС-синдрома, которые развиваются при гестозах, эндометрите, мастите, плацентарной недостаточности. Подострые формы ДВС-синдрома чаще имеют место при сепсисе, преэклампсии, длительной задержке мертвого плода в матке, при декомпенсированных пороках сердца и других экстрагенитальных заболеваниях. Острые формы ДВС-синдрома чаще развиваются в результате эмболии околоплодными водами, преждевременной отслойке нормально расположенной плаценты, септического шока и шока любой другой этиологии, а также посттрансфузионных осложнений.

Патогенез ДВС-синдрома у беременных имеет фазное течение.

Первая фаза ДВС-синдрома характеризуется декомпенсированной активацией гемостатической системы. На этой фазе клинических симптомов и признаков потребления компонентов системы гемостаза не обнару-

живается. АЧТВ, ТВ, количество тромбоцитов в пределах нормы. Уровни маркеров активации и энзим-ингибиторных комплексов повышаются (F1+2, ТАТ). Отмечается незначительное снижение уровней АТIII. Тесты демонстрируют активацию коагуляции.

Вторая фаза ДВС-синдрома является фазой декомпенсированной активации системы гемостаза, которая соответствует подострой форме клинического течения ДВС-синдрома. Главные признаки этой фазы: начальные проявления коагулопатии и тромбоцитопатии потребления. В акушерстве эта фаза ДВС-синдрома может встречаться при гестозах тяжелой степени, неразвивающейся беременности, сепсисе и септическом шоке. В этой фазе характерна нестабильность гемостаза и возможность спровоцировать геморрагические осложнения; кровотечения из раневых поверхностей и мест пункций вен, а также снижение функций органов (почек, легких, печени); постоянное снижение количества тромбоцитов и факторов коагуляции, постоянное повышение маркеров активации гемостаза и тромбофилии, в том числе и энзимингибиторных комплексов. Пролонгируется АЧТВ и ПВ. Тромбиновое время в пределах нормы. Концентрация АТIII постоянно снижается. Отмечается повышение уровней F1+2, ТАТ, ПДФ, Д-димера, РКМФ.

Развернутая фаза ДВС-синдрома соответствует острой форме ДВС-синдрома. В этой фазе характерна глубокая декомпенсация системы гемостаза, сопровождающаяся массивными множественными геморрагиями разной локализации наравне с мультиорганной недостаточностью. В акушерстве эта фаза возможна при переходе II фазы ДВС в III при гестозе, осложнившимся преждевременной отслойкой нормально расположенной плаценты, септическом шоке. Основной причиной развития острого ДВС-синдрома являются системные микроциркуляторные расстройства, которые приводят к дисфункции органов с интенсивным кровоснабжением, а это наиболее жизненно важные органы и системы: ЦНС, сердце, легкие, печень, почки, эндокринные железы. Вначале эти изменения могут носить компенсированный характер, затем в зависимости от динамики патологического процесса субкомпенсированный и декомпенсированный характер [3; 7].

Развитие острой фазы ДВС-синдрома у беременных возможно в результате эмболии околоплодными водами, при отслойке подлежащей плаценты и шоках разной этиологии, сопровождающихся выраженной активацией системы гемостаза без предшествующих I и II фаз ДВС. Выявляется экспрессия потребления гемостатических компонентов. Значительно пролонгируется ПВ, ТВ и АЧТВ. Возможно полное несвертывание исследуемой крови, количество тромбоцитов уменьшается до 40% от исходного уровня. Уровни фибриногена, АТIII, факто-

ров коагуляции снижаются до 50% от исходных показателей. В наличии резко выраженное повышение F1+2, ТАТ, ПДФ, РКМФ и Д-димера.

Лечение острого и подострого ДВС-синдрома включает в себя:

1. Этиотропные, направленные на быстрое и возможно более раннее устранение причины ДВС-синдрома, в том числе методами хирургической коррекции, антибактериальной терапией и, при необходимости, этапным плазмаферезом. Эффективное и раннее лечение основного (фонового) патологического процесса.

2. Ранние и повторные трансфузии больших количеств свежезамороженной плазмы — СЗП для замещения убыли физиологических антикоагулянтов, плазминогена и факторов свертывания. Терапия СЗП в настоящее время является общепринятым базисным методом патогенетической терапии острого и подострого ДВС-синдрома [1].

В настоящее время, как отмечают А. П. Момот, А. Н. Мамаев, при лечении острого и подострого ДВС-синдромов большинство авторов не прибегает к рекомендовавшейся ранее гепаринотерапии, поскольку она нередко усиливает тенденцию к кровоточивости, не оказывая существенного влияния на течение и исходы острого и подострого ДВС-синдрома. Вместе с тем гепарин усиливает и ускоряет снижение содержания в крови антитромбина III и потенцирует агрегацию тромбоцитов [4, с. 68]. При ДВС-синдроме эффективность гепарина не была доказана ни в одном исследовании, поэтому данная группа антикоагулянтов используется строго для профилактики венозных тромбоэмболических осложнений после устранения угрозы кровотечения. Также следует учитывать противопоказания к применению гепарина в акушерской практике: при неустранившем источнике кровотечения, при тяжелой преэклампсии/эклампсии, при эмболии амниотической жидкостью, при HELLP-синдроме и остром жировом гепатозе, при отслойке плаценты, при предлежании плаценты, при тромбоцитопении менее  $75 \cdot 10^9/\text{л}$ , при врожденных коагулопатиях. Побочные эффекты гепарина в виде кровотечения значительно очевиднее сомнительного положительного эффекта. При варианте ДВС-синдрома с микротромбообразованием (тяжелый сепсис, септический шок) применение гепарина не показало своей эффективности для предотвращения полиорганной недостаточности.

Диагностика ДВС-синдрома в обязательном порядке складывается из картины основного заболевания, клинических проявлений и лабораторных тестов. Для диагностики ДВС-синдрома в акушерстве целесообразно использовать шкалу Japanese Society of Obstetrics

and Gynecology, 2014, которая учитывает особенности основного заболевания, клинических симптомов, органной недостаточности и лабораторных исследований. Эта шкала объединяет клинические ситуации с преобладанием кровотечения и ситуации с преобладанием микротромбоза и органной недостаточности. Подобный комплексный подход должен использоваться врачом акушером-гинекологом и врачом анестезиологом-реаниматологом для диагностики ДВС-синдрома и выбора лечебной тактики применения заместительной терапии компонентами крови или физиологическими антикоагулянтами. С учетом особенностей системы гемостаза во время беременности предложены и другие модифицированные шкалы ISTH ДВС-синдрома: Шкала явного (с кровотечением) ДВС-синдрома International Society on Thrombosis and Hemostasis, модифицированная шкала ДВС-синдрома Erez O. et al. в акушерстве.

Диагностика затруднена при латентных вариантах течения ДВС-синдрома, при которых клинические признаки могут отсутствовать. В этом случае диагностика осуществляется исключительно на основании специальных методов исследования. При хроническом течении ДВС-синдрома, например, при нефропатии беременных, при беременности у лиц с ревматическими пороками сердца и нарушением кровообращения, клинические нарушения, обусловленные диссеминированным внутрисосудистым свертыванием, могут оказаться нераспознанными ввиду огромной приспособляемости организма и функциональным резервом жизненно важных органов беременной. Клинически идентифицировать хронические формы ДВС-синдрома без специальных исследований системы гемостаза очень трудно.

Роль клинико-лабораторной диагностики, по мнению А. П. Момот, А. Н. Мамаева, в диагностике ДВС-синдрома представляется важной для уточнения тяжести и этапа развития данного синдрома — по степени потребления основных компонентов системы гемостаза — тромбоцитов, фибриногена, физиологических антикоагулянтов — АТ III и протеина С, а также в подборе и оценке эффективности проводимой терапии. В отдельных случаях при подостром течении ДВС-синдрома роль лабораторной диагностики по известным критериям представляется определяющей, особенно в тех случаях, когда клинические его признаки (ПОН, кровоточивость) еще мало выражены или запаздывают [4]. На современном этапе основными задачами клинико-лабораторной диагностики ДВС-синдрома должны являться прогнозирование возможных срывов адаптивных механизмов системы гемостаза и прогнозирование осложнений, связанных с развитием и прогрессированием ДВС-синдрома. При этом необходимо учитывать наличие преморбидного фона для развития патологической активации тромбогенеза: доклинических нарушений адаптивных механизмов системы гемостаза во время бе-

ременности и скрытых врожденных дефектов тромбофилической направленности.

Отметим, что ДВС-синдром характеризуется сложными механизмами развития, разнообразием клинических

проявлений, что затрудняет выделение точных диагностических критериев, трудности в его распознавании и лечении. Между тем, ранняя диагностика ДВС-синдрома и нарушений гемостаза особенно важна, поскольку она определяет тактику лечения и исхода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баркаган З.С. Гемостаз// Руководство по гематологии в 3 тт. Т. 3./ Под редакцией А. И. Воробьева.— 3-е изд., перераб. и доп.— М., Ньюди-мед., 2005.— С. 9–147.
2. Макацария А.Д., Панфилова О. Ю. К вопросу о ДВС-синдроме в акушерстве: новое о старом // Акушерство и гинекология. Эндокринология. 2010.— № 4 (43)— С. 25–37.
3. Мачабели М. Коагулопатические синдромы.— М.: Медицина, 1970.— 304 с.
4. Момот А.П., Мамаев А. Н. Современные аспекты патогенеза, диагностики и терапии ДВС-синдрома//Клиническая онкогематология. 2008.— 1(1).— С. 63–71.
5. Bick Rodger L., Hoppensteadt D. Disseminated intravascular coagulation in obstetrics, pregnancy, and gynecology: Criteria for diagnosis and management Hematological Complications in Obstetrics, Pregnancy, and Gynecology, ed. R. L. Bick et al. Published by Cambridge University Press.— Cambridge University Press 2006.
6. McKay D. GDIC An Intermediary Mechanism of Disease.— New York, Harper-Hoeher, 1965.— p. 493.
7. Marsh R., Nadel E. S., Brown D. F. Multisystem organ failure. J Emerg Med. 2005.— 29(3) — p. 331–334.

© Албакова Хадижет Асхабовна ( Khadizhet.albakova@mail.ru ), Албакова Мадина Хасолтановна ,  
Богатырева Лидия Николаевна, Аушева Фатима Хаваж-Багаудиновна.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ингушский государственный университет

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ПРОТЕЗИРОВАНИЮ БОЛЬНЫХ, ИМЕЮЩИХ НИЗКИЕ ИЛИ РАЗРУШЕННЫЕ КЛИНИЧЕСКИ КОРОНКИ ЗУБОВ

## MODERN METHODS AND APPROACHES TO PROSTHETICS OF PATIENTS WITH LOW OR DESTROYED CLINICAL CROWNS OF THE TEETH

*S. Bazanov*

*Summary.* The paper deals with modern methods and approaches to prosthetics of patients with low or destroyed clinically dental crowns. Quite topical today is the preservation of the teeth with destroyed crown part of the teeth or that such part lost. It is very important for milking in order to restore the broken unity of morphological and functional dentition. Accordingly, modern methods of treatment of patients with low or destroyed crowns are of particular interest today. This problem is widely covered in both domestic and foreign literature, the analysis of which indicates that there is no common opinion about the tactics of treatment of patients with the above pathologies, respectively, today is constantly searching for new methods of prosthetics of dental crowns in such patients.

*Keywords:* low tooth crown destroyed clinical crown of the tooth prosthesis.

**Базанов Семён Олегович**

ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. академика И. П. Павлова  
Минздрава России  
medicinak@bk.ru

*Аннотация.* В работе рассматриваются современные методы и подходы к протезированию больных, имеющих низкие или разрушенные клинически коронки зубов. Сегодня достаточно актуальным является сохранение зубов, имеющих разрушенную коронковую часть или зубов, которые такую часть утратили. Это очень важно для того, чтобы восстановить нарушенное морфофункциональное единство зубных рядов. Соответственно, сегодня особый интерес представляют современные методы лечения больных, имеющих низкие или разрушенные коронки. Указанная проблема широко освещается как в отечественной, так и в зарубежной литературе, анализ которой свидетельствует о том, что единое мнение о тактике лечения больных с вышеотмеченными патологиями отсутствует, соответственно, на сегодня постоянно ведется поиск новых методов протезирования зубных коронок у таких больных.

*Ключевые слова:* низкие коронки зуба, разрушенные клинические коронки зуба, протезирование.

**Н**изкие и разрушенные клинически коронки опорных зубов — это всегда сложные и трудно поддающиеся лечению случаи. Авторы отмечают, что количество пациентов, имеющих низкие или клинически разрушенные коронки зубов, составляет 17,8% от общего количества обратившихся, а по данным зарубежных авторов — 15,2%. Также в литературе исследована распространенность причин, которые влекут за собой подобную патологию [4]. Разрушение коронковой части зуба может происходить под воздействием кариозного процесса твердых тканей зуба, повышенной стираемости, травмы, необходимости сошлифовывания врачом окклюзионной поверхности зубов по причине вертикальных деформаций, избыточного препарирования и увеличения конусности культи, в следствие чего возникает укорочение или разрушение клинической коронки зуба. Основными среди указанных причин являются кариес и травма.

Высота клинических коронок зубов уменьшается в том случае, когда имеет место повышенная стираемость твердых тканей зуба, следствием которой является комплекс морфологических и функциональных нарушений зубочелюстной системы. По мысли ряда ис-

следователей, повышенная стираемость зубов наблюдается у пациентов в диапазоне от 5,2% до 18,8%, при этом с возрастом она увеличивается 42,5% [7].

Но низкую клиническую коронку нельзя считать только результатом стирания твердых тканей зуба, она также может иметь место при нарушении процесса его прорезывания, патологического увеличения тканей пародонта вокруг зуба. В литературе отмечено, что высота культи коронки менее 5 мм (считается низким уровнем) в области моляров встречается в 33,4% случаев, премоляров — в 9,1%, а у фронтальной группы зубов — в 6,6% случаев [6].

Сегодня для того, чтобы изготовить литые культевые штифтовые вкладки, пользуются двумя способами: прямым (внутриротовым) и косвенным (внеротовым), при этом, большая часть авторов отмечает высокую эффективность именно косвенного способа. Подготовив корневой канал, выполняют двухслойный оттиск с помощью силиконовых оттискных масс. У данного способа есть ряд достоинств: задается топография положения культи относительно зубного ряда, а в том случае, если

изготавливается нескольких литых культовых штифтовых вкладок, достигается параллельность между ними. Однако у данного способа отмечается ряд недостатков, к которым относят деформацию формы штифтовой части на оттисках (устранение возможно, если используются стандартные заготовки), усадку оттискового материала [8]. В оттисковой ложке осуществляется замес и укладка базисной силиконовой массы. Ложку вводят в полость рта, центрируют, прижимают и фиксируют, получая, таким образом, первый оттиск.

На первом оттиске удаляют ретенционные пункты, создают пути оттока излишков корригирующей массы, создают депо (в области необходимого зуба), чтобы предотвратить деформацию штифтиков которые необходимо ввести будут вводиться в канал, чтобы получить корригирующий слой оттиска. После этого получают корригирующий или уточняющий слой, а полость зуба и корневые каналы заполняют корригирующей массой [5].

На основе полученных оттисков в лаборатории производят отливку гипсовых моделей, отображающих полость препарированного зуба и внутреннюю поверхность корневых каналов. Зубным техником моделируется культовая штифтовая вкладка на полученной модели из воска или беззольной пластмассы, которая потом заменяется на металл. Полученная металлическая литая культовая штифтовая вкладка припасовывается врачом и фиксируется в полости рта на зуб.

При прямом способе изготовления культовой штифтовой вкладки корень зуба, которые заранее готовят для культовой штифтовой вкладки, изолируют от слюны; осуществляют освобождение корневого канала от опилок и увлажнение его ватной турундой; производят разогрев палочки моделировочного воска до пластичного состояния, после чего его вводят в подготовленный корневой канал до полного заполнения последнего. Через воск в корневой канал производят введение заранее подготовленного металлического или пластмассового штифта толщиной 1–1,5 мм. Затем производят моделирование искусственной культы штифтовой вкладки, форму которой определяет будущая искусственная коронка [4].

В обоих способах необходимо проведение тщательного рентгенологического и клинического обследования зуба, упреждающего изготовление литой культовой штифтовой вкладки. Необходимо проведение терапевтического лечения и пломбирования верхушечной трети корневого канала, при этом, экономно срезаются разрушенные и размягченные ткани (эмаль, дентин) до уровня плотных тканей зуба, при этом по возможности создается ровная поверхность культы для лучшего прилегания штифтовой вкладки к ней. Подготовка канала начинается следующим образом: сначала раскрывается и рас-

ширяется устье с учетом средних данные о параметрах корневого канала и толщины его стенок на разном уровне (пришеечном, среднем и верхушечном). В результате подготовки корневые каналы к должны приобрести цилиндрическую или коническую форму.

В качества важного фактора, обеспечивающего успех при изготовлении культовых штифтовых вкладок с использованием косвенного метода, выступает качество оттиска, получение которого производят с использованием силиконовых оттисковых масс. Она представляет собой цельнолитую конструкцию, включающую искусственную культу коронковой части зуба и внутрикорневой штифт (штифты). Корни зубов, которые будут выступать в качестве опоры штифтовых конструкций, должны отвечать ряду требований:

- ◆ должны быть хорошо проходимы на протяжении, равном длине штифта;
- ◆ иметь длину превышающую высоту будущей коронки;
- ◆ околоверхушечную часть корневого канала необходимо хорошо запломбировать;
- ◆ должны отсутствовать признаки острого или хронического воспаления верхушечного пародонта;
- ◆ у стенок должна быть достаточная толщина (не менее 2 мм) для противостояния жевательному давлению, передаваемому через штифт;
- ◆ выступающая часть корня должна быть твердой, не допускается поражение ее кариесом;
- ◆ корень зуба должен быть устойчив [5].

Штифтовые конструкции не применяются в случае патологических изменений в периапикальных тканях; коротких корней с истонченными стенками; непроходимости корневых каналов; атрофии костной ткани альвеолярного отростка у корня на 3/4 и более; разрушения корня более чем на 1/4 его длины; дефекта стенок корня, равного или большего 1/4 величины корня. Основными показаниями к применению штифтовых конструкций является восстановление коронковой части зуба в случае ее полного отсутствия или значительного разрушения, а также для опоры мостовидного протеза.

При изготовлении штифтовых конструкций может возникнуть ряд осложнений. Такие осложнения могут возникнуть, если:

- ◆ не соблюдаются показания к протезированию штифтовыми конструкциями;
- ◆ неправильно выбрана конструкция;
- ◆ нерационально использована длина корневого канала;
- ◆ нарушена топография оси корневого канала;
- ◆ чрезмерно расширен корневой канал;
- ◆ некачественно заполнено ложе для штифта цементом;

- ◆ имеет место некачественная obturация корневых каналов;
- ◆ присутствует перфорация корня и пр. [4].

К наиболее распространенным ошибкам относят недооценку противопоказаний, а также использование культевой штифтовой вкладки на неустойчивый и короткий корень, истонченные стенки корня зуба.

Также могут возникнуть осложнения во время подготовки корневого канала, касающиеся нерационального использования длины корневого канала, нарушения топографии оси корневых каналов, чрезмерного расширения корневого канала, перфорации стенок корня. При неточном снятии оттиска конечный результат может также быть нежелательным. Оттиск должен быть точным изображением особенностей строения твердых тканей зуба и слизистой оболочки полости рта.

Ошибки, которые также могут повлечь за собой осложнения, также могут возникнуть на этапе моделирования литой культевой штифтовой вкладки из воска. К таким ошибкам относят расцементировку искусственной коронки, если имеет место чрезмерная конвергенция стенок культы вкладки по направлению к окклюзионной поверхности, низкая культа, отсутствие дополнительной полости для ретенции искусственной коронки. Если имеет место неточная моделировка или литье культевой штифтовой вкладки, могут быть трудности в процессе припасовки в случае усадки или недолива металла.

Если не соблюдены показания к протезированию, неправильно выбрана конструкция протезов, то может возникнуть функциональная перегрузка, при которой сдавливается сосудисто-нервный пучок, нарушается трофика, следствием чего может стать расширение периодонтальной щели, рассасывание костной ткани лунки в зоне чрезмерного давления, развитие травматического периодонтита, нарушение устойчивости зуба. К наиболее тяжелым осложнениям относят раскол корня зуба, восстановление которого осуществлено за счет штифтовой культевой вкладки. Подобный раскол — это следствие перегрузки зуба в случаях, когда возникает повышенная стираемость твердых тканей, аномалии прикуса, бруксизм, значительное истончение стенок корневого канала в процессе его препарирования в пришеечной области [2].

Если неправильно выбрать саму конструкцию и форму штифта, то также возможен раскол корня. Часто осложнения в виде переломов корня зуба возникают в процессе восстановления разрушенных зубов, имеющих искривленные корни, если не удастся изготовить внутрикорневую часть штифта с достаточной длиной.

Также возникновение осложнений может иметь место после фиксации литой культевой штифтовой вкладки, выступающей основой для протезирования различными видами коронок. Наиболее распространенным видом несъемного протезирования являются коронки и мостовидные протезы, однако эффект их часто бывает довольно низок, так как он не всегда способен обеспечить надежную и долговременную фиксацию при низкой клинической коронке опорного зуба. В качестве причин поломки фарфоровых или пластмассовых коронок на культевой штифтовой вкладке выделяют патологическую стираемость, парафункции жевательных мышц, возникновение напряжений в искусственной коронке. Возникновение воспалительных изменений связывают с неплотным охватом шейки зуба или с глубоким продвижением коронки под десну. Подобное осложнение часто возникает при использовании пластмассовых коронок (во влажной среде полости рта пластмасса набухает и давит на десну) [7].

Таким образом, на основе анализа литературных источников, исследующих изготовление и использование культевых штифтовых вкладок и искусственных коронок можно заключить, что самый надежный метод для восстановления зубов с низкими и разрушенными клиническими коронками — это изготовление на них литой культевой штифтовой вкладки с искусственной коронкой. Но дискуссия в рамках вопроса, касающегося восстановления зубов и зубных рядов с разрушенными и низкими клиническими коронками продолжается до сих пор. В качестве перспективного направления при решении указанной проблемы можно выделить дальнейшее совершенствование «классических» конструкций культевой штифтовой вкладки и искусственной коронки. За счет конструирования оптимальной формы культы с ретенционными элементами и учета анатомических особенностей конкретной группы зубов возможно повышение надежности фиксации, а также продление сроков службы искусственных коронок у пациентов, имеющих разрушенные и низкие клинические коронки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов С.Д., Булгакова Д. М., Гришкина М. Г., Расулов М. М. Зубопротезная техника: Учебник для медицинских училищ и колледжей. — М.: ГЭОТАР - Медиа, 2013. — 145 с.
2. Верстаков Д.В., Колесова Т. В., Дятленко К. А. Клинические аспекты одонтопрепарирования при условии низкой коронки опорного зуба // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». — М., 2012. № 4. С. 329.

3. Верстаков Д. В. Клинико-экспериментальное обоснование ортопедического лечения пациентов при низкой коронке опорных зубов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14. — Волгоград: ВолГМУ, 2015. — 25 с.
4. Лебеденко И.Ю., Каливрадзиян Э. С. Ортопедическая стоматология. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 640 с.
5. Гураль Е.В., Доценко А. В. Протезирование зубов штифтовыми культевыми вкладками // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». — 2008. № 7 (Т. 10). С. 310–311.
6. Козицына С.И., Обиджанов С. Х. Особенности протезирования культевыми штифтовыми вкладками при низких клинических коронках // Клиническая стоматология. — 2002. № 2. С. 24–26.
7. Каламбаров Х. А. Ортопедическое лечение патологической стираемости твердых тканей зубов. — М.: Медицинское информационное агентство, 2004. — 176 с.

© Базанов Семён Олегович ( medicinak@bk.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# НЕВРОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС У ДЕТЕЙ СО СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ПОЗВОНОЧНИКА

## NEUROLOGICAL STATUS IN CHILDREN WITH SCOLIOTIC DEFORMITY OF THE SPINE

**E. Zharova  
M. Vinderlich**

*Summary.* The analysis and comparison of neurological status data, the results of objective non-invasive research methods (radiography of the skull and spine, transcranial dopplerography of the cerebral vessels, examination of the fundus) of children observed in pediatric orthopedic patients with diagnosis: idiopathic scoliosis.

*Keywords:* scoliotic deformation of the spine, neurological disorders, children.

**Жарова Елена Юрьевна**

*К.м.н., Казанский государственный медицинский университет  
dr.zharova@mail.ru*

**Виндерлих Марина Евгеньевна**

*Врач-травматолог-ортопед, Йошкар-Олинская детская городская больница  
vinderlikh@yandex.ru*

*Аннотация.* Проведен анализ и сопоставление данных неврологического статуса, результатов объективных неинвазивных методов исследований (рентгенография черепа и позвоночника, транскраниальная доплерография сосудов головного мозга, осмотр глазного дна) детей, наблюдающихся у детского ортопеда с диагнозом: сколиоз.

*Ключевые слова:* сколиотическая деформация позвоночника, неврологические нарушения, дети.

### Введение

**Б**ольшинство ортопедов рассматривают проблемы сколиоза только с позиции генетической дисрегуляции формирования позвоночного столба и вторичности неврологических нарушений. Большое количество клинических исследований ортопедических нарушений (кривошея, сколиоз, дисплазия тазобедренных суставов, плоскостопие) в детском возрасте проведено профессором А. Ю. Ратнером (1985 г.) [10] и его учениками: Жаровой Е. Ю. (1991 г., 2013 г.) [11, 5], Кочергиной О. С., Приступлюк О. В. (1991 г.) [7], Никогосовой О. В., (1991 г.) [8]. В своих исследованиях авторы обратили внимание на высокую частоту симптомов повреждения нервной системы у пациентов с ортопедическими нарушениями и несомненную вторичность части ортопедической патологии. М. Г. Дудин, Д. Ю. Пинчук (2005 г.) [4] на основании литературных публикаций осветили проблему идиопатического сколиоза (ИС) с неврологической и нейрофизиологической точки зрения, выделяя в отдельную группу нейрогенные сколиозы. Асимметрия биоэлектрической активности паравертебральных мышц у данной группы больных при электромиографических исследованиях имеет, зачастую, вторичный характер в связи с изменениями биомеханики позвоночно-двигательных сегментов и поздних нарушений. Но является ли причиной мышечного дисбаланса только сегментарные нарушения? Насколько в патологический процесс вовлечены надсегментарные структуры ЦНС, включая продолговатый мозг, мозжечок, диэнцефальную область и непосредственно двигательную кору голов-

ного мозга? В ряде работ приводятся данные об изменениях биоэлектрической активности головного мозга у детей со сколиозом, в частности, моторной коры (Соболев С. Т., 1991 г., Балдова С. Н., 2009 г.) [12,1]. О. Д. Пинчук (2010 г.) в своем исследовании функционального состояния головного мозга у детей со сколиотической деформацией позвоночника и здоровых, показала достоверные отличия данных ЭЭГ: у детей со сколиотической деформацией позвоночника нормальные корково-подкорковые взаимоотношения встречались в 2,5 раза реже, чем у здоровых, а пароксизмальная активность встречалась в 2,7 раза чаще [9]. Но, в любом случае, не надо забывать о том, что полноценное функционирование отдельных областей и биоэлектрическая активность головного мозга напрямую зависят от количественных и качественных характеристик мозгового кровотока, причем электроэнцефалографические изменения не являются специфическими, их характер зависит от заинтересованности каротидного или вертебрального сосудистого бассейна (Широкова С. А., Письменская Е. А., 1991 г.) [13]. Кроме того, нарушение кровоснабжения продолговатого мозга, где располагается ретикулярная формация, приводит к дисрегуляции мышечного тонуса. О важной роли нейроишемических нарушений мозжечка перинатальной этиологии, приводящих к появлению ортопедических заболеваний упоминается в исследовании Н. С. Ковалевой (2016 г.) [6], посвященном динамике психоневрологического развития детей раннего возраста с ортопедической патологией и поиску новых возможностей диагностики ортопедоневрологических заболеваний в условиях детской поликлиники.

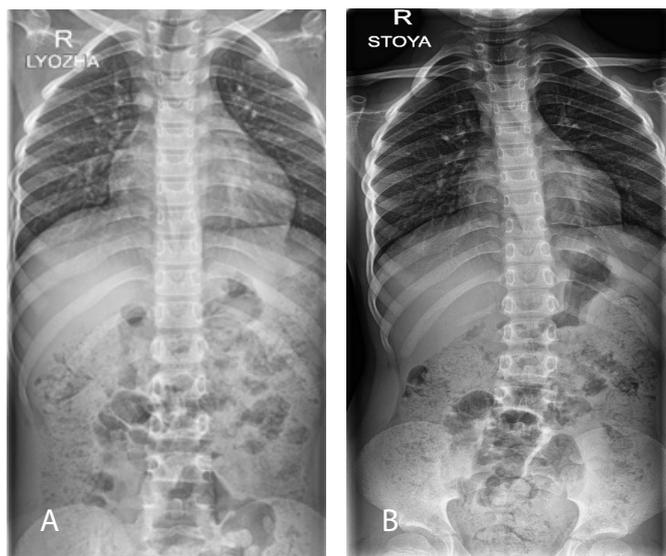


Рис. 1. Ребенок Б., 7 лет. На рентгенограмме грудного и поясничного отдела позвоночника в прямой проекции стоя (А) во фронтальной плоскости определяется искривление грудного и поясничного отдела позвоночника влево с вершиной Th12 с углом искривления до 10°, без видимой торсии, гребень правой подвздошной кости на 4 мм выше. Лёжа (В) во фронтальной плоскости определяется искривление грудного отдела позвоночника вправо с вершиной Th5 с углом искривления до 3°



Рис. 2. Ребенок 9 лет. Шейно-радикулярный синдром с дефансом шейно-затылочных мышц, асимметрия надплечий, симптом «крыловидных лопаток», идиопатический сколиоз

### Цель исследования

Сопоставление нейроортопедического статуса и данных объективных неинвазивных методов исследования у детей со сколиотической деформацией позвоночника.

### Материал и методы

В группу исследования включено 43 ребенка, из которых 19 (44,2%) девочек и 24 (55,8%) — мальчика в возрасте от 7 до 16 лет с диагнозом: сколиоз, выявленных на амбулаторном приеме у ортопеда в детской поликлинике. Проведен анализ анамнестических сведений и данных объективных неинвазивных методов исследования (спондилография, транскраниальная доплерография, исследование картины глазного дна). Одновременно дети осмотрены неврологом.

### Результаты

Сколиоз — сложная деформация позвоночника, характеризующаяся, искривлением его во фронтальной

плоскости, с последующей торсией и искривлением в сагиттальной плоскости (Батршин И.Т., Садовая Т.Н., 2007 г., Батршин И.Т., 2012 г.) [3, 2]. У 40 (93%) детей исследуемой группы диагностирован идиопатический сколиоз, у 3 (7%) — диспластический сколиоз.

При осмотре спереди у исследуемых детей выявлена асимметрия надплечий и грудных желез, а также высоты треугольников талии. Визуально со спины также определяется асимметрия углов лопаток и межъягодичных складок. Перекос костей таза в сторону укорочения правой нижней конечности выявлен у 5 (11,6%) детей, левой — у 12 (27,9%). При выполнении теста «наклона вперед» в зависимости от степени и типа искривления определяется реберная деформация справа у 20 (46,5%) пациентов, слева — у 13 (30,2%), компенсаторный мышечный валик в поясничном отделе позвоночного столба — у 7 (16,3%), вследствие торсии позвонков, а также ограничение объема движений в позвоночнике — у 2 (4,7%). В боковой проекции выявлена вторичная деформация грудной клетки на контрлатеральной стороне у 5 (11,6%) детей. При пальпации паравerteбральных мышц



Рис. 3. Ребенок 7 лет. Подоскопия. Плоскостопная деформация стоп, идиопатический сколиоз на фоне диффузной мышечной гипотонии.



Рис. 4. Ребенок К, 15 лет. На рентгенограмме шейного отдела позвоночника выпрямленность шейного физиологического лордоза.

напряженность, болезненность выявлена у 15 (34,9%) детей.

При проведении рентгенографического исследования грудно-пояснично-крестцового отдела позвоночника обнаружены изменения в 97,7% случаев наблюдений (n=40). 1 степень сколиоза (по методу Кобба угол сколиотической дуги 1°-10°) диагностирована у 26 (60,5%) пациентов, из них, у 8 (30,7%) — в сочетании с перекосом костей таза от 0,5 до 1,5 см (рис. 1).

2 степень сколиоза (по методу Кобба угол сколиотической дуги 11°-25°) выявлена в 15 (34,9%) наблюдениях, среди которых в 8 (53,3%) случаях диагностирован перекося костей таза, в 2 (13,3%) — сакрализация L5-S1, spina bifida S1.

3 степень сколиоза (по методу Кобба угол сколиотической дуги 26°-50°) диагностирована у 2 (4,7%) пациентов в сочетании с перекосом костей таза вправо на 1,0 см. Сколиотическая деформация сочеталась с цервикокраниалгиями (головные боли напряжения), наличием ретроцеребелярной кисты задней черепной ямки, 2-х сторонней пирамидной недостаточностью с оживлением проприоцептивных рефлексов с нижних конечностей. При рентгенографическом исследовании шейного

отдела позвоночника, и в том и в другом случае, обнаружен подвывих в суставе Крювелье.

У 100% детей исследуемой группы (n=43) имелись нарушения в неврологическом статусе. Так шейно-радикулярный и шейно-черепной синдромы обнаружены у всех 43 детей со сколиотической деформацией позвоночника (рис. 2). Нарушения мышечного тонуса в виде диффузной мышечной гипотонии выявлено у 11 (25,6%) пациентов, в трех случаях диагностирован синдром Элерса-Данло.

Болевой синдром в виде цервикокраниалгии имелся у 28 (65,1%) детей, головные боли напряжения — у 17 (39,5%). Дисфункция надсегментарных структур вегетативной нервной системы выявлена у 28 (65,1%) пациентов. Невротические и астенические расстройства, тикозные гиперкинезы, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) диагностированы у 14 (32,6%). У 9 (20,9%) детей выявлен синдром доброкачественной внутричерепной гипертензии, как ликворной, так и венозной этиологии. У всех этих пациентов на краниограммах обнаружены рентгенологические признаки, характерные для внутричерепной гипертензии (усиление рисунка пальцевых вдавлений, расширение венечных швов, продавленность борозд поперечных синусов,

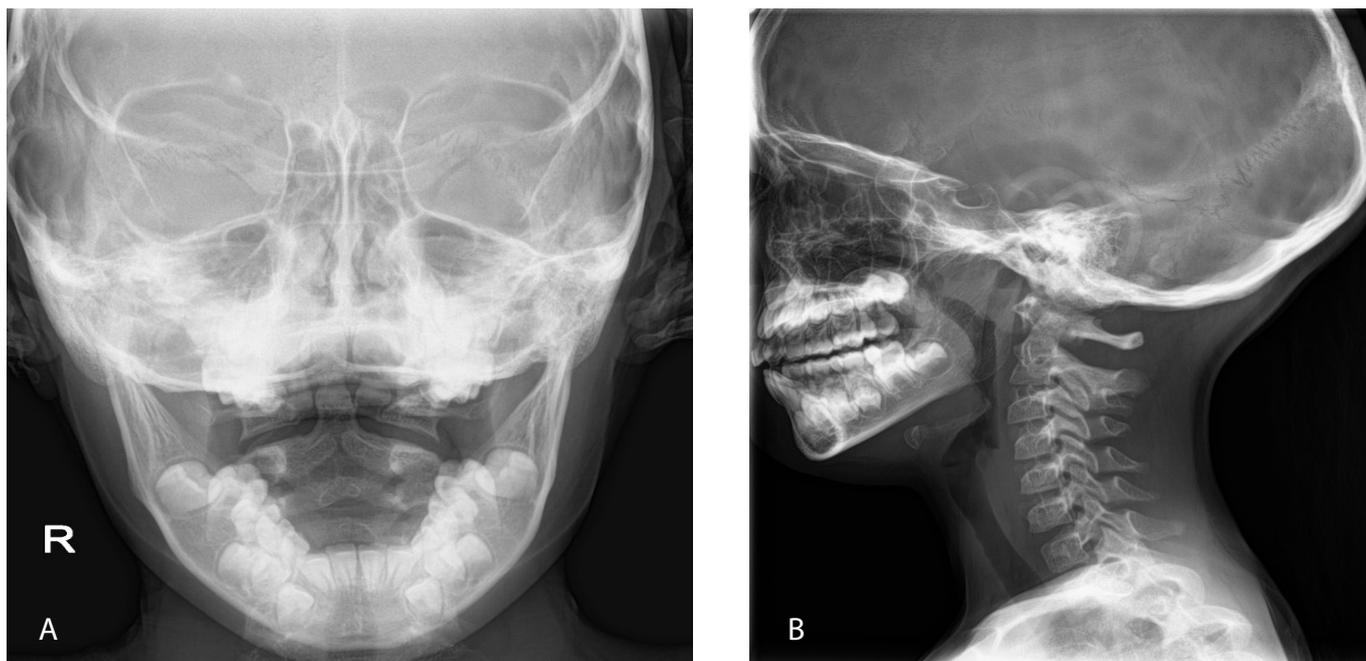


Рисунок 5. Ребенок Б., 7 лет. А.— Рентгенограмма шейного отдела позвоночника через открытый рот. Конгруэнтность суставных поверхностей С1-С2 сохранена, боковые массы атланта расположены не симметрично зубовидный отросток С2 отклонен вправо, незаращение дужки С2 позвонка. В.— Рентгенограмма шейного отдела позвоночника в боковой проекции. Шейный лордоз сохранен, признаков листеза не выявлено. Форма, размер позвонков обычны. Высота межпозвонковых дисков не снижены. Контуры и структура тел, ножек дуг, дугоотростчатых суставов и остистых отростков не изменены. Сустав Крювелье умеренно расширен.

подчеркнутость борозды сигмовидного синуса). В 2 наблюдениях при МРТ-исследовании выявлены ретроцереbellарные кисты (оба случая сопровождались 3 степенью сколиоза).

Сколиоз сочетался с другими нарушениями опорно-двигательного аппарата: у 31 (72%) ребенка имелась плоскостопие и плоско-вальгусная деформация стоп (рис. 3), у 17 (40%) — укорочение ноги и перекос костей таза.

При проведении рентгенографического исследования шейного отдела позвоночника выявлены изменения, в том или ином сочетании, в 90,7% случаев (n=39). Нарушение статики в виде выпрямленности шейного физиологического лордоза (рис. 4) выявлено у 2 (5,1%) пациентов, кифотическая деформация — у 2 (5,1%), гиперлордоз — у 2 (5,1%), спондилолистез нижних шейных позвонков — у 4 (10,3%). Подвывих С2 позвонка диагностирован в 33 (84,6%) исследованиях, нестабильность шейных позвонков — в 19 (48,7%), аномалия Киммерли — в 2 (5,1%), снижение высоты межпозвонковых дисков — в 3 (7%), базилярная импрессия — в 1 (2,6%), незаращение дужки С2 позвонка — в 1 (2,6%). Рисунок 5.

При исследовании мозгового кровотока методом транскраниальной доплерографии изменения обнаружены в 42 (98%) исследованиях: нарушение артериального кровотока диагностировано в 15 (35,7%) наблюдениях, венозного — в 4 (9,5%), смешанного характера — в 23 (54,8%). Все случаи нарушения венозного оттока из полости черепа по вене Галена сопровождались цервикокраниалгиями (головные боли напряжения, шейно-тонический синдром).

Глазное дно исследовано у 31 ребенка, из них в 26 (83,9%) случаях выявлены изменения в том или ином сочетании: ангиопатия сетчатки с расширением вен и сужением артерий диагностирована у 14 (53,8%) пациентов, миопия — у 12 (45,2%), спазм аккомодации — у 6 (23%), гиперметропия — у 2 (7,7%), астигматизм — у 2 (7,7%).

Электроэнцефалографическое исследование проведено в 8 случаях — выявлена дезорганизация биоэлектрической активности головного мозга, в 1 случае в сочетании с эпилептическими паттернами. В неврологическом статусе у всех детей этой группы выявлены тикозные гиперкинезы: в сочетании с синдромом вегета-

тивной дисфункции — у 4 (в 1 наблюдении имелись данные о наличии синкопальных расстройств), головной болью напряжения — у 4.

## Выводы

У 100% (n=43) детей исследуемой группы с наличием сколиотической деформации позвоночника имелись нарушения в неврологическом статусе с топическим уровнем поражения — шейный отдел позвоночника (подтвержденные при рентгенологическом исследовании в 90,7% случаев) и позвоночные артерии, что привело к нарушению церебральной гемодинамики в 98% наблюдений. Диффузное снижение мышечного тонуса имелось у каждого четвертого ребенка. Наиболее частыми клиническими проявлениями патологии нервной системы были краниоцервикалгические расстройства (65,1%), дисфункция надсегментарных структур вегетативной нервной системы (65,1%). Невротические и астенические расстройства, тикозные гиперкинезы,

синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) диагностированы у каждого третьего ребенка, синдром внутричерепной гипертензии — у каждого четвертого.

В группе исследования преобладала 1 степень сколиотической деформации (60,5%) в сочетании с плоскостопием и плоско-вальгусной деформацией стоп (72%), укорочением ноги и перекосом костей таза (40%). Наиболее редко встречалась 3 степень (4,7%) сколиотической деформации.

## Заключение

Таким образом, сколиотическая деформация позвоночника 1–2 степени в детском возрасте напрямую связана с нарушениями кровоснабжения головного мозга вследствие патологических изменений на уровне шейных позвонков перинатальной этиологии, что в проведенном исследовании подтверждается рентгенологическими и доплерографическими методами диагностики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балдова С. Н. Клинико-нейрофизиологическая характеристика идиопатического сколиоза у детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Нижний Новгород, 2009, с 128.
2. Батршин И. Т. Виртуальная структура горизонтальной плоскости при деформациях позвоночника. // Медицинская визуализация. — 2012. — № 5. — с. 103–106.
3. Батршин И. Т., Садовая Т. Н. Разновысокость нижних конечностей с перекосом таза и фронтальная деформация позвоночника. Хирургия позвоночника. 2007. — № 3. — с. 39–44.
4. Дудин М. Г., Пинчук Д. Ю. Центральная нервная система и идиопатический сколиоз. // Хирургия позвоночника. 2005. — № 1. — с. 45–55.
5. Жарова Е. Ю. Нарушения рефлекторно-двигательной сферы и проблема дисплазии тазобедренных суставов у новорожденных и детей раннего возраста. // Казанский мед. журн. 2013. — т. ХСIV-2. — с. 193–198.
6. Ковалёва Н. С. Характеристика психомоторного развития детей первых трех лет жизни с сочетанной нейроортопедической патологией. // Лечащий врач: мед. науч.-практ. журн. — 2016. — № 4. — с. 63–65.
7. Кочергина О. С., Приступлюк О. В. Неврологические нарушения и их роль в возникновении сколиотической деформации позвоночника у детей. / Проблемы детской неврологии: материалы научной конференции / под ред. А. Ю. Ратнера, 1991, — с. 88–89.
8. Никогосова О. В. Лечение нейрогенной косолапости у детей. / Проблемы детской неврологии: материалы научной конференции / под ред. А. Ю. Ратнера, 1991, — с. 75–77.
9. Пинчук О. Д. Особенности функционирования центральной нервной системы у детей с идиопатическим сколиозом: Автореферат дисс. ... канд. мед. наук: Санкт-Петербург, 2010. — 138 с.
10. Ратнер А. Ю. Родовые повреждения нервной системы. Казань, 1985, — с. 154–176.
11. Ратнер А. Ю., Жарова Е. Ю. Неврологические нарушения и проблема дисплазии тазобедренного сустава у грудных детей. // Журн. Педиатрия. 1991. — № 8. — с. 58–61.
12. Соболев С. Т. Нейрофизиологические особенности механизмов регулирования и взаимодействия вегетативных и соматических функций при сколиозах: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 1991.
13. Широкова С. А., Письменская Е. А. Особенности ЭЭГ-изменений при церебральных сосудистых нарушениях у детей. / Проблемы детской неврологии: материалы научной конференции / под ред. А. Ю. Ратнера, 1991, — с. 155–156.

© Жарова Елена Юрьевна ( dr.zharova@mail.ru ), Виндерлих Марина Евгеньевна ( vinderlikh@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОЦЕНКА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА У БОЛЬНЫХ СИСТЕМНОЙ СКЛЕРОДЕРМИЕЙ

### ASSESSMENT OF VEGETATIVE REGULATION OF HEART ACTIVITY IN PATIENTS WITH SYSTEMIC SCLERODERMA

**N. Lazareva  
V. Belyanin**

*Summary.* The aim of our work is to study the peculiarities of vegetative regulation of heart in patients with systemic scleroderma. When studying the indexes of spectral and time analyses in the general group of patients with systemic scleroderma the total spectrum power was lower than normal values, mainly owing to parasympathetic component decrease. Low cardiac rhythm variability was noted in 66.1% of patients with systemic scleroderma, in 20.5% of them it being greatly lowered. During the conduction of active orthostatic sample, the reactivity of parasympathetic and activation of sympathetic part of vegetative nervous system appeared to be simultaneously lowered in 25 (42.3%) examined patients. 6.77% patients with systemic scleroderma that can be attributed to risk group as pernicious arrhythmia development.

*Keywords:* systemic scleroderma, cardiac rhythm variability, vegetative nervous system.

**Лазарева Наталья Викторовна**

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский  
государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Okashechka@yandex.ru

**Белянин Виталий Васильевич**

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский  
государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*Аннотация.* цель работы — изучить особенности вегетативной регуляции деятельности сердца у больных системной склеродермией. При изучении показателей спектрального и временного анализа в общей группе больных системной склеродермией общая мощность спектра была ниже нормальных значений, преимущественно за счет уменьшения парасимпатического компонента. Низкая вариабельность сердечного ритма отмечалась у 66,1% больных системной склеродермией. У 20,5% из них она была снижена значительно. Во время проведения активной ортостатической пробы реактивность парасимпатического и активация симпатического отделов вегетативной нервной системы оказались одновременно сниженными у 25(42,3%) обследованных. 6,77% больных системной склеродермией можно отнести в группу риска в отношении развития злокачественных аритмий.

*Ключевые слова:* системная склеродермия, вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система.

Среди диффузных заболеваний соединительной ткани системная склеродермия (ССД) по частоте занимает второе место вслед за системной красной волчанкой [1]. Первичная заболеваемость колеблется от 3,7 до 19,0 на 1 млн. населения в год [2]. По данным различных исследователей, для больных ССД характерен высокий риск летальности от сердечно-сосудистой патологии [3]. В основе поражения миокарда лежат фиброз (диффузный периваскулярный кардиосклероз), затрагивающий и проводящую систему сердца, в сочетании с ишемией миокарда вследствие нарушения микроциркуляции [4].

В развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых заболеваний важную роль имеют нарушения в нейрогуморальной регуляции кровообращения [5].

С состоянием вегетативной нервной системы (ВНС) напрямую связаны такие проаритмические маркеры, как снижение вариабельности сердечного ритма (ВСР), удлинение интервала QT, появление поздних потенциалов желудочков (ППЖ) [6]. За последние два десятилетия были выявлены существенные взаимосвязи между ВНС и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, включая внезапную смерть [5, 7, 8].

Считается, что снижение показателей ВСР свидетельствует о нарушении вегетативного контроля сердечной деятельности и неблагоприятно для прогноза вероятности развития потенциально опасных аритмий и внезапной сердечной смерти [9].

Целью работы явилось изучение особенностей вегетативной регуляции деятельности сердца у больных ССД.

Материалы и методы: в одномоментное исследование было включено 59 пациентов с диагнозом ССД, который верифицировался с учётом диагностических критериев, разработанных Гусевой Н.Г. (1975 г.) [10]. Критериями исключения из исследования явились тяжелая сопутствующая патология внутренних органов с их функциональной недостаточностью, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, хроническая сердечная недостаточность (ХСН) III–IV ФК. Для определения степени активности была применена система оценки, предложенная Европейской группой по изучению ССД (Valentini et al., 2003).

Для оценки ВРС использовался компьютерный анализ 5-минутных фрагментов ритмограммы (РГ) и спек-

трограммы в покое и в ходе выполнения активной ортостатической пробы по методике Михайлова В. М. [11].

Определялись следующие показатели спектрального анализа: общая мощность спектра (TP), мощность в диапазоне очень низких частот (VLF), низких частот (LF) и высоких частот (HF).

Среди показателей временного анализа определялись: RRNN (мс) — средняя длительность интервалов R-R, SDNN (мс) — стандартное отклонение величин нормальных интервалов R-R (NN), RMSSD (мс) — квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов N-N, pNN50,% — процент (доля) последовательных интервалов N-N, различие между которыми превышает 50 мс.

При оценке типа РГ мы использовали деление РГ на 4 класса в соответствии с классификацией, предложенной Е. А. Березным, и А. М. Рубиным (1997) [11, 12]. РГ 1 класса отражает преобладание дыхательных высокочастотных волн (HF), характеризующих активность парасимпатической нервной системы. РГ 2 класса характеризуется преобладанием волн низкой частоты (LF), отражающих деятельность симпатической нервной системы. РГ 3 класса отражает преобладание волн очень низкой частоты (VLF). РГ 4 класса подразумевает стабильный ригидный ритм.

С целью оценки реактивности парасимпатического отдела ВНС и адекватности активации симпатико-адреналовой системы проводили активную ортостатическую пробу (АОП). В ходе выполнения АОП оценивали коэффициент К30:15 и прирост отношения LF/HF, характеризующий баланс отделов ВНС.

При оценке показателей ВСР ориентировались на должные величины, рассчитанные Михайловым В. М. [11].

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием прикладных программ «Statistica — 6.0» [13]. Количественные значения в тексте и таблицах приведены в виде Me [25;75] (Me — медиана; 25 и 75 — 1-й и 3-й квартили). Для статистической оценки результатов использовались непараметрические методы: тест Манна-Уитни, и корреляционный анализ Спирмана. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Результаты и обсуждение: возраст больных составил от 27 до 70 лет (48 [40; 55]), а длительность заболевания — от 1 года до 43 лет (5 [2; 10]). Среди обследованных пациентов преобладало хроническое течение болезни 48(81,3%), генерализованная стадия 47(79,6%), II-ая сте-

пень активности 37(62,7%), III-я стадия синдрома Рейно 23(39%), I-ая стадия 49(83%) и I-ый функциональный класс 54(91,5%) ХСН.

При изучении абсолютных (мс<sup>2</sup>) и относительных (п.у.,%) значений показателей спектрального и временного анализа ВСР в общей группе больных общая мощность спектра (TP), а также SDNN мс были достоверно ниже, чем в контрольной группе и ниже нормальных значений для данных показателей, преимущественно за счет уменьшения парасимпатического компонента (соответственно TP — 899 [602;1794] 2526 [1988;3360] 2265 [1530;4013],  $p=0,0001$  и SDNN29 [22;40] 53 [45,5;57,5] 45 [38,5;61,5],  $p=0,0001$ ). Показатели HF мс<sup>2</sup>, pNN50%, RMSSD мс, отражающие вклад парасимпатического отдела ВНС и единственный показатель LF, мс<sup>2</sup>, отражающий вклад симпатического отдела ВНС, были достоверно ниже, чем в контрольной группе ( $p=0,0004$  и  $p=0,001$ ).

Низкая ВСР (TP<1530мс<sup>2</sup>, SDNN<38,5мс) отмечалась у 39(66,1%) больных ССД, причем у 8(20,5%) из них она была снижена значительно (TP<500мс<sup>2</sup>). Существенное снижение ВСР у наших пациентов может свидетельствовать об «ускользании» ритма сердца из-под модулирующего влияния ВНС и переход на местные механизмы саморегуляции.

У 15(25,4%) больных диагностирован 1 класс РГ, у 8(13,5%) — 2-й, у 36(61,1%) — 3-й. 4 класс РГ не был выявлен ни у кого из обследованных. Значительное преобладание 3-го класса РГ свидетельствует о том, что у большинства больных ССД происходит переход регуляции ритма сердца с рефлекторного, вегетативного уровня руководства на более низкий — гуморально-метаболический, который не способен быстро обеспечивать гомеостаз.

Во время проведения АОП реактивность парасимпатического и активация симпатического отделов ВНС оказались одновременно сниженными у 25(42,3%) обследованных. Причем у большинства из них (18(72%)) ВСР была изначально низкая. Данные результаты указывают на недостаточность функции п.vagus, снижение адаптационных резервов и уровня функционирования физиологической системы организма у большинства пациентов ССД.

В результате обследования по опроснику Вейна, с учетом объективных критериев, преобладание симпатического отдела ВНС мы диагностировали у 40(67,8%) больных ССД. По данным КОП таких больных оказалось 31(52,5%). Причем все эти пациенты вошли в число больных с преобладанием симпатической регуляции по опроснику Вейна. ВСР была сниженной у 23(74,1%) из 31 этих пациентов. Результаты КОП и опросника Вей-

на совпали с данными, полученными при изучении ВСП, в плане преобладания активности того или иного отдела ВНС у наших больных.

В соответствии с длительностью болезни больные были поделены на 3 группы. С увеличением длительности заболевания наблюдалось снижение вклада парасимпатического отдела ВНС в регуляцию сердечной деятельности, о чем свидетельствуют достоверно более низкие показатели SDNN и pNN50% в III группе по сравнению с этими же показателями в I-ой ( $p=0,037$  и  $p=0,035$ ). Кроме того, показатель HF в  $ms^2$  и % в III группе был наименьшим, хотя достоверной разницы с другими группами не получено. Низкая ВСП чаще определялась в III группе (78,5%), по сравнению с другими группами, где она диагностирована с одинаковой частотой (60%). Кроме того, в III группе чаще (22%) ВСП была очень низкой ( $TP < 500ms^2$ ), по сравнению с I и II группами, в которых частота ее выявления составила соответственно 8,57% и 20%.

Определена отрицательная корреляционная зависимость между TP, SDNN, pNN50, RMSSD и длительностью

заболевания (соответственно  $R_s = -0,26$ ;  $t = -2,04$ ;  $p = 0,04$ ;  $R_s = -0,32$ ;  $t = -2,60$ ;  $p = 0,01$ ;  $R_s = -0,34$ ;  $t = -2,77$ ;  $p = 0,007$ ;  $R_s = -0,27$ ;  $t = -2,15$ ;  $p = 0,03$ ). Таким образом, с увеличением давности болезни происходит снижение ВСП, что, вероятно, связано с прогрессированием нарушений вегетативной регуляции в процессе развития заболевания.

Выводы: полученные нами данные свидетельствуют о снижении ВСП у больных ССД, обусловленном вегетативным дисбалансом с преобладанием симпатического влияния в регуляции сердечного ритма. Развитие данного дисбаланса усугубляется с увеличением длительности болезни.

Снижение реактивности парасимпатического и активация симпатического отделов ВНС указывает на недостаточность функции n.vagus, а также снижение адаптационных резервов и уровня функционирования физиологической системы организма у большинства больных ССД.

6,77% больных ССД, которых можно отнести в группу риска в отношении развития злокачественных аритмий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кароли Н.А., Ребров А. П. Поражения сердца у пациентов с системной склеродермией. Сб. докл. тез. V съезда ревматологов России; 2009 март 51; М, 2009.
2. Насонов Е. Л. Кардиоваскулярные проблемы ревматологии. Науч.-практ. ревм. 2004; 4: 4–9.
3. Bryan C., Howard Y. Survival following the onset of scleroderma: results from a retrospective inception cohort study of the UK patient population. Br. J. Rheumatol. 1996; 35: 1122–1126.
4. Богданов А.П., Гусева Н. Г. Ранняя диагностика поражения сердца при системной склеродермией. Клини. Фармакология и терапия. 1994; 3(1): 30–32.
5. Соколов С.Ф., Малкина Т. А. Клиническое значение оценки вариабельности ритма сердца. Сердце. 2002; 2: 72–75.
6. Остроумова О. Д. Удлинение интервала QT. РМЖ. 2001; 9: 750–753.
7. Schwartz P. J. The neural control of heart rate and risk stratification after myocardial infarction. Eur Heart J. 1999; 1: 33–43.
8. Priori S.G., Altiot E. Task Force on sudden cardiac death of the European Society of Cardiology/ Eur. Heart J. 2001; 22: 1374–1450.
9. Киселева И.В., Агапов А. А. Вариабельность ритма сердца у больных ишемической болезнью сердца до и после коронарного шунтирования. ВА. 2003; 32: 41–43.
10. Гусева Н. Г. Склеродермия — модель локального и генерализованного фиброза. М: Медицина; 2001.
11. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Ивановская областная типография; 2002.
12. Березный Е.А., Рубин А. М. Практическая кардиоритмография. СПб: Инкарт; 1997.
13. Халафян А. А. Statistica 6 Статистический анализ данных. М: Бином; 2008.

© Лазарева Наталья Викторовна ( Okashechka@yandex.ru ), Беянин Виталий Васильевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНГИОГРАФИЧЕСКИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТКРЫТЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОРАЖЕНИЙ АРТЕРИЙ БЕДРЕННО-ПОДКОЛЕННОГО СЕГМЕНТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

ANGIOGRAPHIC AND LONG-TERM  
CLINICAL RESULTS OF OPEN  
SURGICAL INTERVENTION  
FOR THE TREATMENT OF LESIONS  
OF THE FEMORO-POPLITEAL SEGMENT  
OF THE LOWER EXTREMITIES

*Sh. Magomedov  
Sh. Jurakulov*

*Summary.* The article describes the results of a study on the analysis of angiographic and long-term clinical outcomes of open interventions performed for occlusive stenotic lesions of the arteries of the femoral-popliteal segment of the lower extremities.

*Keywords:* arteries of femoral-popliteal segment, results of treatment.

**Магомедов Шамиль Гаджиевич**

К.м.н., ГБУ РКБ г. Махачкала  
shamil\_magomedov@mail.ru

**Джуракулов Шухрат Рахмонович**

К.м.н., ГКБ им. Д.Д. Плетнева, г. Москва  
shamil\_magomedov@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрены аспекты формирования терапевтических форм для лечения пораженных участков нижних конечностей. Предполагается использование разработанной технологии на участках артерий бедренно-подколенного сегмента. Авторы определяют возможность для совершенствования текущего состояния в сравнительном анализе текущих и отдаленных формах и результатах лечения.

*Ключевые слова:* артерии бедренно-подколенного сегмента, результаты лечения.

## Введение

По данным современных литературных источников, ведущей причиной развития критической ишемии нижних конечностей являются окклюзионно-стенотические поражения артерий (ОСПАНК), патогенез которых связан с развитием и прогрессированием тяжелого поражения артериального русла. Результатом подобного воздействия, как правило, является несостоятельность гемодинамических и метаболических механизмов компенсации циркуляторной гипоксии на ткани дистальных отделов конечности, что, в итоге, ведет к их необратимому повреждению [1, с. 148; 2, с. 940; 3, с. 38].

Поражение артерий бедренно-подколенного сегмента относят к наиболее распространенным ОСПАНК, наблюдающимся более чем в половине случаев всех атеросклеротических поражений нижних конечностей. Наиболее часто данное заболевание встречается среди пациентов старше 60 лет, что связано со значительной ролью сопутствующей возрастной патологии в патогенезе ОСПАНК [4, с. 20; 5, с. 27].

Потребность в оперативном вмешательстве ежегодно возникает более чем у 600 больных ОСПАНК на 1 млн. населения. Характерным фактом является то, что, несмотря на постоянное развитие методов хирургической

реваскуляризации, ежегодно более чем у 500 пациентов на 1 млн. населения возникает необходимость в ампутации конечности, что, помимо инвалидизации больных, сопровождается высоким уровнем летальности [6, с. 198; 7, с. 210].

Говоря о применении хирургической реваскуляризации для лечения больных с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента, необходимо отметить, что наиболее распространенными видами оперативных вмешательств в настоящее время являются открытые реконструктивные операции, техника выполнения, которых непрерывно совершенствуется. Одним из наиболее актуальных вопросов, стоящих перед сосудистым хирургом при планировании лечения больных с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента, является проблема выбора между открытыми и эндоваскулярными вмешательствами, что вызывает необходимость всестороннего исследования преимуществ и недостатков каждого из данных видов хирургического пособия, а также ближайших и отдаленных результатов лечения [8, с. 35; 9, с. 160].

## Материалы и методы

В исследование включены 150 случаев открытых реконструктивных вмешательств, проведенных па-

Таблица 1. Анализ отдаленного клинического результата эндоваскулярных вмешательств при поражении бедренно-подколенного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Выбывшие из исследования, n	Частота клинического успеха, %
6	113	4	93,32
12	107	6	88,67
24	96	11	85,13
36	87	9	82,24
48	74	8	77,93
60	66	9	72,05

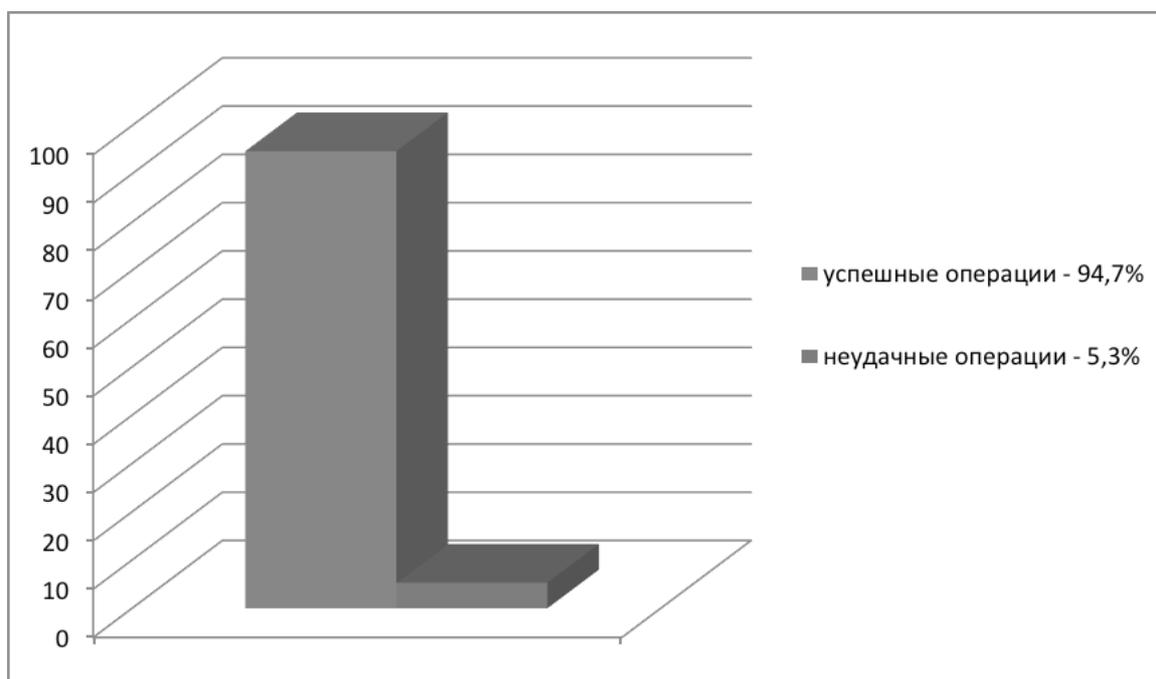


Рис. 1. Соотношение частоты успешных и неудачных открытых операций у больных с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента.

циентам с поражениями артерий бедренно-подколенного сегмента, проходивших лечение в отделение РХМДЛК и сосудистой хирургии ГКБ № 57 г. Москвы (клиническая база кафедры факультетской хирургии ГБОУ ВПО Российский национальный исследовательский медицинский университет Росздрава) в период с января 1990 г. по январь 2013 г. с диагнозами «переменная хромота» и «критическая ишемия нижней конечности».

В качестве открытого вмешательства при поражениях бедренно-подколенного сегмента выполняли бедренно-подколенное шунтирование. При проведении исследования выполняли анализ эффективности операций путем исследования таких показателей, как частота

ангиографического успеха и отдаленные клинические результаты в течение 5 лет после проведения реваскуляризации.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью методов описательной статистики. Характер распределения данных оценивали графическим методом и с использованием критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Для обработки данных с нормальным распределением применяли параметрические методы: для сравнения двух независимых групп — t-критерий Стьюдента, для сравнения результатов первоначального и повторного обследования — парный t-тест. При распределении данных, отличном от нормального, использовали непараметрические методы: критерий Ман-

Таблица 2. Результаты анализа первичной проходимости в течение 5 лет после открытых операций при поражении бедренно-подколенного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Число рестенозов	Первичная проходимость, %
6	113	7	93,81
12	107	11	89,72
24	96	15	84,38
36	87	19	78,16
48	74	21	71,62
60	66	22	66,67

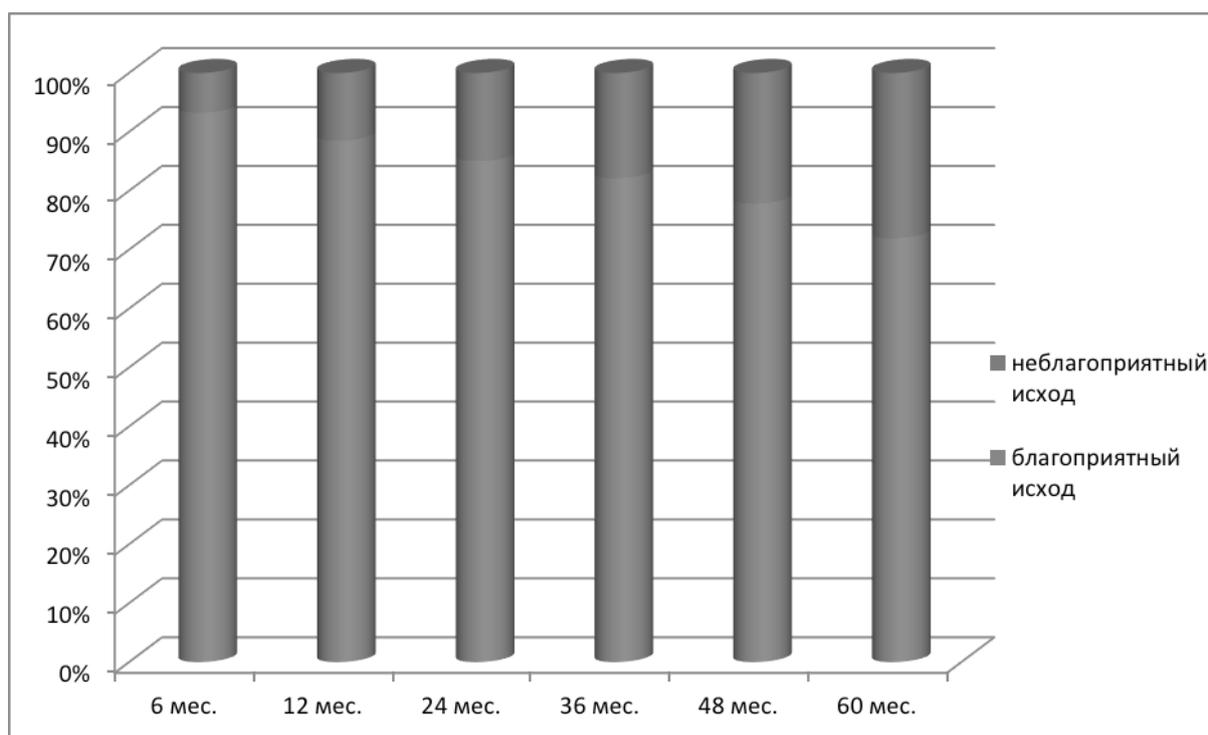


Рис. 2. Соотношение частоты благоприятных и неблагоприятных клинических исходов у пациентов с поражением бедренно-подколенного сегмента в зависимости от временного периода наблюдения

на–Уитни, критерий Уилкоксона. Различия между показателями считали значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследований

Анализ результатов открытых операций у пациентов с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента продемонстрировал, что ангиографический успех вмешательства был достигнут в 142 случаях из 150 операций, что составило 94,7% (рис. 1).

Данные пятилетнего послеоперационного наблюдения за больными, перенесшими открытые операции по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента приведены в таблице 1.

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, частота клинического успеха открытых операций, проведенных по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента, через 5 лет после выполнения вмешательства составила 72,05%.

Соотношение благоприятных и неблагоприятных клинических исходов в зависимости от временного периода послеоперационного наблюдения представлено на рисунке 2.

Данные о первичной проходимости в течение пятилетнего периода наблюдения после открытых операций у больных с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента представлены в таблице 2.

Таблица 3. Анализ частоты сохранения конечности в течение 5 лет после открытых операций при поражении бедренно-подколенного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Случаи ампутации конечности	Частота сохранения конечности, %
6	113	0	100
12	107	2	98,13
24	96	2	95,83
36	87	3	91,95
48	74	2	85,1
60	66	2	83,33

Таблица 4. Анализ выживаемости в течение 5 лет после открытых операций при поражении артерий бедренно-подколенного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Число летальных исходов	Уровень выживаемости, %
6	113	1	99,12
12	107	2	97,2
24	96	1	95,83
36	87	3	91,95
48	74	1	89,2
60	66	2	84,85

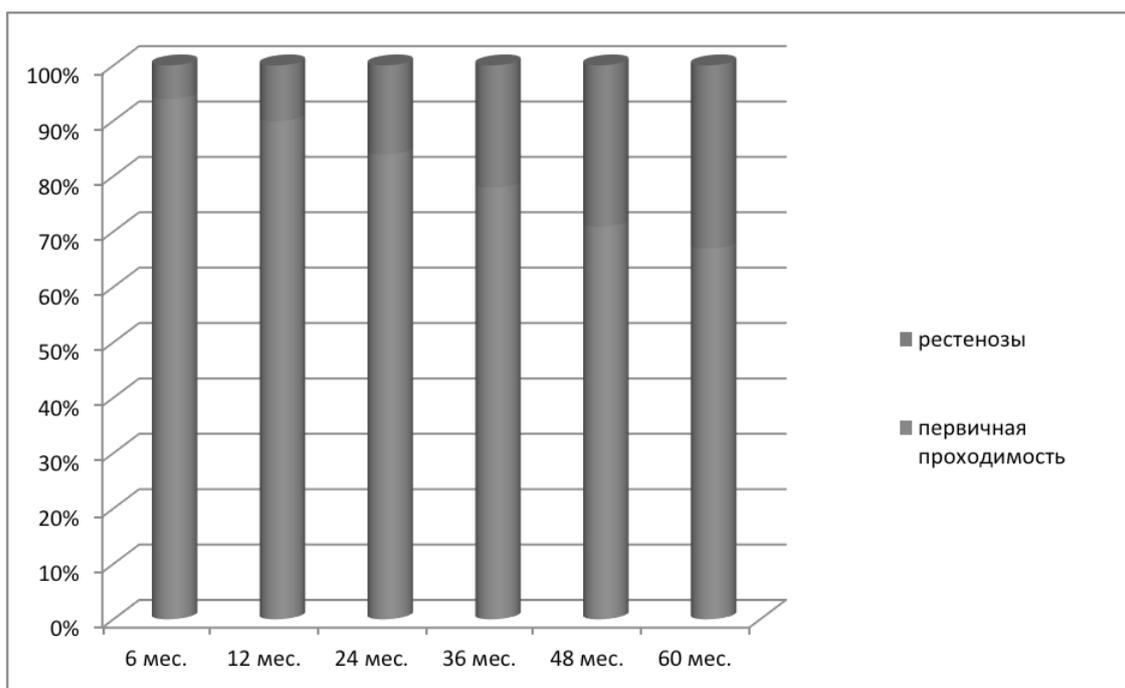


Рис. 3. Динамика частоты рестенозов в разные сроки после проведения открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента.

Согласно данным, приведенным в таблице 2, в течение пятилетнего периода наблюдения после открытых операций значения первичной проходимости артерий бедренно-подколенного сегмента снижаются с 93,81% — через 6 мес., до 66,67% — через 5 лет после операции.

Динамика частоты рестенозов и первичной проходимости в течение пятилетнего периода наблюдения по-

сле открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента представлена на рисунке 3.

Анализ вторичной проходимости после открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента продемонстрировал, что данный показатель составлял: через 6 месяцев — 92,7%; через

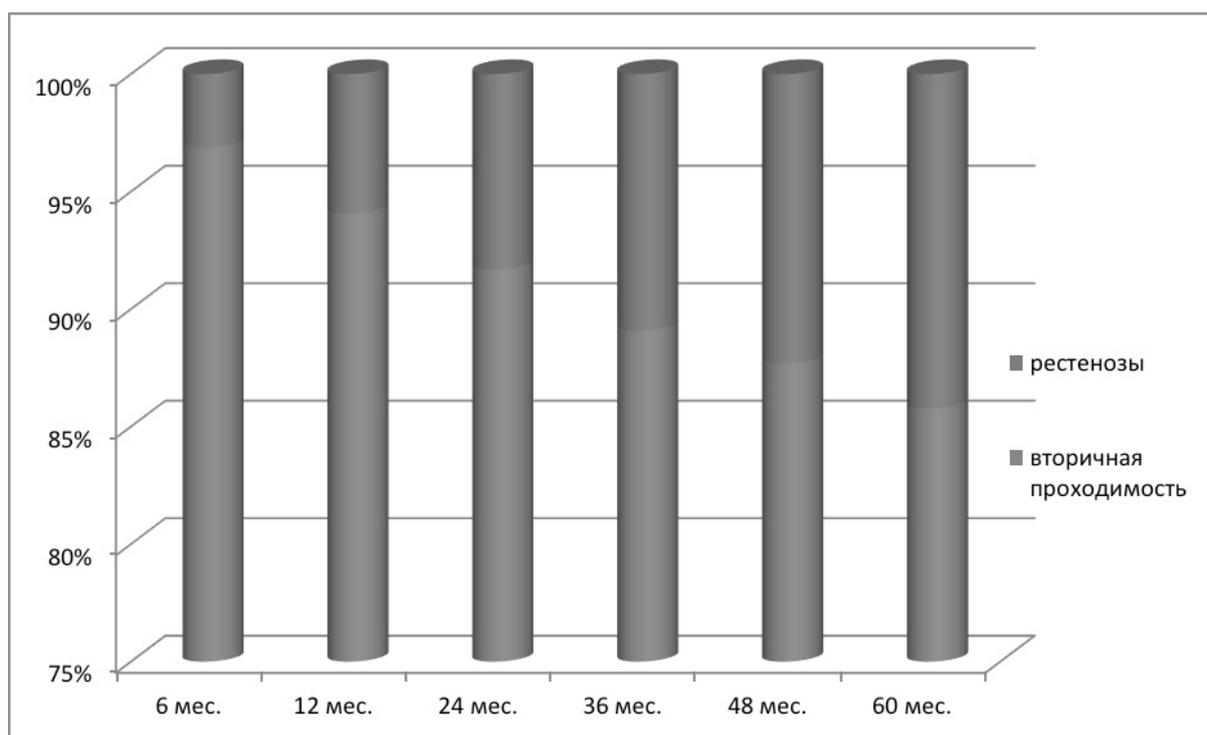


Рис. 4. Динамика частоты рестенозов и вторичной проходимости после открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента.

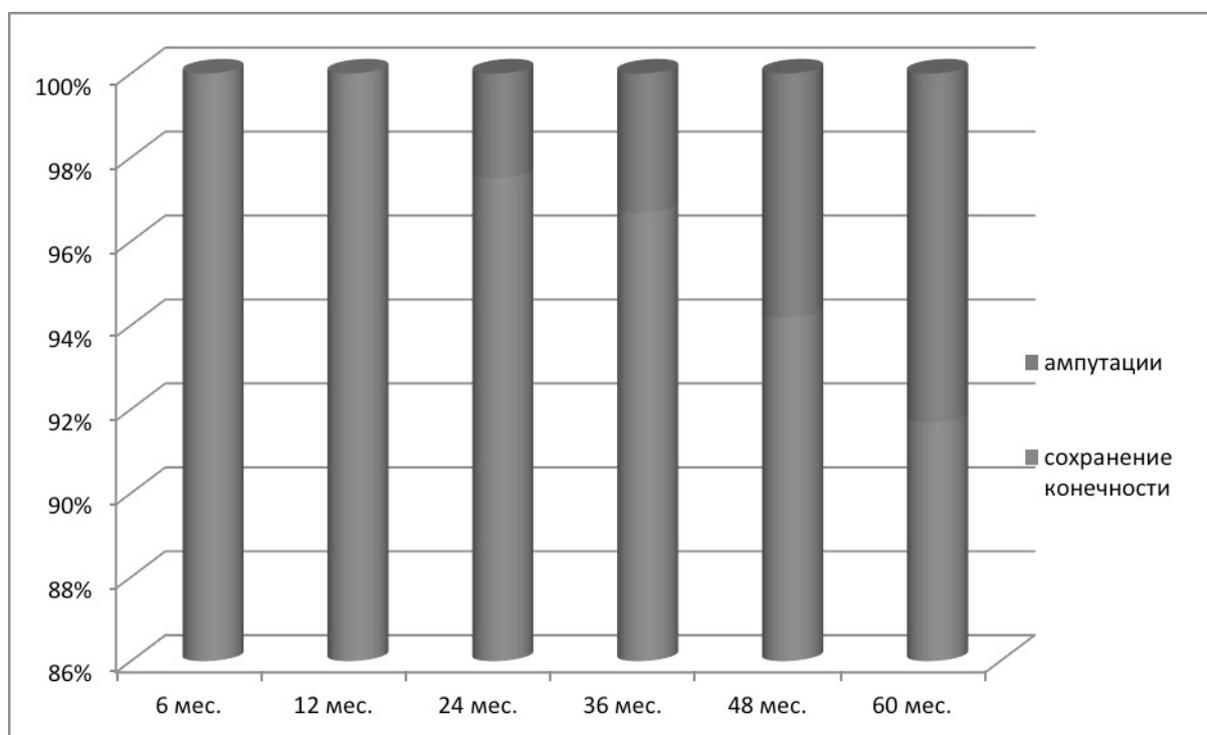


Рис. 5. Динамика частоты ампутаций и сохранения конечности в течение 5 лет после выполнения открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента.

1 год — 90,2%, через 2 года — 87,6%, через 3 года — 85,2%, через 4 года — 83,7%, через 5 лет — 79,8%.

На рисунке 4 отображена динамика частоты рестенозов и вторичной проходимости в течение пятилетнего периода после открытых операций по поводу поражения артерий бедренно-подколенного сегмента.

Результаты анализа частоты выполнения ампутации конечности в течение пятилетнего периода наблюдения после проведения открытых операций при поражении артерий бедренно-подколенного сегмента представлены в таблице 3.

Согласно данным, представленным выше, в течение 6 месяцев после выполнения открытых операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента случаев проведения ампутаций конечности не было. В течение пятилетнего периода после вмешательства ампутации были выполнены всего 11 больным, при этом частота сохранения конечности составила 83,33%.

На рисунке 5 представлена динамика частоты ампутаций и сохранения конечности в течение пятилетнего периода послеоперационного наблюдения.

С целью оценки результата послеоперационной выживаемости был проведен анализ данного показателя в течении 5 лет после выполнения открытых операций среди больных с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента (табл. 4).

При проведении анализа, направленного на изучение динамики уровня выживаемости установлено, что в течение 6 месяцев после открытых операций у пациентов с поражением артерий бедренно-подколенного сегмента данный показатель составил 99,12%, то есть отмечен один летальный исход. Через 5 лет после выполнения оперативного вмешательства выживаемость составила 84,85%.

## Заключение

По данным, полученным в результате исследования, установлено, что при проведении открытых реконструктивных операций по поводу поражений артерий бедренно-подколенного сегмента частота ангиографического успеха составляет 94,7%, частота клинического успеха — 72,05%, первичная проходимость — 66,67%, вторичная проходимость — 79,8%, частота сохранения конечности — 83,33%, выживаемость — 84,85%.

Учитывая актуальность представленной проблемы и ее высокую социальную значимость, необходимо продолжить исследование, направленное на определение ангиографических и отдаленных клинических результатов различных видов хирургической реваскуляризации при ОСПАНК разной локализации, что позволит определить клиническую эффективность каждой из методик в качестве научно обоснованного аргумента для выбора конкретного вида оперативного вмешательства, исходя из основных принципов доказательной медицины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов И. С. Отдаленные результаты полузакрытой эндартерэктомии петель из поверхностной бедренной артерии и бедренно-подколенного шунтирования / И. С. Абрамов, Д. А. Майтесян., Т. А. Лазарян, В. Л. Балдин и др. // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2014, Т. 20, № 4.
2. Белов, Ю. В. Оценка результатов хирургического лечения больных с множественным поражением артерий нижних конечностей / Ю. В. Белов, А. Б. Степаненко, И. Г. Халилов // *Хирургия*, 2001, № 10.
3. Кохан Е. П. Ближайшие и отдаленные результаты реконструктивных операций при окклюзионно-стенотических поражениях бедренно-подколенно-берцового артериального сегмента / Е. П. Кохан, О. В. Пинчук, А. В. Образцов, Т. Л. Карданов, А. В. Рязанин // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*, 2013, № 2.
4. Кротовский Г. С. Тактика лечения пациентов с критической ишемией нижних конечностей / Г. С. Кротовский, А. М. Зудин, М.: 2005.
5. Лосев Р. З. Функционально-анатомические предпосылки реваскуляризации бедренно-подколенного артериального сегмента / Р. З. Лосев В. Н. Николенко, Е. Г. Микульская // *Вестник хирургии*, 2008, № 1.
6. Diehm C., Shuster A., Allenberg J. A. et al. High prevalence in peripheral arterial disease and co-morbidity in 6800 primary care patients: a cross-sectional study // *Atherosclerosis*, 2004, Vol. 172.
7. Lloyd M., Taylor Jr. M.D., Gregory L., Moneta, M.D., John M., Porter M. D. Natural history and nonoperative treatment of chronic lower extremity ischemia // in book *Vascular Surgery* — ed. R. Rutherford. — W. B. Saunders, 2000, Vol. I.
8. Muir R. L. Peripheral arterial disease: pathophysiology, risk factors, diagnosis, treatment, and prevention // *J. Vasc. Nurs*, 2009, Vol. 27, № 2.
9. Nowygrod R., Egorova N., Greco G., Anderson P., Gelijns A., Moskowitz A., McKinsey J., Morrissey N., Kent K. C. Trends, complications, and mortality in peripheral vascular surgery // *J. Vasc. Surg*, 2006, Vol. 43, № 2.

# АНГИОГРАФИЧЕСКИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТКРЫТЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОРАЖЕНИЙ АРТЕРИЙ БЕРЦОВО-СТОПНОГО СЕГМЕНТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

**ANGIOGRAPHIC AND LONG-TERM  
CLINICAL RESULTS OF OPEN SURGICAL  
INTERVENTIONS IN THE TREATMENT  
OF ARTERIAL LESIONS OF THE TIBIA-  
STOP SEGMENT OF THE LOWER  
EXTREMITIES**

**Sh. Magomedov  
Sh. Jurakulov**

*Summary.* The authors of the article determine that the urgency of the presented problem and its high medical and social significance cause the necessity of continuing the research aimed at determining angiographic and remote clinical results of various types of surgical revascularization in the treatment of atherosclerotic lesions of the arteries of various segments of the lower limbs, which, in the final analysis, will allow determine the clinical effectiveness of each type of surgery. Thus, prerequisites for selecting a specific type of surgical manual will be created from the point of view of evidence-based medicine.

*Keywords:* arteries of the tibial segment, results of treatment, methods of surgical interventions.

**Магомедов Шамиль Гаджиевич**

К.м.н., ГБУ РКБ г. Махачкала  
shamil\_magomedov@mail.ru

**Джуракулов Шухрат Рахмонович**

К.м.н., ГКБ им. Д.Д. Плетнева, г. Москва  
shamil\_magomedov@mail.ru

*Аннотация.* Авторы статьи определяют, что актуальность представленной проблемы и ее высокая медицинская и социальная значимость обуславливают необходимость продолжения проведения исследований, направленных на определение ангиографических и отдаленных клинических результатов различных видов хирургической реваскуляризации при лечении атеросклеротических поражений артерий различных сегментов нижних конечностей, что, в конечном счете, позволит определить клиническую эффективность каждого из видов оперативного вмешательства. Таким образом, будут созданы обоснованные с точки зрения доказательной медицины предпосылки для выбора конкретного вида хирургического пособия.

*Ключевые слова:* артерии берцово-стопного сегмента, результаты лечения, методы оперативных вмешательств.

## Введение

**В** настоящее время большинство современных авторов признают, что основной причиной развития критической ишемии нижних конечностей являются атеросклеротические поражения артерий, приводящие к их стенозам и обструкциям. Исходом окклюзионно-стенозических поражений артерий нижних конечностей (ОСПАНК) во многих случаях является декомпенсация механизмов нивелирования повреждающего воздействия циркуляторной гипоксии на ткани дистальных отделов. Последствиями такого воздействия становятся необратимые повреждения тканей конечности, что приводит к высокой инвалидизации и летальности среди данной категории больных [1, с. 23; 2, с. 370; 3, с. 80].

Различные виды хирургических вмешательств, направленных на реваскуляризацию пораженной конечности, являются наиболее эффективным путем лечения ОСПАНК. По данным современных литературных

источников, средний показатель частоты выполнения оперативных вмешательств по поводу атеросклеротических поражений артерий в мире составляет более 600 на 1 млн. населения в год. При этом, необходимо отметить, что крайне высоким остается значение частоты выполнения ампутаций конечностей, связанных с их атеросклеротическим поражением. У порядка 80% пациентов, нуждающимся в хирургическом лечении по поводу тяжелых ОСПАНК, возникает необходимость в ампутации конечности [6, с. 420; 7, с. 212].

Современные авторы указывают на высокую актуальность вопроса дифференцированного подхода к хирургическому лечению больных с поражением артерий берцово-стопного сегмента. В настоящее время крайне актуальной и широко обсуждаемой является проблема обоснованного выбора между открытыми и эндоваскулярными операциями [8, с. 160; 9, с. 115]. Для решения данного вопроса с позиций доказательной медицины необходимо проведение исследований, направленных

Таблица 1. Анализ отдаленных клинических результатов открытых операций при поражении берцово-стопного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Выбывшие из исследования, n	Частота клинического успеха, %
6	96	8	92,19
12	89	7	88,93
24	85	4	83,78
36	79	6	80,41
48	71	8	79,69
60	60	11	76,05

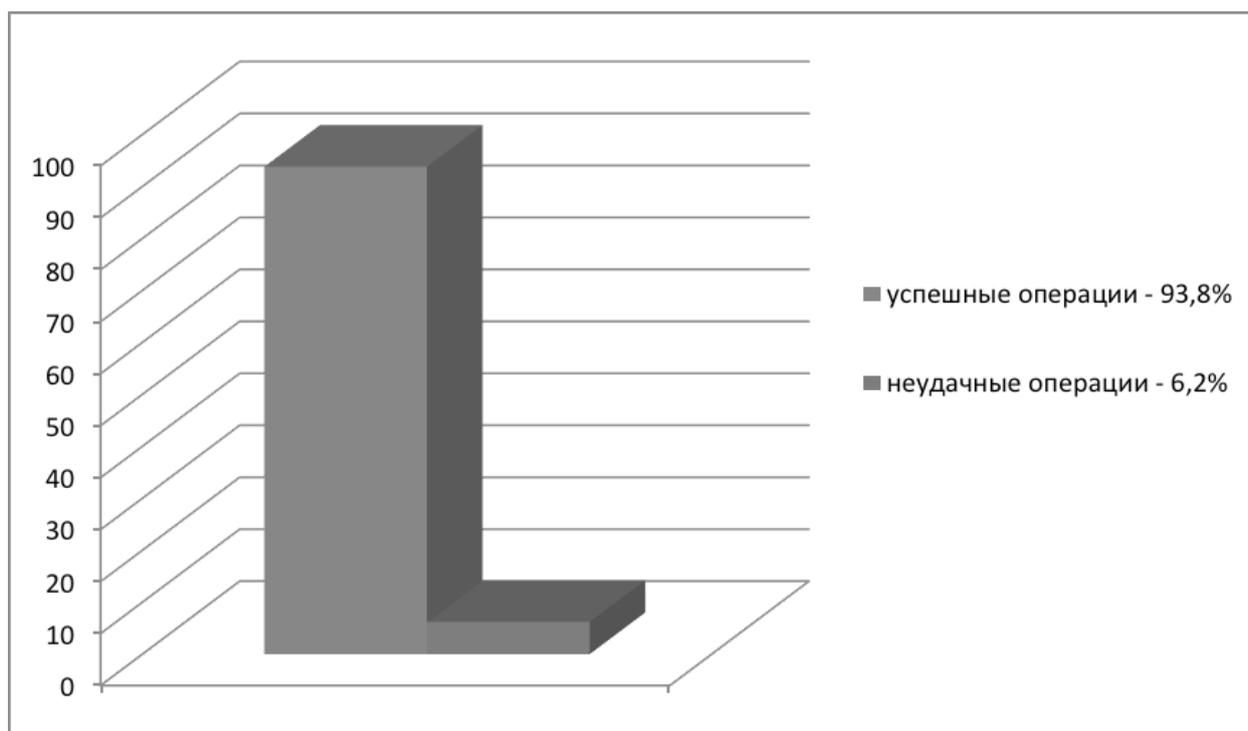


Рис. 1. Соотношение частоты успешных и неудачных открытых операций у больных с поражением артерий берцово-стопного сегмента.

на выявление ближайших и отдаленных результатов каждого из методов оперативных вмешательств.

### Материалы и методы

В исследование включены 48 случаев открытых реконструктивных вмешательств, проведенных пациентам с поражениями артерий берцово-стопного сегмента, проходивших лечение в отделение РХМДЛК и сосудистой хирургии ГКБ № 57 г. Москвы (клиническая база кафедры факультетской хирургии ГБОУ ВПО Российский национальный исследовательский медицинский университет Росздрава) в период с января 1990 г. по январь 2013 г. с диагнозами «перемежающаяся хромота» и «критическая ишемия нижней конечности» [5, с. 140].

В качестве открытого вмешательства при поражениях берцово-стопного сегмента выполняли бедренно-берцовое шунтирование. При проведении исследования выполняли анализ эффективности операций путем исследования таких показателей, как частота ангиографического успеха и отдаленные клинические результаты в течение 5 лет после проведения реваскуляризации [4, с. 75].

Статистическую обработку данных выполняли с помощью методов описательной статистики. Характер распределения данных оценивали графическим методом и с использованием критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Для обработки данных с нормальным распределением применяли параметрические методы: для сравнения двух независимых групп — t-критерий Стьюдента, для сравнения результатов первоначаль-

Таблица 2. Результаты анализа первичной проходимости в течение 5 лет после открытых операций при поражении берцово-стопного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Число рестенозов	Первичная проходимость, %
6	96	3	96,88
12	89	4	92,13
24	85	4	87,06
36	79	7	77,22
48	71	3	70,42
60	60	2	61,67

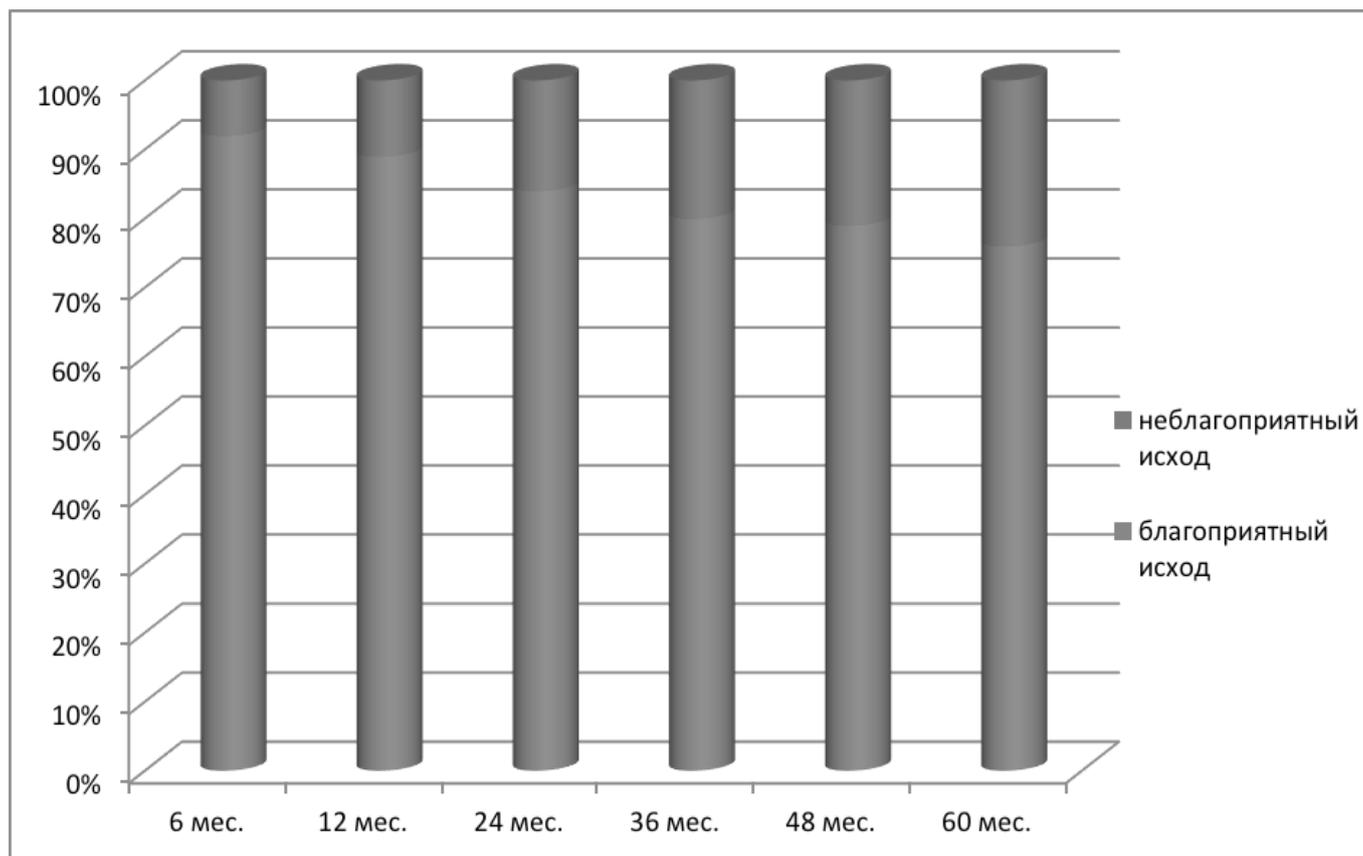


Рис. 2. Соотношение частоты благоприятных и неблагоприятных клинических исходов у пациентов с поражением артерий берцово-стопного сегмента в зависимости от временного периода наблюдения.

ного и повторного обследования — парный t-тест. При распределении данных, отличном от нормального, использовали непараметрические методы: критерий Манна–Уитни, критерий Уилкоксона. Различия между показателями считали значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты исследований

При выполнении анализа результатов открытых операций у больных с поражением артерий берцово-стопного сегмента отмечено, что ангиографический успех был достигнут в 46 случаях из 48 операций, что составило 93,8% (рис. 1).

Результаты анализа отдаленных клинических результатов в течение пятилетнего периода послеоперационного наблюдения после открытых операций у пациентов с поражениями артерий берцово-стопного сегмента представлены в таблице 1.

Исходя из представленных выше данных, частота клинического успеха открытых операций у пациентов с поражениями артерий берцово-стопного сегмента через 5 лет после вмешательства составила 76,05%.

На рисунке 2 представлено соотношение благоприятных и неблагоприятных клинических исходов в зави-

Таблица 3. Анализ частоты сохранения конечности в течение 5 лет после открытых операций при поражении берцово-стопного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Случаи ампутации конечности	Частота сохранения конечности, %
6	96	1	95,96
12	89	3	94,63
24	85	1	94,12
36	79	4	88,61
48	71	1	84,51
60	60	2	80,0

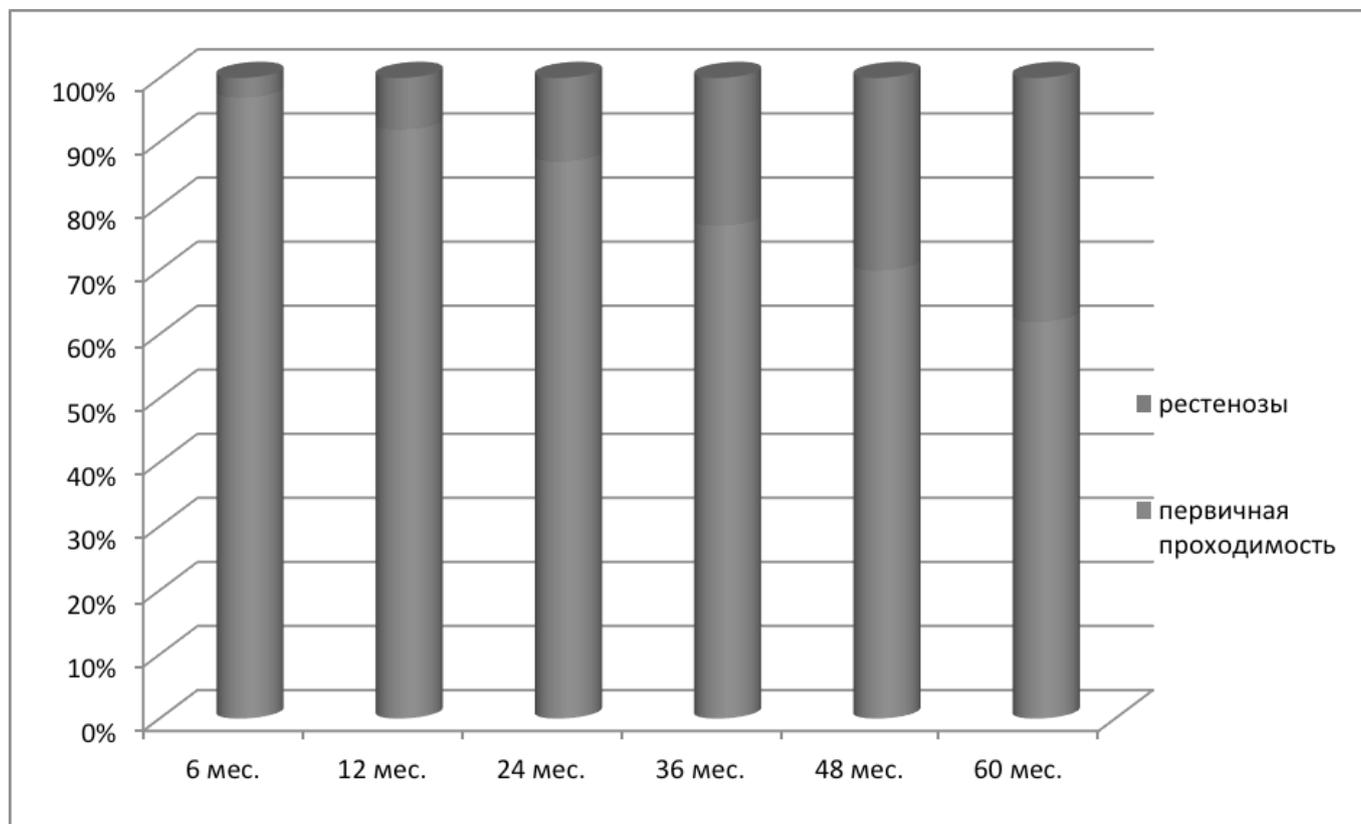


Рис. 3. Соотношение частоты рестенозов и первичной проходимости в разные сроки после проведения открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента.

симости от временного периода послеоперационного наблюдения.

Результаты анализа первичной проходимости артерий в течение пятилетнего периода наблюдения после открытых операций у пациентов с поражением артерий берцово-стопного сегмента приведены в таблице 2.

Таким образом, в течение 5 лет после открытых операций у пациентов с поражением артерий берцово-стоп-

ного сегмента отмечено 23 случая рестенозов, а показатель первичной проходимости составил 61,67%.

Показатели частоты рестенозов и первичной проходимости в течение пятилетнего послеоперационного периода после проведения открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента представлены на рисунке 3.

Согласно полученным данным, в период между 6-ю и 60-ю месяцами после выполнения открытых операций

Таблица 4. Анализ выживаемости в течение 5 лет после открытых операций при поражении берцово-стопного сегмента

Период наблюдения, мес.	Число пациентов, n	Число летальных исходов	Уровень выживаемости, %
6	96	2	97,92
12	89	1	96,63
24	85	3	92,94
36	79	0	91,55
48	71	2	88,73
60	60	1	85,0

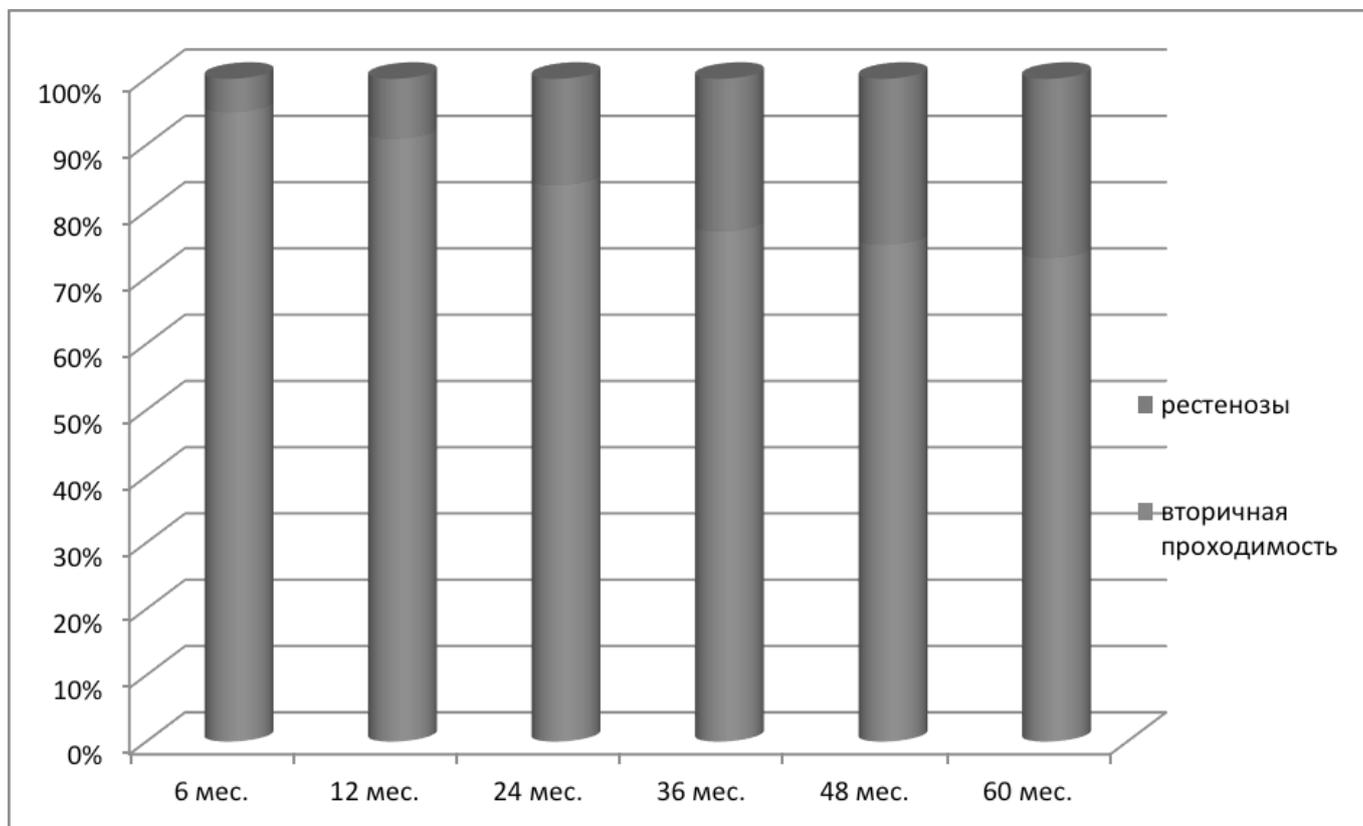


Рис. 4. Динамика частоты рестенозов и вторичной проходимости после открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента.

по поводу поражения артерий берцово-стопного сегмента первичная проходимость снизилась на 35,21%.

При проведении анализа частоты рестенозов и вторичной проходимости после открытых операций у больных с поражениями артерий берцово-стопного сегмента установлено, что уровень вторичной проходимости составлял: через 6 месяцев послеоперационного наблюдения — 95,12%; через 12 месяцев — 90,11%, через 24 месяца — 83,68%, через 36 месяцев — 77,16%, через 48 месяцев — 75,22%, через 60 месяцев — 72,89%.

На рисунке 4 отображена динамика частоты рестенозов и вторичной проходимости в течение 5 лет после проведения открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента.

В ходе проведения исследования, направленного на изучение отдаленных клинических исходов открытых операций при поражении берцово-стопного сегмента, был выполнен анализ частоты сохранения конечности и случаев ампутации в течение пятилетнего периода наблюдения после операции (табл. 3).

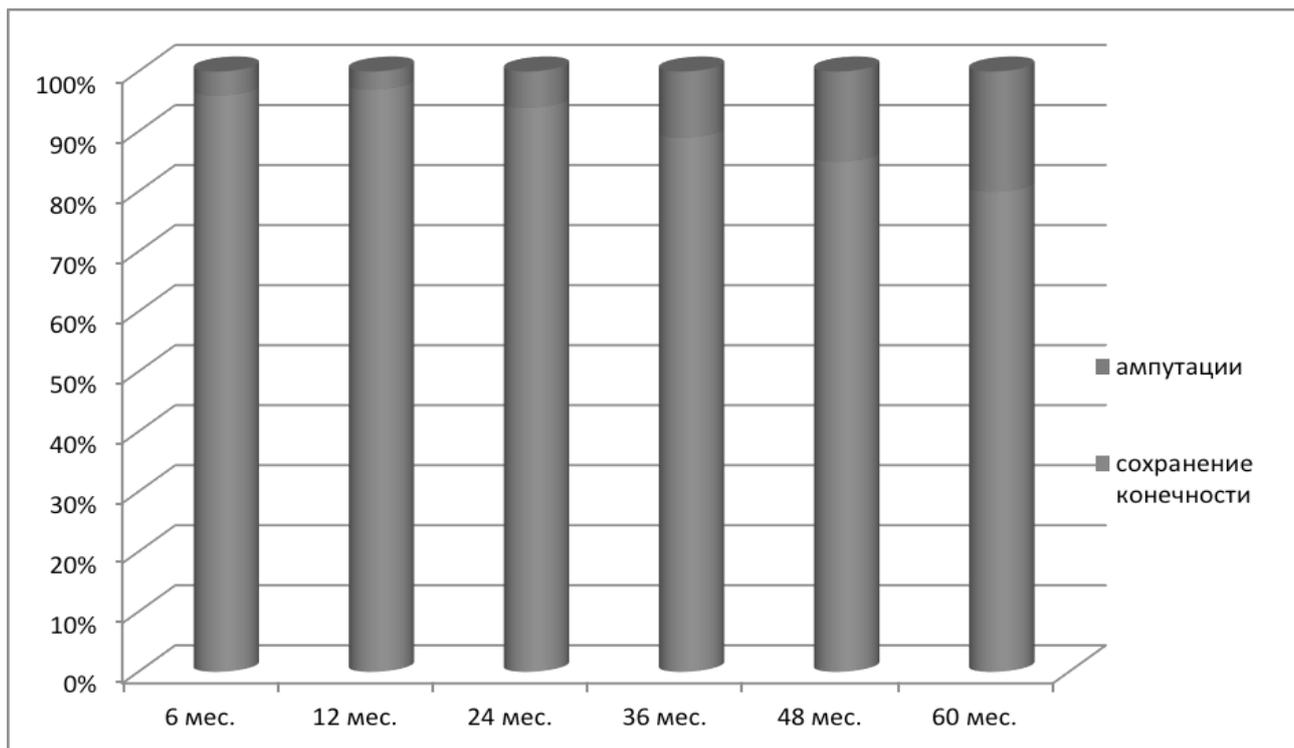


Рис. 5. Динамика частоты ампутаций и сохранения конечности в течение 5 лет после выполнения открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента.

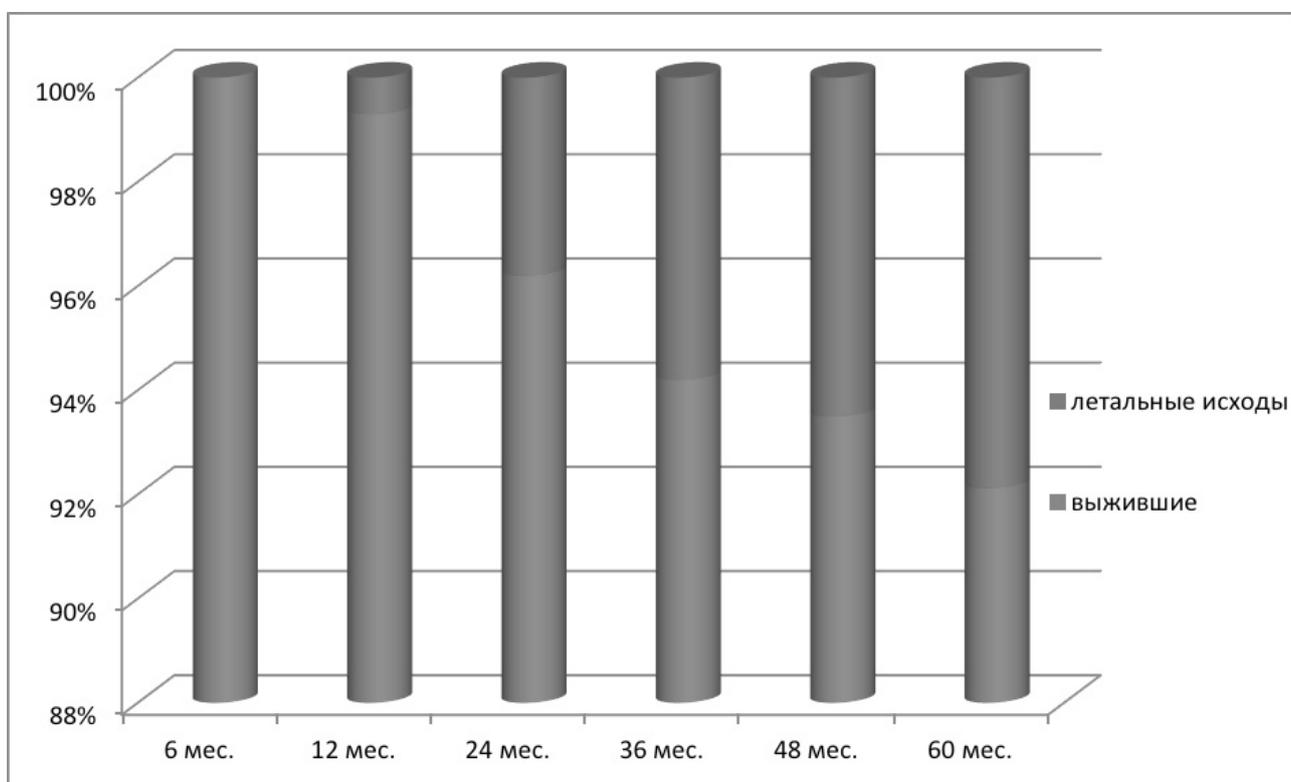


Рис. 6. Динамика частоты послеоперационных летальных исходов среди больных с поражениями артерий берцово-стопного сегмента в течение 5 лет после выполнения открытой операции.

Таким образом, в течение 5 лет после проведения открытых операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента необходимость в выполнении ампутаций возникла у 12 пациентов. Частота сохранения конечности у данной категории больных в течение пятилетнего периода послеоперационного наблюдения составила 80,0%.

На рисунке 5 представлена динамика частоты ампутаций и сохранения конечности в течение 5 лет после операции.

В таблице 4 представлены результаты анализа послеоперационной выживаемости пациентов с поражением артерий берцово-стопного сегмента в течении пятилетнего периода после выполнения открытых вмешательств.

Согласно приведенным выше данным, отмечено 9 летальных исходов среди пациентов с поражением артерий берцово-стопного сегмента в течение 5 лет после

выполнения открытых операций. Показатель выживаемости через 5 лет после оперативного вмешательства составил 85,0%.

Динамика частоты летальных исходов у пациентов с поражениями артерий берцово-стопного сегмента в течение пятилетнего периода послеоперационного наблюдения приведена на рисунке 6.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно данным, полученным при проведении анализа результатов бедренно-берцового шунтирования, установлено, что выполнение открытых реконструктивных операций по поводу поражений артерий берцово-стопного сегмента сопровождается следующими исходами: частота ангиографического успеха составляет 93,8%, частота клинического успеха — 76,05%, первичная проходимость — 61,67%, вторичная проходимость — 72,89%, частота сохранения конечности — 80,0%, выживаемость — 85,0%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алуханян О. А. Использование предварительно подготовленной V. Cephalica при операциях бедренно-дистального шунтирования / О. А. Алуханян, Х. Г. Мартиросян, А. С. Аристов // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2010, Т. 16, № 1.
2. Гавриленко, А. В. Влияние тактических ошибок на результаты хирургического лечения пациентов с критической ишемией нижних конечностей / Гавриленко А. В., Котов А. Э., Муравьева Я. Ю. // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2010, Т. 16, № 1.
3. Казанчян П. О. Хирургическая реваскуляризация нижних конечностей при критической ишемии / П. О. Казанчян, В. А. Попов, Ю. В. Дебелый, А. А. Белкин // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2000, Т. 6, № 3.
4. Кротовский Г. С. Тактика лечения пациентов с критической ишемией нижних конечностей / Г. С. Кротовский, А. М. Зудин, М.: 2005.
5. Черненко В. Ф., Гончаренко А. Г., Шувалов А. Ю., и др. Потеря трудоспособности и динамика инвалидизации больных с поражениями сосудов конечностей // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 2005, Т. 11, № 2.
6. Cambou J.P., Aboyans V. Characteristics and outcome of patients hospitalized for lower extremity peripheral artery disease in France: the COPART registry // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.*, 2010, Vol. 39, № 5.
7. Flu H., van der Hage J. H., Knippenberg B. et al. Treatment for peripheral arterial obstructive disease: An appraisal of the economic outcome of complications // *J. Vasc. Surg.*, 2008, Vol. 48.
8. Głowiczki P. Vascular and endovascular surgeon: The vascular specialist for the 21st century and beyond // *J. Vasc. Surg.*, 2006, 43.
9. Nowygrod R., Egorova N., Greco G., Anderson P., Gelijns A., Moskowitz A., McKinsey J., Morrissey N., Kent K. C. Trends, complications, and mortality in peripheral vascular surgery // *J. Vasc. Surg.*, 2006, Vol. 43, № 2.

## ДИНАМИКА УРОВНЯ НЕКОТОРЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА В КРОВИ У ДЕТЕЙ ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ ДАГЕСТАНА

### DYNAMICS OF THE LEVEL OF SOME METABOLITES OF ENERGY METABOLISM IN THE BLOOD OF CHILDREN LIVING IN THE HIGHLANDS OF DAGESTAN

*M. Magomedova  
Z. Kaplanova*

*Summary.* The work is devoted to the study of the level of some metabolites of energy metabolism in blood in children and adolescents living in the highlands of Dagestan. The received results of researches show that the level of some metabolites of lipid (energy) metabolism in blood in children and adolescents undergo certain definite changes due to age, as well as in the autumn and spring periods.

*Keywords:* lipids, cholesterol, phospholipids, triglycerides, non-esterified fatty acids.

*Магомедова Мадина Алиасхабовна*

*К.б.н., доцент, Дагестанский государственный  
медицинский университет*

*Капланова Заира Абдулхаликовна*

*К.м.н., доцент, Дагестанский государственный  
медицинский университет*

*Аннотация.* Работа посвящена изучению уровня некоторых метаболитов энергетического обмена в крови у детей и подростков проживающих в условиях высокогорья Дагестана. Полученные результаты исследований показывают, что уровень некоторых метаболитов липидного (энергетического) обмена в крови у детей и подростков претерпевают определенные, закономерные изменения в связи с возрастом, а также в осенний и весенний периоды.

*Ключевые слова:* липиды, холестерин, фосфолипиды, триглицериды, неэстерифицированные жирные кислоты.

**В** период роста и развития детей и подростков существенным критерием является согласованность их внутренних метаболических процессов и направлена на поддержание постоянства внутренней среды, обеспечивающего жизнедеятельность организма в целом. В связи с этим изучение особенностей метаболизма липидов, углеводов и белков в период роста и развития детей должно включать исследования особенностей протекания химических процессов в различных органах и системах. Исследованиями последних лет установлена тесная связь метаболических показателей периферической крови, характером и уровнем развития организма ребенка. Показано изменение цитохимического профиля крови у детей и подростков при различных функциональных состояниях. В частности, к настоящему времени достаточно хорошо аргументирована точка зрения, что особенности обмена веществ в клетках крови ее структурные и физико-химические преобразования отражают состояние кроветворения организма в целом. Процессы метаболизма, лежащие в основе всех функций клеток, тканей и всего организма в целом выявляют генетически биологические ритмы, в конечном счете, отражающие адаптацию организма особенно детей и подростков к меняющимся условиям внешней среды.

В связи с выше изложенным, изучение биохимических сторон функционирования организма имеет

существенное значение, поскольку в период роста и развития организма детей, проживающих в различных экологических условиях, очевидно, происходят существенные изменения, как в морфологическом, так и в функциональном отношении. Адаптация организма ребенка к различным природно-климатическим условиям в значительной степени обусловлена состоянием липидного обмена. В различных природно-климатических условиях в адаптации организма существенную роль играют липиды в энергетических процессах, поддержании активности ферментных систем, синтеза ряда биологически активных веществ, сохранении структурно-функциональных свойств клеточных мембран. В реализации данных функций важное значение принадлежит холестерину, фосфолипидам, в связи с чем исследование их обмена может быть критерием в оценке функционального состояния детей и подростков находящихся в экстремальных климатоприродных условиях.

В тоже время результаты исследований в этом плане практических одиночны; полученные экспериментальные данные иногда противоречивы.

Исходя из этих предпосылок, нами были проведены исследования по изучению уровня некоторых метаболитов липидного обмена сыворотки крови у детей и подростков, проживающих в условиях высокогорья Дагестана.

Таблица 1. Динамика уровня некоторых метаболитов энергетического обмена в сыворотке крови у детей и подростков, проживающих в условиях высокогорья Дагестана.

Показатели	Возраст (лет)				
	9	11	13	15	17
	м±т	м±т	м±т	м±т	м±т
Общие липиды, мг%	248,1±3,5	299,7±6,5	360,3±7,5	448,4±4,3	485,1±10,1
	225,3±4,3	265,3±7,1	337,4±4,7	407,1±4,1	430,3±8,1
Триглицериды, ммоль/л	0,75±0,08	0,95±0,04	1,15±0,02	1,37±0,02	1,58±0,03
	0,67±0,07	0,84±0,04	1,10±0,01	1,30±0,01	1,47±0,01
Фосфолипиды, мг/100мл	75,1±3,5	107,4±3,1	129,4±7,1	159,3±4,1	184,3±5,4
	61,5±4,1	81,4±4,3	113,1±4,5	120,1±1,3	129,1±6,5
Холестерин, ммоль/л	2,1±0,03	2,9±0,4	3,6±0,6	4,5±0,8	5,1±0,5
	1,9±0,1	2,5±0,05	3,1±0,5	3,9±0,7	4,8±0,1
НЭЖК, мкгэкв/л	437,1±4,3	520,1±9,1	613,4±3,1	625,4±4,5	530,3±7,4
	415,1±3,7	439,4±4,1	475,3±4,8	503,4±9,1	407,3±11,3

Примечание: в числителе, показатели осенью, в знаменателе — весной.

Объект исследований и условия проведения опытов.

Объектом исследований были дети и подростки, проживающие в высокогорных условиях Дагестана (Хунзах) в возрасте (9.11, 13.15 и 17 лет). Исследования проводили осенью и весной. Для проведения исследований в возрастном аспекте нами были подобраны по принципу аналогов (возраст, масса тела, рост и здоровье) у 35 учеников в общем (17 мальчиков и 18 девочек). Результаты анализов обрабатывали общепринятым методом вариационной статистики по Стьюденту-Фишеру, описанным у Асатиани В. С. в 1965 г.

#### Методики биохимических анализов

Подготовка образцов тканей для анализа. Образцы крови для проведения анализа метаболитов энергетического обмена (общих липидов, триглицеридов, фосфолипидов, холестерина и незэстерифицированных жирных кислот) стабилизировали гепарином, немедленно центрифугировали и слитую плазму хранили в морозильной плазме холодильника для проведения анализов. Все анализы проводили в 3–4 кратности (параллелях). Определение общих липидов проводили по методу Фолча (1957); триглицеридов по методу Ломбериды и Нейта в модификации Покровского (1965); фосфолипидов по методу Бартлета в модификации Асчера (1958); незэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), по методу Дитсове (1964).

#### Результаты исследования

Результаты исследования показывают неодинаковые изменения уровня (концентрации) изученных метаболитов энергетического (липидного) обмена в исследованные возрастные периоды. В частности,

эта неоднозначность проявляется в том, что содержание общих липидов существенно увеличивается с 9-ти до 17-ти лет т.е. в исследованные возрастные периоды в условиях высокогорья осенью и весной. Оно составляло 248,1±3,5 мг% в возрасте 9 лет и 485,1±10,1 мг%, в возрасте 17 лет в осенний период (таблица № 1). В весенний период также отмечается аналогичное повышение содержания общих липидов в сыворотке крови у детей и подростков с 9-ти до 17 лет и оно составляло 225,3±4,3 мг%, 430,3 ± 81 мг% соответственно в исследованные возрастные периоды. Повышение концентрации общих липидов с 9-ти до 17 лет в сыворотке крови у детей и подростков возросло более чем в полтора раза.

Однако, при сравнении концентрации общих липидов в сыворотке крови у детей и подростков осенний и весенний периоды проживающих в условиях высокогорья Дагестана, то наблюдается незначительное увеличение уровня их содержания в осенний период в сравнении с весенним.

Отмечаются аналогичные изменения содержания триглицеридов в сыворотке крови у детей и подростков в исследованные возрастные периоды, однако в количественном отношении их содержание значительно меньше.

В частности, содержание триглицеридов в сыворотке крови у детей в возрасте 9 лет составляло 0,75±0,08 ммоль/л осенью, а весной 0,67±0,07 ммоль/л. В последующие возрастные периоды отмечается увеличение содержания триглицеридов в сыворотке крови. В 17-ти летнем возрасте их концентрация в сыворотке крови составляло 1,58±0,03 ммоль/л и 1,47±0,01 ммоль/л осенний и весенний периоды, соответственно.

Содержание фосфолипидов в сыворотке крови у детей и подростков увеличивается существенно по мере роста и развития. Оно составляло в осенний период  $75.1 \pm 3.5$  мг/ммоль в 9-ти летнем возрасте. В последующие возрастные периоды наблюдается практически равномерное увеличение содержания фосфолипидов в сыворотке крови у детей и подростков и в 17-ти летнем возрасте оно составляет  $184.3 \pm 5.4$  мг/100 мл. Концентрация фосфолипидов в сыворотке крови у детей и подростков существенно (более два раза) увеличивается с 9-ти до 17 лет.

Однако, при сравнении концентрации фосфолипидов в сыворотке крови у детей и подростков осенний и весенний периоды проживающих в условиях высокогорья Дагестана то наблюдается незначительное увеличение уровня их содержания в осенний период в сравнении с весенним. Исследования показали, что содержание холестерина в сыворотке крови осенью у детей и подростков увеличивается также с 9-ти лет до 13 лет более существенно, и оно составляло  $2.1 \pm 0.03$  ммоль/л —  $3.6 \pm 0.06$  ммоль/л, соответственно. Однако, более существенное увеличение холестерина в сыворотке крови у подростков отмечено 17-ти летнем возрасте и оно составляло  $5.1 \pm 0.5$  ммоль/л, в осенний период. В тоже время в весенний период исследования также отмечается аналогичное изменение (возрастание) уровня холестерина в сыворотке крови у детей и подростков в исследованные возрастные периоды. В частности, если в 9-ти летнем возрасте содержание холестерина в сыворотке крови у детей составляло  $1.9 \pm 0.1$  ммоль/л, то к 17-летнему возрасту у подростков оно существенно увеличивается более, чем два раза и составляло  $4.8 \pm 0.1$  ммоль/л.

Содержание неэстерифицированных кислот в сыворотке крови у детей и подростков в исследованные возрастные периоды изменяется практически аналогично изменениям общих липидов, триглицеридов, фосфолипидов, холестерина. Эта однозначность заключается в том, что содержание НЭЖК в сыворотке крови у детей в возрасте 9 лет составляло (осенью)  $437.1 \pm 4.3$  мкгэв/л, а в возрасте 17 лет —  $530.3 \pm 7.4$  мкгэв/л.

К настоящему времени является установленным фактом, что при адаптации человека к экстремальным при-

родным условиям происходит перестройка всех видов обмена белков, жиров, углеводов, витаминов, макро — и микроэлементов. Изучение обмена веществ в высокогорных условиях столь существенны, что позволяет выделить особый метаболический тип. Очевидно, что при «высокогорном» типе метаболизма происходит переход на качественно новый уровень гемостаза, отличающийся большим использованием на энергетические нужды жиров и белков, и меньшим использованием углеводов [3], [5], [6]. Повышение основного обмена, как предполагают ученые [3], [8] является физиологической адаптацией обусловленному влиянием метеорологических и гомеофизиологических факторов. Высокий уровень энергетического обмена, в свою очередь, сопровождается значительным потреблением липидов. Большое значение активации липидного обмена в экстремальных условиях определяется тем, что липиды играют важную регуляторную роль в адаптации к резко изменяющимся условиям температурного режима окружающей среды, путем изменения вязкости мембран клеток [4]. Именно большое значение в повышении устойчивости организма человека к действию экстремальных климато-географических факторов высокогорья придается адаптивным метаболическим перестройкам мембран клеток. Получены данные о том, что гомеовязкостная адаптация мембран к холоду и гипоксии сопровождается накоплением в них липидов и перестройке фосфолипидов, делающих мембрану более стабильной [2].

При изучении закономерностей индивидуального развития организма существенное значение имеют исследования промежуточных продуктов метаболизма углеводов, жиров и белков. Содержание в крови таких метаболитов, как общие липиды, триглицериды, фосфолипиды и т.д., видимо зависит от многочисленных факторов, в том числе от экологических условий.

Анализируя полученные данные по определению общих липидов, триглицеридов, фосфолипидов, свободных жирных кислот, холестерина в сыворотке крови у детей и подростков Дагестана проживающих в условиях высокогорья выявлены закономерные изменения этих метаболитов в исследованные возрастные периоды, которые имеют существенное значение как в научном, так и в прикладном отношении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асатиани В. С. Новые методы биохимической фотометрии // М. Издательство «Наука» — 1965. — 465–510.
2. Зайцева О.И., Терещенко В. П., Колодяжная Т. А., Дворяшина Е. М. Адаптивные вариации фосфолипидного состава мембран эритроцитов у детей различных регионов Сибири. // Сиб. мед. обозрение. 2008, т. 51 № 3 с. 18–21
3. Казначеев В. П. Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина 1980. 200 с.
4. Коломийцева И. К. Липиды в гибернации и искусственном гипобиозе млекопитающих (обзор) // Биохимия. 2011. Т. 76, № 12. С. 1604–1614.
5. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс, профилактика. М.: Наука, 1981. 229 с.

6. Панин Л. Е. Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 192 с.
7. Покровский А. А., Шейман М. Б., Поленицина Р. А. Вопросы медицинской химии; 1965, 11, 4:72
8. Хаснулин В. И., Хаснулина А. В. Этнопсихофизиологические механизмы выживания коренных жителей севера в экстремальных климатогеографических условиях. // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М.: Paulsen, 2011. с.254–267
9. Bartlett T.R. цит. по Архипову А. В. в кн.: Методические указания по исследованию липидного обмена у с.-х. животных. Боровск. 1973. с. 687
10. Dumcombe W. G. Acta. 1964, V.9.P.122–125
11. Folcher J., Lees M. Sloane Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 1957, 226, p.497–509

© Магомедова Мадина Алиасхабовна, Капланова Заира Абдулхаликовна.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА CAD/CAM СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЮГЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

### SELECTION CRITERIA CAD/CAM SYSTEM FOR THE MANUFACTURE OF CLASP PROTHESIS. ESPECIALLY COMPUTER SIMULATION

**M. Mikhaylova**  
**A. Klimova**  
**N. Buhametova**  
**R. Shagibalov**

*Summary.* The article presents Spaniel evaluation of various CAD systems with their physical and chic properties, with the possibility of their application in prosthetic dentistry, especially for the manufacture of bugle protest. Chastity treatment of missing teeth among the variety of Clinic situations in the oral cavity is one of the most important places in prosthetic dentistry [7]. Up to 75% of people all over the world suffer from this pathology [2,5]. Chest absence of teeth may lead to reduced quality of life patients want problems with the chewing of food, bones, dysfunction Los TMJ, violation of Bank of the mandible, which may lead to a complete Potter's teeth [2]. In order to avoid the development of lone, one way For the same sub RD defects is to protesters semi Protein. In the most effective functional-morphological recovery plan class Sub RD are bugle protests [5,4].

For a long time prostheses were made using classical technologies, which required considerable time and material costs [8]. In 1995, for the first time in practice in domestic dentistry, CAD/CAM technology for obtaining digital models of teeth received its application [14]. CAD / CAM stands for « Computer Assisted Design/computer Assisted Manufacturing», which translated into Russian sounds like « computer design/computer-controlled manufacturing « [8]. CAD / CAM — technology allows to obtain dental frames of dentures of the highest accuracy, good biocompatibility with minimal time and technical costs without the participation of dental technician [8,14]. At the moment CAD/CAM systems are considered to be the most modern technology of dental prosthesis frames production, but they are mainly aimed at making fixed dentures [8,14,9].

To create a digital model of the prosthesis is only a small part of the presented programs on the market, these include: «Cerec in Lab», «3Shape», «Exocad» [9].

*Keywords:* milling clasp prosthesis, a scanner, a virtual model.

**Михайлова Мария Владимировна**

*Ассистент, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И. М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)  
stom-maria@mail.ru*

**Климова Анастасия Андреевна**

*Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И. М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)*

**Бухарметова Наина Наилевна**

*Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И. М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)*

**Шагибалов Руслан Римович**

*Аспирант, Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И. М. Сеченова  
Минздрава России (Сеченовский Университет)*

*Аннотация.* В статье представлена сравнительная оценка различных CAD/CAM систем с их физико-химическими свойствами, с возможностью их применения в ортопедической стоматологии, особенно для изготовления бюгельных протезов.

Лечение частичного отсутствия зубов среди всего разнообразия клинических ситуаций в полости рта занимает одно из наиболее важных мест в ортопедической стоматологии [7]. Данной патологией страдает до 75% людей во всем мире [2,5].

Частичное отсутствие зубов может привести к снижению качества жизни пациента: возникнут проблемы с пережевыванием пищи, дикцией, дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава, нарушением биомеханики нижней челюсти, что в дальнейшем может привести к полной потере зубов [2]. Во избежание развития осложнений одним из способов для замещения дефектов зубных рядов является протезирование съёмными протезами. Наиболее эффективными в функционально-морфологическом плане восстановления целостности зубных рядов являются бюгельные протезы [5,4]. Необходимо помнить о том, что восстановление стоматологического здоровья следует проводить с учетом сложившихся эстетических представлений [13].

На протяжении длительного времени протезы изготавливали по классическим технологиям, которые требовали значительных временных и материальных затрат [8]. В 1995 году впервые на практике в отечественной стоматологии свое применение получила CAD/CAM технология для получения цифровых моделей зубов [14].

CAD/CAM расшифровывается как «Computer Assisted Design/Computer Assisted Manufacturing», что в переводе на русский звучит как «компьютерный дизайн/производство под управлением компьютера» [8]. CAD/CAM —

технология позволяет получать без участия зубного техника каркасы зубных протезов высочайшей точности, хорошей биосовместимости при минимальных временных и технических затратах [8,14]. На данный момент системы CAD/CAM считается самой современной технологией производства каркасов зубных протезов, но в основном они нацелены на изготовление несъёмных зубных протезов [8,14,9].

На сегодняшний день система CAD/CAM широко используется для моделирования и создания вкладок, коронок, виниров и мостовидных протезов [19].

Для создания цифровой модели бюгельного протеза предназначена лишь незначительная часть из представленных на рынке программ, в их число входят: «Cerec in Lab», «3Shape», «Exocad» [9].

*Ключевые слова:* фрезерование, бюгельный протез, сканер, виртуальная модель.

**В** последние десятилетия в стоматологии активно ведутся поиски новых технологий, позволяющие заменить многие клиничко-лабораторные этапы изготовления зубных протезов. Ярким примером тому может послужить CAD/CAM технология, позволяющая автоматизировать процесс изготовления ортопедической конструкции.

В данной статье проведено исследование системы CAD/CAM при изготовлении каркаса бюгельного протеза, определены положительные и отрицательные свойства данной технологии.

### Цель работы

Повысить эффективность ортопедического лечения бюгельными протезами с помощью изучения различных CAD/CAM систем, применяемых в стоматологии. Изучить основные алгоритмы работы с CAD/CAM технологиями и на основании этого выявить преимущества в сравнении с классическим методом изготовления бюгельных протезов.

### Материалы

Внутриротовой сканер, аппараты для фрезерования, CAD/CAM системы.

Технология CAD/CAM включает следующие этапы:

1. Сканирование. Сбор данных о рельефе поверхности протезного ложа специальным устройством. Оцифрованные данные сохраняются в формате STL (stereolit phography -формат файла, используемый для хранения трёхмерных моделей объектов).
2. Моделирование. Получив со сканера оцифрованную информацию о рельефе поверхности, зубной техник моделирует конструкции, на экране монитора исходя из клинической ситуации, (этап CAD)
3. Программирование обработки. Непосредственное изготовление самого зубного протеза на основе определённого набора команд, выработанных системой. (этап CAM)

4. Обработка реставрации на фрезерном станке с ЧПУ. Создается трёхмерная модель, ранее созданная на компьютере.

5. Термическая обработка (агломерация). Подвергаются модели, созданные из диоксида циркония [3].

*Сканирование.* Существует 2 вида сканеров (дигитайзеров) для считывания информации о рельефе поверхности и перевод ее в цифровой формат: оптические и механические.

Основное отличие оптического слепка от обычной плоской цифровой фотографии объекта состоит в том, что он является трехмерным. Устройство для получения оптического слепка, как правило, состоит из источника света и фотодатчика, преобразующего отраженный от объекта свет в поток электрических импульсов. Механические сканирующие системы считывают информацию с рельефа контактным зондом, который шаг за шагом передвигается по поверхности согласно заданной траектории. Прикасаясь к поверхности, устройство наносит на специальную карту пространственные координаты всех точек контакта и оцифровывает их. Процедура внутриротового сканирования занимает 3–4 минуты [1].

В одном из проведенных исследований сравнительного анализа между традиционным методом снятия оттиска с использованием слепочных масс и методикой «оптического слепка» с помощью интраорального сканера 3Share TRIOS. Из 48 пациентов лишь незначительная часть отнеслась негативно к внутриротовому сканированию. Общее предпочтение пациентов было отдано в пользу методики «оптического слепка» несмотря на то, что в целом времени затрачивалось больше, чем для традиционного метода снятия оттиска [19].

Выбор метода трехмерного сканирования следует производить исходя из удобств проведения методики для оператора (врача) и удобства для пациента [10].

По данным сканера на основе цифровой информации о рельефе поверхности протезного ложа, специальное программное обеспечение предлагает

врачу наиболее приемлемый вариант будущей конструкции — компьютерную модель. Степень вмешательства пользователя в систему CAD/CAM может меняться от минимальных настроек до существенного изменения конструкции, даже в наиболее автоматизированных системах [1].

Для построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном относительно друг друга положении, получают оптические слепки улыбающегося лица пациента и лица с оттисковой ложкой в полости рта, на внешней поверхности которой нанесены маркеры. В результате получают две трехмерные модели верхней челюсти — без оттиска и с оттиском и трехмерную модель нижней челюсти, которые сопоставляют между собой по точкам с нанесенными маркерами на оттисковую ложку или по конгруэнтным областям, затем таким же способом сопоставляют оптические слепки лица и челюстей [12].

Широкое применение получило трехмерное анимированное моделирование будущей конструкции бюгельного протеза, которое позволит ускорить процесс создания виртуальной модели и сделать его более наглядным. На экране монитора врач может рассмотреть конструкцию протеза со всех сторон и внести необходимые поправки [1].

При помощи таких виртуальных трехмерных моделей челюстей также можно провести динамическое наблюдение за изменениями рельефа протезного ложа до и после хирургического вмешательства, которое проводится с целью восстановления утраченных контуров десны [11]. Затем, виртуальная модель в форме последовательных команд передается на производственный модуль, где, благодаря высокоточным движениям инструментов, производится фрезерование [1].

Для фрезерования конструкции зубного протеза в станке зажимают стандартный блок материала, подобранный в зависимости от размера и длины конструкции. Затем приступают к калибровке. Фрезерование металла проводится твердосплавными фрезами, а остальных материалов — алмазными [6].

Для изготовления каркасов бюгельных протезов в нашей стране и за рубежом в настоящее время применяется большое количество разнообразных сплавов на основе благородных металлов — золота, платины, палладия, серебра, и неблагородных — на основе никеля или кобальта и хрома. При этом шире применяются сплавы на основе неблагородных металлов, что обусловлено их гораздо более высокой прочностью и значительно более низкой стоимостью по сравнению со сплавами благородных металлов. Однако, применение металлосодер-

жащих протезов может оказывать негативное воздействие на состояние органов и тканей полости рта [15].

В связи с этим, ряд авторов [15] предлагает в качестве материала для каркасов бюгельных протезов у лиц с отягощенным аллергическим анамнезом использовать сплавы титана, являющегося биоинертным материалом. Выходу ионов титана препятствует оксидная пленка, которая покрывает поверхность металла, и его устойчивая гексагональная кристаллическая решетка [18]. Поэтому в электролитах титан не образует гальвано пары и препятствует развитию гальванизма [18]. Изготовление титановых конструкций позволяет избежать симптомов непереносимости, часто возникающих вследствие химико-токсического, электрогальванического и аллергического патологического воздействия традиционных протезов [16].

Для обработки хромокобальтового сплава помимо фрезеровки используется метод лазерного спекания. Механизм спекания подразумевает нанесение порошка металла на округлую пластинку. Виртуальная модель конструкции зубного протеза условно делится на 50 слоев, и соответственно каждому слою идет спекание металлического порошка по принципу «здесь спекаем — здесь не спекаем», до полного спекания зубного протеза [6].

Спектральный анализ при сравнении заготовок после литья металлов и фрезерования показывает наиболее гладкую поверхность после обработки методом фрезерования [10]. Что играет немало важную роль при лечении пациентов с ортопедическими конструкциями.

## Результаты и их обсуждения

Среди представленных в таблице 1 установок фрезерные станки IMES-ICORE, Германия (CORiTEC350i Loader\PRO и CORiTECone) выявляют определенные преимущества: подходят для обработки CAD\CAM блоков из всех доступных на рынке материалов, включая кобальт и хром, обладают самой высокой производительностью — могут работать круглосуточно, имеют наивысшую точность и динамику работы.

Фрезерные станки CORiTEC350i Loader\PRO средние по стоимости среди фрезерных станков IMES-ICORE при этом обладают высочайшими характеристиками: благодаря 5-осевой технологии, могут изготавливать сложные реставрации без последующей доработки. Закрытая система смены фрез (до 20 фрез) вмещает одновременно до 12 заготовок диаметров 98 мм. Уникальная автоматическая система температурной компенсации позволяет достичь наивысшего качества и точности фрезеровки всех материалов за короткое время. Также имеет встроенную систему сухой и влажной обработки с возможно-

Таблица 1. Показатели стоматологических новейших фрезерных станков.

Название	Производитель	Обрабатываемые материалы	Обрабатываемые блоки	Кол-во осей вращения	Кол-во обор/мин.	Мах угол наклона оси вращения	Смена инструментов
CORiTEC one [12]	IMES-ICORE, Германия	Помещенные абатменты, диоксид циркония, оксиды алюминия, PMMA, пластмассы, композиты, воск, стеклокерамика, гибридная керамика	Все распространенные блоки до 65 мм x 40 мм x 20 мм (максим-ые)	4	До 80000	Возможность обработки 360°	6-кратный
CORiTEC350i Loader / PRO [12]	IMES-ICORE, Германия	Кобальтохромовые сплавы, титан, диоксид циркония, оксид алюминия, PMMA, пластмассы, композиты, воск, стеклокерамика, гибридная керамика	Заготовки 98 мм / 98,5 мм, блоки CAD / CAM	5	До 60000	Ось А: 360° / В-Ось: 115	20-ти кратный с защитной крышкой
DT-2 [13]	DYAMACH, Италия	Оксид циркония, кобальтохромовые сплавы, титан, воск, PMMA, композиты	Диски 98+- 0,5 мм	5	До 60'000	А ± 360°, В + 45° ÷ -225°	9-кратный
4W [14]	Roland, Япония	стеклокерамика и композиционные смолы, оксид циркония (доработка спеканием), полиметил метакрилат, воск	Заготовки максимум 40 x 40 x 22 мм	4	До 60000	До 360°	
ZENOTEC Select [15]	WIELAND, Германия	Диоксид циркония, диоксид алюминия, стеклокерамика, кобальтохромовые сплавы, титан.	Цанга 98,5мм (открытая система)	5	До 60000	+/- 180градусов (Оси А) и +30 градусов(Оси В)	

стью поворота осей до 30°, что позволяет фрезеровать и шлифовать высококачественные бюгельные протезы из любого материала.

Новейший фрезерный станок CORiTECone обладает лидирующими характеристиками, однако является самым дорогим.

Фрезерный станок DT-2 (DYAMACH, Италия) также занимает лидирующие позиции, обладая высокими характеристиками: для фрезерования могут использоваться любые материалы CAD\CAM, при этом вертикальный 5-осевой фрезеральный станок с ЧПУ может работать непрерывно. Быструю и точную работу станка обеспечивает бесколлекторный двигатель Mitsubishi. Таким образом, эта система также с успехом используется для фрезеровки каркасов бюгельных протезов.

Таким образом, станки CORiTEC350i Loader\PRO и DT-2 идеально подходят для лаборатории в качестве универсальной системы, способной справиться с любой работой, используя CAD\CAM технологии.

Пяти координатный фрезерный станок отличается от 4-х осевых фрезерных станков состоит в том, что в данном автомате конструкцией предусмотрена шпиндельная головка, имеющая возможность одновременно двигаться в 2 плоскостях, расположенных под углом 90 градусов по отношению к плоскости детали, над которой производится работа. Это означает, что фреза может осуществлять движение вверх-вниз, становиться вдоль и поперек заготовки, и к тому же в конструкцию вносится возможность обрабатывать заготовку фрезой, расположенной под углом к обрабатываемому телу. В ходе сравнения по осям вращения, разницу составляет в одну ось вращения, что является незначительной и принципиально не повлияет на фрезеруемую конструкцию. Так же на качество и ношение в полости рта бюгельных протезов.

Вне зависимости от вида осуществляемых работ и обрабатываемых материалов, результат должен отличаться высокой гладкостью финишного слоя, отсутствием зазубрин, точностью отделки. Поэтому чем выше скорость оборотов, тем изготавливаемая модель протеза получа-

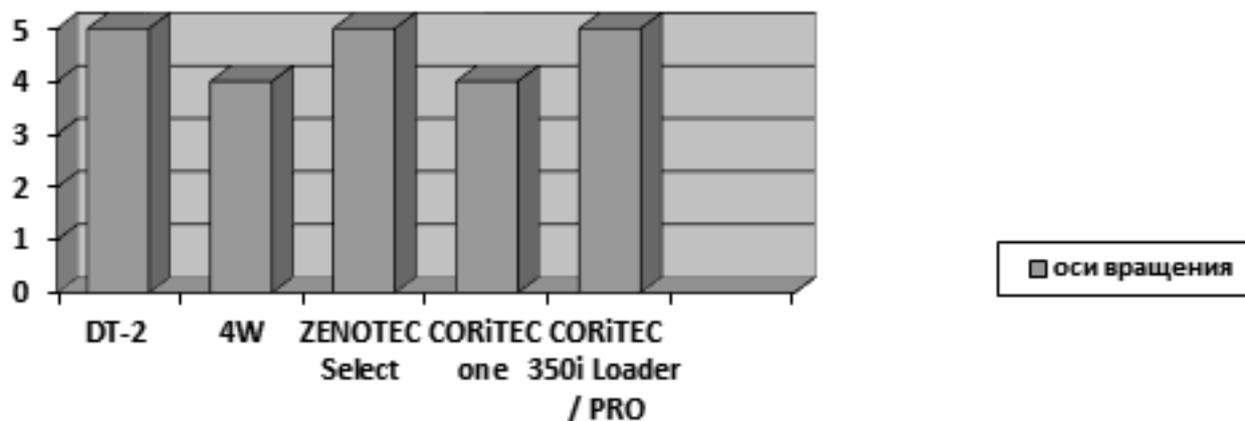


Рис. 1. Сравнение фрезерных станков по количеству осей вращения

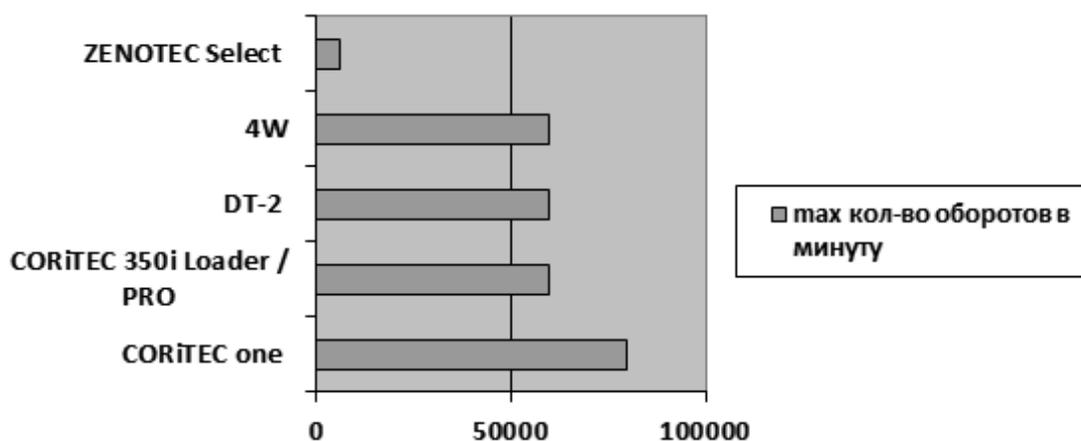


Рис. 2. Сравнение фрезерных станков по максимальной скорости оборотов в минуту.

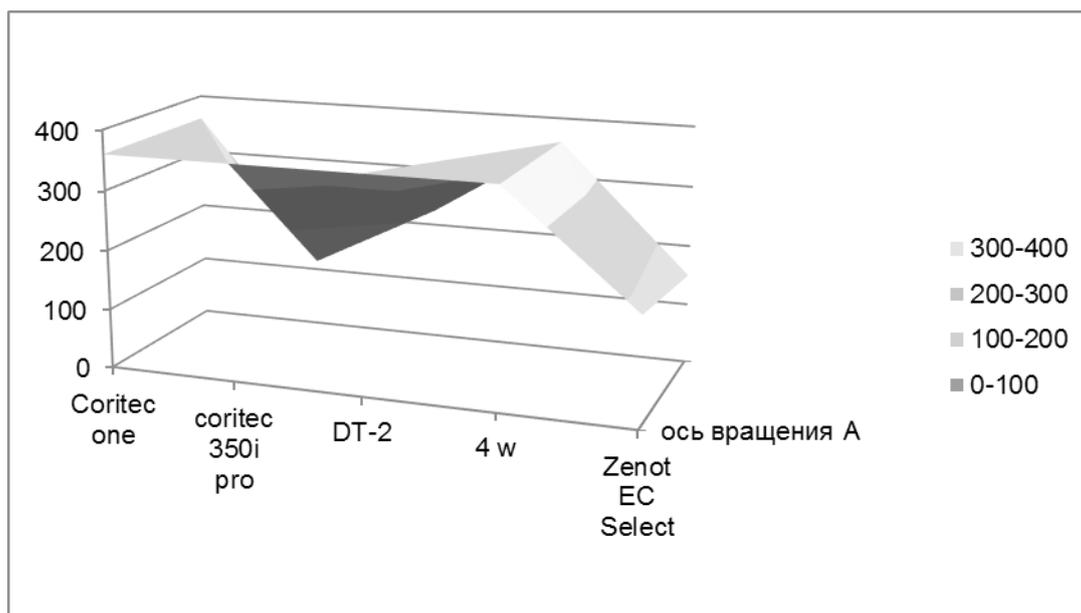


Рис. 3. Сравнение по максимальному углу наклона оси вращения.

ется более гладкой, более точной. Из представленного графика видно, что разница оборотов между станками составляет до 20 тысяч оборотов в минуту, а это уже влияет на поверхностные слои изготавливаемой конструкции. Особенно это важно, при конструкциях, которые соприкасаются со слизистой оболочкой полости рта.

Из представленного рисунка 3, можно увидеть, что по осям вращения максимального угла наклона достигает фрезерный станок Coritex 350i и Coretescone. Наименьший угол наклона оси вращения у фрезерного станка ZenotEC. Возможность работы под углом свыше 300° в сухом и мокром режимах обеспечивает быструю смену заготовок одним нажатием кнопки и дает значительные преимущества при изготовлении работ с винтовой фиксацией. Особенно это важно при таких конструкциях, как изготовление индивидуальных абатментах.

## Выводы

Современное протезирование претерпело заметные изменения в своем развитии по сравнению со способами восстановления дефектов зубных рядов, которые применялись еще в прошлом веке. На сегодняшний день для создания протеза активно применяют компьютер-

ное моделирование. И одной из подобных технологий является CAD/CAM система для создания зубных протезов.

Применяя современные CAD/CAM технологии, мы сокращаем сроки изготовления протезов и исключаем риск возникновения «человеческих» ошибок. В результате мы получаем качественный зубной протез, который будет хорошо прилегать к протезному ложу, не вызывать дискомфорта при эксплуатации, а также будет служить для пациента продолжительный период времени. В системах реализованы высококачественные промышленные технологические решения, такие как, гранитная структура, прямые приводы, системы цифрового измерения длины инструмента и основной высокомогущный шпиндель. Самое важное при рассмотрении фрезерных станков это их точность, отсутствие вибраций и последовательностью динамических движений в таком требовательном виде работ, как фрезерование металла.

Очень важна обработка материалов, используемых с помощью влажного и сухого фрезерования, это дает возможность фрезеровать не только воск, но и стекло-керамику.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алымбаев Р.С., Абдышев Т. К. Ортопедическое лечение с использованием компьютерной технологии CAD/CAM // Вестник КРСУ. — 2016. — Т.16. -№ 3. — С.9–11.
2. Бондарь В. В. Клинические аспекты лечения пациентов бюгельными протезами с различными системами фиксации // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 2. — С. 39.
3. Горелова В.А, Орезов С.Н., Матвеев С.В. CAD/CAM технология в ортопедической стоматологии // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 4–3. — С. 246–248.
4. Данилина Т.Ф., Жидовинов А. В., Порошин А. В., Хвостов С. Н., Майборода А. Ю. Диагностические возможности гальваноза полости рта у пациентов с металлическими ортопедическими конструкциями // Современные наукоемкие технологии. — 2012. — № 2. — С. 49–51.
5. Жидовинов А. В. Обоснование применения клинко-лабораторных методов диагностики и профилактики гальваноза полости рта у пациентов с металлическими зубными протезами // Автореф. дис. . . мед. наук. Волгоград. — 2013. — С. 23.
6. Ибрагимов Т. И., Цаликова Н. А. Изготовление зубных протезов с помощью CAD/CAM технологий в ортопедической стоматологии // Лекции по ортопедической стоматологии. — М. «ГОЭТАР Медиа». — 2010. -С. 68–76.
7. Моторкина Т.В. Получение оттиска индивидуальной ложкой при лечении частичного отсутствия зубов // Волгоградский научно-медицинский журнал. — 2010. — № 2. — С. 54–57.
8. Наумович С. С., Разоренов А. Н. Трехмерное конструирование бюгельных протезов при помощи графического пакета 3DS MAX // Современная стоматология. — 2015. — № 2 (61). — С. 12–17.
9. Разоренов А. Н. Цифровое моделирование бюгельных протезов // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики. — 2016. — Вып. 6. — С. 66–67.
10. Ряховский А.Н., Левицкий В. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А., Юмашев А. В. Сравнительная оценка методов трехмерного сканирования лица // Панорама ортопедической стоматологии. — 2007, — № 4, — С. 10–13.
11. Ряховский А.Н., Рассадин М. А., Левицкий В. В., Юмашев А. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А. — Объективная методика оценки изменений топографии объектов полости рта // Панорама ортопедической стоматологии. — 2006. — № 1. — С. 8–10.
12. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении // Патент РФ № 2306113. А61С 9\00. Бюл. № 26, 2007.
13. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Значение пропорций в формировании эстетического восприятия // Панорама ортопедической стоматологии. 2007. — № 3. — С. 18–21.
14. Утюж А.С., Михайлова М. В., Нефедова И. В. Современные методы изготовления бюгельных протезов на основе титановых сплавов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 82. — С. 179–182.

15. Утюж А.С., Юмашев А. В., Михайлова М. В. Лечение пациентов с отягощенным аллергологическим анамнезом ортопедическими конструкциями на основе титановых сплавов по технологии CAD/CAM // Новая наука. Стратегии и векторы развития. —2016. № 2–2(64). — С. 44–48.
16. Утюж А., Юмашев А., Михайлова М. Ортопедические конструкции из сплавов титана при непереносимости традиционных зубных протезов // Врач. —2016. —№ 7. —С. 62–64.
17. Юмашев А. В. Использование анализа рельефа зубных рядов и их фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов: автореф. дис. . . . канд. мед. наук. Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (ЦНИИС). Москва. 1999. 18 с.
18. Юмашев А.В., Михайлова М. В., Кудерова И. Г., Кристаль Е. А. Варианты использования 3D сканирования в ортопедической стоматологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. —2015. —Т. 9. —№ 1. —С. 2–6.
19. Юмашев А.В., Ряховский А. Н. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. — 1999. — Т. 78. — № 4. — С. 56–58.
20. Utyuzh A.S., Yumashev A. V., Mikhailova M. V. Spectrographic analysis of titanium alloys in prosthetic dentistry // Journal of Global Pharma Technology. 2016. —Т. 8. —№ 12. —С. 7–11.

---

© Михайлова Мария Владимировна ( stom-maria@mail.ru ), Климова Анастасия Андреевна,  
Бухарметова Наина Наилевна, Шагибалов Руслан Римович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОРАЖЕНИЯ СОСУДИСТОГО РУСЛА У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ НА ФОНЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА

## MODERN REPRESENTATIONS OF A LESION OF A VASCULAR BED AT SICK OF AN ARTERIAL HYPERTENSIA ON A BACKGROUND OF A DIABETES OF 2 TYPES

V. Ovsyannikova  
S. Kuznetsov  
V. Zyzina

*Summary.* Arterial hypertension is the main risk factor for the development of acute cardiovascular disease, leading to disability of the population and disability at a young age. The presence of diabetes in the patient leads to progression and deterioration of the clinical condition, as well as acute death. There are many theories and ideas about the damage of the vascular bed in these patients. In this review, current views of the vascular lesion are considered.

*Keywords:* arterial hypertension, arterial pressure, endothelial dysfunction, diabetes mellitus, pulse wave velocity, metabolic therapy.

**Овсянникова Вера Владимировна**

Ассистент, БУЗ Воронежской области «Воронежская областная клиническая больница № 1», г. Воронеж

**Кузнецов Сергей Иванович**

Д.м.н., профессор, БУЗ Воронежской области «Воронежская областная клиническая больница № 1», г. Воронеж

**Зязина Виктория Олеговна**

К.м.н., БУЗ Воронежской области «Воронежская областная клиническая больница № 1», г. Воронеж  
vicky\_88@inbox.ru

*Аннотация.* Артериальная гипертензия является основным фактором риска развития острой сердечно-сосудистой патологии, приводящей к инвалидизации населения и потери трудоспособности в молодом возрасте. Наличие у больного сахарного диабета приводит к прогрессированию и ухудшению клинического состояния, а также острому смертельному исходу. Существует много теорий и представлений о поражении сосудистого русла у данных больных. В данном обзоре рассматриваются современные представления поражения сосудистого русла.

*Ключевые слова:* артериальная гипертензия, артериальное давление, дисфункция эндотелия, сахарный диабет, скорость пульсовой волны, метаболическая терапия.

### Артериальная гипертензия и сахарный диабет: современный взгляд на состояние проблемы и механизмы возникновения

Главная причина смертности населения в большинстве развитых стран мира в XXI веке все еще остается сердечно-сосудистой патологией (ССП), что говорит о «неинфекционной эпидемии» [11]. Ранняя утрата трудоспособности приводит к значимым денежным затратам со стороны государства, росту инвалидизации со стороны населения.

Одним из основных предикторов смертности от ССЗ является артериальная гипертензия (АГ). Сегодня в мире она носит характер пандемии и остается медико-социальной проблемой в области здравоохранения. Доказано многими центровыми исследованиями, что АГ — это важнейший фактор риска развития таких заболеваний, как инфаркт миокарда (ИМ) и инсульт, что определяет высокую инвалидизацию и летальность населения [4].

Международное общество по АГ в 2008 году опубликовало прогноз, где было показано, что к 2025 году АГ

станет ведущей причиной смерти и нетрудоспособности во всем мире [11].

Второй проблемой в развитии осложнений со стороны ССЗ является СД 2 типа. По определению Международного экспертного комитета по диагностике и классификации СД (1997 год) — это «группа метаболических (обменных) заболеваний, которые характеризуются гипергликемией, являющейся результатом дефекта секреции инсулина, действия инсулина или обоих этих факторов». В мире насчитывается примерно 187 млн. человек с не диагностированным СД. В случае если не будут приняты необходимые меры, уже к 2030 г. число людей с диабетом возрастет до 552 млн., а тех, кто находится в группе риска — до 398 млн. [3, 12].

Академиком И. И. Дедовым исследовалась заболеваемость СД 2 типа. В России она составляет более 9,74% от всего населения (12,7 млн. человек), где 90% — СД 2 типа [7, 12]. Основная причина смертность больных при СД 2 типа — ССЗ (ИМ — 54,7% и инсульт — 29%), причем она выше в 1,5–2 раза, чем у больных, которые не страдают СД 2 типа [7].

Сочетание СД 2 типа и АГ приводит к поражению эндотелия сосудистого русла, а оно в свою очередь к развитию ССЗ.

В 1980 году Furchgott R.F. и Zawadzki J.V. впервые высказали мнение о самостоятельной роли эндотелия в регуляции АД. Они обнаружили, что артерия самостоятельно меняет свой мышечный тонус в ответ на действие ацетилхолина без участия центральных механизмов (нейрогуморальных). Главная роль отводится эндотелиальным клеткам, которые представляют собой сердечно-сосудистый эндокринный орган со своими рецепторами и связанный с кровью и тканями.

Эндотелий — это тканевая структура, определяющая и регулирующая гемоваскулярный гомеостаз. Эндотелиоциты реагируют на изменения в физическом, химическом и гуморальном окружении, продуцируя биологически активные вещества, определяющие функцию гладкомышечных клеток сосудов (ГМК), поддерживающие неадгезивность интимы, регулируя клеточную пролиферацию, воспалительные и иммунные механизмы в сосудистой стенке [9].

Исследования доказали, что эндотелий — это активный орган, дисфункция которого приводит к развитию практически всех ССЗ, включая атеросклероз, АГ, ишемическую болезнь сердца и т.д. Выделяют три основных механизма реакции эндотелиальной клетки:

1. изменение скорости кровотока;
2. тромбоцитарные медиаторы (серотонин, тромбин, аденозиндифосфат);
3. циркулирующие и/или внутривеночные нейрогормоны (катехоламины, эндотелин, вазопрессин и др.).

Нейрогормоны и медиаторы действуют через специфические рецепторы, расположенные на поверхности эндотелия или через клеточную мембрану.

Основными функциями эндотелия сосудов являются:

1. высвобождение вазоактивных агентов: оксида азота (NO), эндотелина, ангиотензина I (АТI), простациклина, тромбоксана;
2. препятствие коагуляции и участие в фибринолизе: синтез простациклина и NO — естественных дезагрегантов, образование тканевого активатора плазминогена, экспрессия на поверхности клеток эндотелия тромбомодулина, белка способного связать тромбин;
3. иммунная функция: представление антигенов иммунокомпетентным клеткам, секреция интерлейкина-I (стимулятора Т-лимфоцитов);
4. ферментативная активность; участие в регуляции роста ГМК: секреция эндотелиального фактора роста (ЭФР);

Развитие инсулинрезистентности при СД 2 типа приводит к повреждению сосудистой стенки. Проведенное исследование Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) показало, что формируется жесткость сосудистой стенки, а это главный предиктор развития АГ. Механизм заключается в формировании снижения эластичности сосудистой стенки, что приводит к риску развития АГ на 15% [7, 12].

Инсулин через рецепторы сосудистой стенки влияет на механизмы вазоконстрикции и вазодилатации. Воздействуя на рецептор сосудистой стенки IRS-1, он активирует фосфатидилинозитол-3-киназу, протеинкиназу В и инициирует эндотелиальную NO — синтазу, происходит синтез NO. Это способствует вазодилатации. В случае стимуляции синтеза эндотелина-1 через митоген-активированную протеинкиназу возникает вазоконстрикция. Таким образом, инсулин осуществляет баланс вазоконстрикции и вазодилатации сосудистой стенки.

Другим пусковым механизмом развития АГ при СД 2 типа является дисбаланс вегетативной нервной системы, где гиперлептинемия и гиперинсулинемия лежат в основе причин гиперсимпатикотонии.

У лиц, страдающих ожирением, формируется избирательная резистентность к лептину в аркуатных ядрах гипоталамуса, блокируется анорексигенный эффект лептина, но сохраняется чувствительность в вентромедиальных и дорсальных ядрах гипоталамуса, что активирует симпатическое влияние нервной системы организма [5]. Избыточная активация симпатической нервной системы повышает экспрессию генов, ответственных за синтез ангиотензиногена в жировой ткани. Происходит активация ренин-ангиотензиновой системы в почках.

Образующийся ангиотензин II (АТ II) обладает мощным вазоконстрикторным пептидом и, воздействуя на рецепторы ангиотензина 1, увеличивает экспрессию рецепторов SGLT2 в почках. Соответственно, повышается реабсорбция глюкозы и происходит задержка натрия [5].

Второе свойство АТ II в стимуляции выработки альдостерона в надпочечниках. Доказана прямая связь между сердечно-сосудистой смертностью и увеличением альдостерона в крови. Пациенты с СД 2 типа и высоким уровнем альдостерона имели на 10% выше риск смертности, чем больные с нормальным уровнем альдостерона [3].

Альдостерон, активируя NADPH-оксидазу, серинкиназу и перекисное окисление липидов, снижает биодоступность NO, модулирует экспрессию натриевых каналов на поверхности эндотелиальных клеток и способствует дальнейшему прогрессированию инсулинорезистентности [3].

Гипергликемия увеличивает образование продуктов, накапливающихся в сосудистой стенке. В зависимости от продолжительности существования СД 2 типа развивается атеросклероз и сосудистое ремоделирование [12]. Вырабатывается внеклеточный матрикс и пролиферируются гладкомышечные клетки, в результате чего формируется гипертрофия и ремоделирование, снижается эластичность соединительной ткани стенок артериол и увеличивается пульсовое давление.

Таким образом, современное понимание АГ на фоне СД 2 типа строится, как мультифакторное полигенное заболевание, являющееся следствием взаимодействия генетических факторов и факторов сопутствующей эндокринной патологии организма, прогрессирующих с возрастом и требующих пристального внимания со стороны медицинских работников с целью снижения развития данных процессов в организме.

Основными патогенетическими механизмами, реализующими действие триггерных факторов и приводящими к формированию АГ у больных СД 2 типа, служат гиперфункция симпатической нервной системы и дисбаланс ренин-ангиотензиновой системы (РААС). Дисбаланс двух основных систем, регулирующих АД, приводит к функциональным и структурным патофизиологическим последствиям в организме пациента.

Функциональными последствиями активации симпатической нервной системы и РААС могут быть: дисфункция эндотелия, изменение функции клеточных мембран, инсулинорезистентность, констрикция артериол и вен, повышение пред- и постнагрузки функционально приводят к активации симпатической нервной системы и РААС у больных СД 2 типа. А это способствует развитию структурных изменений, которые проявляются ремоделированием ССС (гипертрофия миокарда, нарушение систолической и диастолической функции, жесткость сосудистой стенки).

Концепция сосудистого ремоделирования у больных артериальной гипертензией на фоне сахарного диабета 2 типа

Суммарный индекс сердечно-сосудистых осложнений зависит от величины АД, который складывается из ССЗ, ассоциированных клинических состояний (куда входит СД 2 типа) и поражения органов-мишеней, в том числе сосудистой стенки [5].

Периферические сосуды сегодня рассматриваются в качестве главных органов-мишеней, поражение которых во многом определяет риск АГ и развития структурно-функциональных нарушений во всех отделах сосуди-

стого русла (от микроциркуляторного звена до крупных сосудов, в том числе аорты) [6].

Сосудистая стенка представляет собой активный орган со структурными компонентами: эндотелиальные, гладкомышечные клетки и фибробласты, способные улавливать изменения внутренней среды, интегрировать полученные сигналы, изменять собственную структуру и взаимодействовать, как единый сложный процесс [8].

Современными исследователями ремоделирование сосудов рассматривается как структурно-функциональная модификация, имеющая компенсаторно-приспособительный характер в ответ на гликированную среду и повышение АД [12]. Данный процесс проходит две последовательные стадии. Первая стадия обусловлена вазоконстрикцией из-за нарастания трансмурального давления и нейрогуморальной стимуляции. Вследствие чего сосуды изменяются функционально. Если процесс прогрессирует, то наступает морфологическая стадия, проявляющаяся уменьшением просвета сосуда за счет утолщения медиального слоя сосудистой стенки. Возникает ремоделирование сосудистой стенки за счет увеличения содержания коллагеновых волокон, гипертрофии гладкомышечных клеток с последующей дегенерацией и гиалинозом миоцитов. Стенка сосуда становится ригидной и это приводит к уменьшению диаметра просвета сосуда [8].

Известно, что при СД 2 типа поражаются сосуды малого диаметра. Под действием гликированной среды нарушается клеточный баланс, а это способствует активации ремоделирования сосуда, нарушаются гемодинамические условия.

Определено, что изменение гемодинамических условий запускает сосудистое ремоделирование. Скорость кровотока (напряжение сдвига), внутрисосудистое давление и давление окружающих тканей оказывают сильное влияние на сосудистую стенку. Они всегда возникают, если пациент страдает СД 2 типа и АГ.

СД 2 типа и АГ в своем сочетании являются патологическими процессами, развивающимися в мелких ветвях артерий. У таких больных в экстракраниальных отделах обнаруживается мышечно-эластическая гиперплазия интимы. На этих участках на фоне патологических состояний развивается фиброз, снижается эластичность тканей, нарушается механизм ауторегуляции мозгового кровообращения.

Исторически крупные артерии считались пассивными участниками транспорта и перераспределения крови. Недавние исследования показали, что крупные артерии являются самостоятельным функционирующим

органом, обеспечивающим не только перераспределение крови, но и смягчая пульсовую волну. Последний аспект обеспечивает поглощение энергии во время систолического компонента пульсового потока и уменьшение работы сердечной мышцы. Ряд зарубежных авторов называют крупные артерии сосудами «амортизирующего» типа. В последнее десятилетие все более широкое применение находит неинвазивный метод определения скорости распространения пульсовой волны (СПВ) [8].

Роль АГ в сосудистом ремоделировании устанавливает практическую необходимость оценки эластичности сосудистой стенки в практике врача [10]. В литературе появились статьи, отражающие взаимосвязь повышения артериальной жесткости не только с АГ, но и ассоциированных с ней заболеваний и осложнений. Отмечено, что жесткость сосудистой стенки зависит от возраста человека, где на нее влияют уровень АД, масса тела, малоподвижный образ жизни. Каротидно-феморальная СПВ является независимым предиктором сердечно-сосудистой смертности, сердечно-сосудистых катастроф у больных АГ и в популяции в целом [8]. Жесткость стенки аорты является лучшим предиктором, чем отдельно взятый фактор риска.

В Японии предложен и используется метод регистрации плече-лодыжечной СПВ, которая коррелирует с аортальной СПВ [8]. Данный показатель зависит не только от жесткости сосудов, но и от уровня АД у больного в момент проведения исследования. Жесткость сосудистой стенки может быть оценена и путем контурного анализа пульсовой волны, явлений аугментации и амплификации давлений.

J. Asmar с соавт. изучали влияние метаболизма глюкозы на СПВ на каротидно-феморальном сегменте у пациентов с АГ, не принимавших гипотензивную терапию, но имеющих повышенный индекс окружности талии/окружность бедер. По данным этого исследования, более высокая СПВ определялась у пациентов с СД 2 типа и нарушенной толерантностью к глюкозе в сравнении с пациентами с нормальным уровнем глюкозы. Также они продемонстрировали прямую корреляционную связь между СПВ и уровнем гликемии [8].

По данным Susuki E. у пациентов с СД жесткость артериальной стенки связана с уменьшенным объемом крови, поступающим в измененные артерии нижних конечностей [12].

Прогностическое значение жесткости каротидной артерии как предиктора ССС и смертности от других причин у пациентов с терминальной почечной недостаточностью было изучено J. Blacher и соавт. Полученные ими данные выявили два ведущих фактора-предиктора смертности как от общих причин, так и сердечно-сосу-

дистых осложнений. Ими были увеличение жесткости каротидной артерии и уменьшение диастолического АД. Они выявили прямую корреляционную связь между СПВ на каротидно-феморальном сегменте и уровнем гомоцистеина в плазме. Эта связь сохранялась после поправок на уровень систолического АД и возраста пациентов с АГ.

J. Blacher и соавт. в когортном исследовании у пациентов с эссенциальной АГ с атеросклеротическим поражением сосудов или без него анализировали изменения СПВ на аорте как маркера сердечно-сосудистого риска. Результаты этого исследования показали стабильно высокие значения каротидно-феморальной СПВ при сердечно-сосудистых осложнениях — ИМ, ишемической болезни сердца, инсульте. СПВ на аорте является более значительным предиктором развития сердечно-сосудистых осложнений, чем концентрация креатинина в плазме крови, гипертрофия ЛЖ и уровень общего холестерина и холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП). Даже после влияния возраста значение СПВ на аорте остается лучшим прогностическим предиктором сердечно-сосудистой смертности. Оптимальным значением СПВ, которое используется как диагностический тест и на основании которого определяется высокий риск сердечно-сосудистой смертности в течение 10 лет, является 12 м/с. Это значение СПВ на каротидно-феморальном сегменте четко ассоциируется с атеросклеротическим поражением сосудов и является мощным маркером и предиктором кардиоваскулярного риска у пациентов с АГ [8].

P. Lantelme описал увеличение СПВ у лиц с АГ на каротидно-феморальном сегменте ровно на четверть в сравнении с пациентами, имеющими более низкие значения АД при АГ и показал прямую связь между увеличением ЧСС и повышением СПВ [8]. Показано прогностическое значение оценки СПВ при сердечно-сосудистых заболеваниях [8].

Снижение эластичности артерий сопровождается уменьшением растяжимости этих сосудов, что при высоком АД меняет реакцию на гемодинамический удар. Нарушается растяжимость крупных артерий, осуществляющих транспортную функцию, а это ведет к патологическим изменениям со стороны сердечного (коронарного) круга кровообращения.

Структурное ремоделирование миокарда у больных артериальной гипертензией на фоне сахарного диабета 2 типа, как предиктор сердечно-сосудистой смертности

С совершенствованием эхокардиографии (Эхо-КГ) исследования показали, что ЛЖ гипертрофируется, т.е. происходит утолщение его стенки. Это сопровождается нарастанием массы миокарда. Природа ремоделиро-

вания при АГ на фоне СД 2 типа неоднородна: с одной стороны — это ответ на повреждающую преднагрузку, а с другой стороны — это нейрогуморальное опосредованное нарушение клеточного ионотранспорта. Главная роль отводится гиперинсулинемии, активации системы РААС, симпатoadреналовой системы.

В процесс ремоделирования вовлекаются все виды клеток миокарда: миоциты, интерстициальные клетки, сосудистый эндотелий и иммунные клетки. На ранних стадиях увеличивается диаметр кардиомиоцитов, число миофибрилл, митохондрий. В более поздних стадиях изменяется клеточная организация и форма кардиомиоцитов, что приводит к утрате сократительной способности миокарда в полном объеме. В миокарде увеличивается содержание коллагена и фиброзной ткани. Гипергликемия и ангиотензин способствуют пролиферации фибробластов.

При наличии АГ и СД 2 типа отмечается диффузное поражение кардиомиоцитов и связующих тканей, что, по мнению ряда авторов, приводит к возрастанию жесткости стенок ЛЖ (потеря эластичности), развитием диастолической дисфункции ЛЖ за счет увеличения коллагена в миокарде. Это сочетается с нарушением функции сердечной мышцы.

Внимание многих ученых в последние годы привлекает изучение механизмов развития диастолической дисфункции миокарда ЛЖ при различных ССЗ с манифестацией их в диастолическую сердечную недостаточность [1], что требует своевременной их коррекции с позиции патогенеза. Существует глубокая патогенетическая взаимосвязь нарушения диастолической функции миокарда с гипертрофией, фиброзом, гибернацией, ишемией миокарда, гипергликемией [1].

Диастолическая функция — совокупность миокардиальных, биохимических и биомеханических процессов, происходящих в диастолу, определяющих потенциальную способность миокарда к диастолическому наполнению. Диастолическая дисфункция — неспособность ЛЖ принимать кровь под низким давлением и наполняться без компенсаторного повышения давления в левом предсердии и в легочных венах. При этом расслабление происходит замедленно или отсрочено [1, 2].

Диастолическая дисфункция миокарда у больных с АГ на фоне СД 2 типа является прогностически важным фактором [2]. Выделяют три основных типа нарушения диастолической функции ЛЖ — гипертрофический, псевдонормальный и рестриктивный [1]. Последний имеет наихудший прогноз у больных с АГ на фоне СД 2 типа. Рестриктивный тип нарушения диастолического наполнения ЛЖ является важнейшим предиктором сер-

дечно-сосудистой смертности и ремоделирования миокарда [2].

Диастолическая функция ЛЖ исследуется методом импульсно-волновой доплерэхокардиографии по спектру трансмитрального диастолического потока [1]. Определяется скорость раннего и позднего диастолического наполнения ЛЖ, отношение скорости раннего и позднего диастолического давления, характеризующее структуру диастолического наполнения ЛЖ. Исследуется скорость кровотока в систолу левого предсердия А, интеграл скорости кровотока раннего диастолического наполнения — Е. В качестве основных критериев используется соотношение Е/А, время замедления раннего трансмитрального потока — IVRT, пиковая скорость волн Е и А. Определяется время изоволюмического расслабления ЛЖ — DTe. По общепринятым критериям с учетом возрастных норм определяют типы диастолической дисфункции ЛЖ: с замедлением релаксации ( $E/A < 0,9$ ) и рестриктивный ( $E/A > 2$ ) [1].

Доказана корреляционная связь между диастолической дисфункцией сердца и максимальным потреблением кислорода миокардом в покое и при нагрузке [2]. По современным представлениям, патогенетический механизм нарушения диастолического расслабления ЛЖ выглядит следующим образом: недостаточное обеспечение миокарда кислородом обуславливает возникновение дефицита макроэргических соединений, что, в свою очередь, приводит к замедлению процесса раннего диастолического расслабления (DTe) [1].

Указанные изменения отражаются на процессе наполнения камеры желудочка в раннюю диастолу: вследствие более медленного, чем обычно, снижения давления в камере ЛЖ момент, когда уровни давления между желудочком и предсердием сравниваются, достигается позже. Это приводит к увеличению продолжительности периода изометрического расслабления миокарда ЛЖ (IVRT) [1].

В ходе обследования диастолической функции ЛЖ у больных с АГ на фоне СД 2 типа, вне зависимости от вариантов развития, выявляются ее нарушение в виде достоверного увеличения времени изоволюмического расслабления и изменения трансмитрального диастолического потока. Отмечается взаимосвязь спектра трансмитрального диастолического потока с объемными показателями и сократимостью ЛЖ [2].

Выводы. Современные представления поражения сосудистого русла остаются актуальными, вопросы раннего выявления нарушений диастолической функции ЛЖ, увеличения скорости пульсовой волны, данные которых использовать для лечения АГ на фоне СД 2 типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин М.Н., Гришин А. М., Петрова О. А. Эхокардиографическая оценка диастолической функции левого желудочка сердца у пациентов с сохранной фракцией выброса // Кардиология. — 2017. — Т. 57, № 2. — С. 40–45.
2. Алехин, М. Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение / М. Н. Алехин. — М.: Видар, 2012. — 88 с.
3. Аметов, А. С. Сахарный диабет 2 типа [Текст]: проблемы и решения / А. С. Аметов. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 704 с.
4. Артериальная гипертензия [Текст] / под ред. В. Зидека, пер. с нем.; под ред. Д. А. Аничкова. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 206 с.
5. Артериальная гипертензия [Текст]: руководство / под ред. Р. Г. Оганова; ВНОК, Гос. НИЦ профилактик. мед. росмедтехнологий. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 192 с.
6. Гиляревский, С. Р. Роль трехкомпонентного антигипертензивного препарата в усовершенствовании лечения артериальной гипертензии [Текст] / С. Р. Гиляревский // Кардиология. — 2017. — № 2. — С. 62–67.
7. Дедов, И. И. Сахарный диабет и артериальная гипертензия: клиническое руководство / И.И. Дедов, М.В Шестакова -М.: Медицинское информационное агентство, — 2006–344 с.
8. Корнева, В. А. Оценка показателей жесткости артериальной стенки при суточном мониторинге артериального давления [Текст] / В. А. Корнева, Т. Ю. Кузнецова // Терапевтический архив. — 2016. — № 9. — С. 119–124.
9. Кошелева, Н. Клиническое значение жесткости артериальной стенки у больных после инфаркта миокарда [Текст] / Н. Кошелева, Т. Ермакова, А. Ребров // Врач. — 2015. — № 3. — С. 16–19
10. Оптимизация контроля артериального давления и ангиопротекции с помощью фиксированной комбинации периндоприла и амлодипина у пациентов с артериальной гипертензией и высокой скоростью распространения пульсовой волны [Текст] / С. В. Недогада [и др.] // Кардиология. — 2017. — № 3. — С. 31–38.
11. Чазова И.Е., Ощепкова Е. В. Итоги реализации Федеральной целевой программы по профилактике и лечению артериальной гипертензии в России в 2002–2012 гг. Издание: Вестник Российской Академии медицинских наук 2013.
12. Эндокринология. Национальное руководство / под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009–1072 с.

© Овсянникова Вера Владимировна, Кузнецов Сергей Иванович,

Зязина Виктория Олеговна ( vicky\_88@inbox.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Воронежская областная клиническая больница № 1

# ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ АНДРОГЕННЫХ АНАБОЛИЧЕСКИХ СТЕРОИДОВ

## SIDE EFFECTS OF ANDROGENIC ANABOLIC STEROIDS

*M. Osipov*

*Summary.* In the article features of influence on the human body of androgenic anabolic steroids (AAS) are considered. It was found that the use of these drugs leads to the suppression of immune functions of the body, a decrease in sexual activity, negative changes in the psyche, a violation of carbohydrate and fat metabolism, a decrease in resistance to glucose. Admission AAC can become the reason of development at sportsmen of tumoral diseases. It was also noted that the refusal to receive AAS does not always help to restore the normal functioning of internal organs, respectively, the consequences of their administration are often irreversible.

*Keywords:* androgenic anabolic steroids, protein synthesis, anabolic index, side effects.

**Осипов Михаил Вадимович**

ГБОУ ВПО Тихоокеанский государственный  
медицинский университет Минздрава России,  
Приморский край, Владивосток  
Derezko.vad@gmail.com

*Аннотация.* В статье рассмотрены особенности воздействия на организм человека андрогенных анаболических стероидов (ААС). Выявлено, что, использование указанных препаратов приводит к угнетению иммунных функций организма, снижению половой активности, негативным изменениям в психике, нарушению углеводного и жирового обмена, снижению устойчивости к глюкозе. Прием ААС может стать причиной развития у спортсменов опухолевых заболеваний. Отмечено также, что отказ от приема ААС не всегда способствует восстановлению нормальной работы внутренних органов, соответственно, последствия их приема часто необратимы.

*Ключевые слова:* андрогенные анаболические стероиды, синтез белка, анаболический индекс, побочные эффекты.

Сегодня в мире значительно возросла конкуренция между крупными спортивными державами и уровень развития современного спорта, и количество перегрузок, которые испытывают спортсмены, весьма значительны, поэтому использование определенных лекарственных препаратов становится необходимым. В течение последних лет отмечается значительный рост интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок, в процессе которых спортсмены вплотную подходят к пределу своих физиологических возможностей [6]. При этом, с учетом нутрициологической неполноценности рационов спортсменов, необходимости проводить восстановительные и профилактические мероприятия, адаптировать организм к тяжелым физическим и психо-эмоциональным нагрузкам, частых смен климато-часовых поясов и тренировок в условиях среднегорья, высокогорья, возникает необходимость применять фармакологические средства, способствующие росту работоспособности и ускоряющие восстановительные процессы после значительных мышечных нагрузок. По этой причине применение допинга вообще и анаболических андрогенных стероидов, в частности, к сожалению, применяется достаточно широко, хотя, как мы считаем, необходимые эффекты могут быть обеспечены при применении грамотно выстроенной фармакологической программы обеспечения спортивной подготовки, включающей использование незапрещенных субстанций [9].

В запрещенном списке допинговых субстанций первая позиция неизменно принадлежит анаболическим

средствам (АС). Анаболические средства позволяют усилить анаболические (синтетические) процессы в организме, то есть ускорить образование и обновление структурных частей клеток, тканей и мышечных структур.

Применение АС позволяет значительно усилить способность к усвоению белка в организме, что связано с воздействием на генетический аппарат клетки. Анаболические стероиды проникают через клеточные мембраны непосредственно в ядро клетки и и выступают в качестве блокатора гендепрессора синтеза белка. В результате чего усиливается синтез белка в клетке: происходит активация как синтеза матричных белков, так и синтеза РНК и ДНК [10]. Также имеет место повышение проницаемости клеточных мембран для аминокислот, микроэлементов и углеводов; повышение скорости синтеза гликогена, усиливается активность пентозофосфатного цикла, где происходит синтез части белковых молекул из углеводов. Посредством АС улучшается углеводный обмен, усиливается действие инсулина, снижается уровень сахара в крови. АС также усиливает действие эндогенного соматотропина (гормона роста), что служит еще большему усилению анаболического эффекта [5].

Наиболее распространены сегодня анаболические андрогенные стероиды (ААС), которые являются эндогенными, то есть свойственными организму, но введенными в организм извне, и экзогенными, не свойственными ему изначально. Термин «анаболические стероиды» используют, чтобы обозначить синтетиче-

ские андрогенные стероиды, отличные от производных тестостерона, но оба эти названия используют поочередно. Известно, что основному мужскому половому гормону тестостерону и его аналогам свойственна анаболическая активность. Анаболическую активность того или иного препарата определяют относительно анаболической активности тестостерона, которую принимают за единицу. Аналогично выражают и андрогенную активность относительно андрогенной активности тестостерона. Отношение анаболической активности к андрогенной представляет собой анаболический индекс [8]. Однако указанные соединения не могут быть использованы как лечебные анаболические вещества, так как имеют выраженное андрогенное действие. По этой причине было осуществлено синтезирование новых стероидных соединений, близких по структуре к андрогенам, но имеющих избирательную анаболическую активность при маловыраженном андрогенном действии. Эти соединения и именуется анаболическими стероидами.

Основным представителем ААС является мужской половой гормон тестостерон, который непосредственно влияет на большинство тканей посредством действия через специфический рецептор андрогенов [10]. Попадая в мышечные клетки, тестостерон, оказывает непосредственное воздействие на рецепторы андрогенов; плотность их здесь намного ниже в сравнении с другими тканями, которые имеют более высокую чувствительность к андрогенам (например, предстательная железа). Выделение его происходит в виде водорастворимой субстанции с мочой.

Консолидация андрогенов с различными транспортными белками (в том числе, тестостерона и дигидротестостерона), происходит в кровеносной системе; при этом, наиболее специфично они консолидируют с глобулином, который связывает половой гормон (SHBG), и неспецифично — с сывороточным альбумином. По этой причине в системе кровообращения происходит формирование обширного резервного фонда доступных стероидов, в связанном состоянии в определенной степени защищенных от метаболизма и клиренса, действующих в состоянии кинетического равновесия с рецепторами и конкурирующими гормонами, концентрация которых имеет различные вариации в тканях разного типа. При этом в любой момент времени в свободном состоянии находится не более 1–2% гормонов. Посредством тестостерона активируется секреция других мощных анаболических гормонов, например, инсулиноподобного фактора роста I (син.: IGF-1, ILH-1, ИФР-1) и эритропоэтина, поэтому причиной положительного влияния на спортивные показатели может являться не прямое влияние андрогенных стероидов [10]. В то же время анаболическими стероидами блокируется ускорение процессов

васкуло- и ангиогенеза: на уровне мРНК ингибируется синтез основного ангиогенного фактора, выступающего сегодня в качестве мощного регулятора аэробной работоспособности.

У большинства современных анаболических ААС имеется больший анаболический эффект, нежели сам тестостерон [4]. Таким образом, всем ААС присущи побочные эффекты, которые характерны для тестостерона: они задерживают натрий, калий, сульфаты, фосфаты и воду, увеличивают рост мышц в ответ на физическую нагрузку, повышают агрессивность и либидо и др. [4].

При попадании в организм синтетических производных тестостерона ими оказывается действие на гипоталамус и гипофиз, угнетается выделение ими гормонов, прекращается выработка тестостерона яичками, что оказывает влияние на выработку спермы. Соответственно, посредством применения ААС разрушается естественная замкнутая система внутреннего регулирования [10]. Необходимо отметить, что если использование синтетических стероидов прекращается, то естественные функции организма могут и не восстановиться [10]. Уровень указанной опасности повышается, если применяются большие дозировки анаболических стероидов, обычно используемых спортсменами [6]. Учитывая имеющиеся на сегодня данные, описывающие длительность влияния на организм введенного извне тестостерона или увеличение количества эндогенного гормона, даже при кратковременном воздействии стероиды способны давать долгосрочный эффект [8].

Запрещенные к использованию в спорте вещества, принадлежащие к группе ААС, способны оказывать различный по силе и продолжительности анаболический эффект. Они имеют различную относительную андрогенную активность. Рассмотрим коротко основные из них.

1. Метандростенолон (Methan drostenolonum). Химическое строение и биологическое действие препарата близко к тестостерону и его аналогам. Ему свойственна андрогенная активность, но она ниже, чем таковая у тестостерона, однако выраженный анаболический эффект имеет место. Уровень андрогенного действия метандростенолона в 100 раз меньше аналогичного действия тестостерона при примерно одинаковой анаболической активности [10].

2. Метиландростендиол (Methylandrosteniololum). Это один из наиболее часто используемых допинговых ААС. Его химическое строение и биологические свойства наиболее близки к метилтестостерону, но рассматриваемому препарату свойственна меньшая андрогенная активность при относительно более высоком анаболическом действии [10].

3. Феноболин (Phenobolinum). Данный препарат по структуре представляет собой фенилпропионат 19-нор-тестостерона, он также достаточно часто применяется как запрещенный ААС. Это активный, длительно действующий анаболический стероид. Однократная инъекция позволяет достичь анаболического эффекта в течение 7–15 дней, но выраженность андрогенного эффекта феноболина слабая [10].

4. Ретаболил (Retabolil). По структуре он является 19-Нор-тестостерон-17 б-деcanoатом. Препарат оказывает сильное и длительное анаболическое действие. Наступление эффекта после инъекции происходит в первые три дня, максимум достигается к седьмому дню, продолжительность действия — не менее трех недель. Ретаболилу свойственна малотоксичность, а уровень андрогенного действия меньше, чем у феноболина [10].

Механизм влияния на организм ААС многогранен, однако и спектр побочных эффектов при длительном и даже краткосрочном их применении является чрезвычайно широким. Например, при приеме анаболических стероидов могут произойти нарушения функции щитовидной железы, деятельности желудочно-кишечного тракта вплоть до развития кровотечений [2]. При употреблении ААС снижается половая активность, нарастают изменения в психике, что вызывает непредсказуемые колебания настроения, повышенную возбудимость, раздражительность, появление агрессивности или развитие депрессии [11]. Ряд исследователей отмечает, что при полном прекращении ААС может возникнуть депрессия, что может быть рассмотрено как проявление психической зависимости от анаболиков, которая аналогична зависимости от наркотических средств [11].

ААС могут нарушить углеводный и жировой обмен, снизить устойчивость к глюкозе, следствием чего является падение уровня сахара в крови. Таблетированные формы ААС способны увеличить секрецию инсулина, что может привести к диабету II типа [7]. Также возможно развитие и/или быстрое прогрессирование атеросклероза и других заболеваний сердечно-сосудистой системы [11].

При приеме ААС возможно быстрое увеличение мышечной массы, значительно опережающее рост и развитие соответствующих сухожилий, связок и других соединительных тканей, следствием чего является разрыв

связок при тяжелых физических нагрузках, возникновение воспалительных заболеваний суставной сумки, развитие дегенерации сухожилий. Задержка воды и натрия способствует понижению вязкости мышечной ткани; по этой причине уменьшается эластичность мышц, что делает невозможным развитие полноценных мышечных усилий. Соответственно, возникает предрасположенность к травмам мышц и связочного аппарата во время тренировок и соревнований. Также, следствием прекращения приема анаболических стероидов является снижение иммунобиологической реактивности организма, повышенная восприимчивость к болезням [11].

У подростков прием анаболических стероидов может вызвать необратимые изменения: может прекратиться рост длинных костей (закрытие зон роста), следствием чего может стать низкорослость; возникает преждевременное половое созревание, явления вирилизации и гинекомастии [12]. Также прием ААС может стать причиной развития у спортсменов опухолевых заболеваний, таких, как рак печени (гепатоцеллюлярная карцинома) [6], гинекомастия у мужчин [12]. Менее значимы для прогноза и качества жизни такие негативные эффекты стероидов, как возникновение акне, задержка жидкости в тканях, вирилизация (гирсутизм у женщин) [11].

При употреблении ААС женщинами дополнительно могут возникнуть такие побочные эффекты, как огрубление голоса, нерегулярные месячные, изменение в структуре кожи, рост волос на лице и увеличение наружных половых органов.

Именно побочные эффекты, которые развиваются при приеме ААС, не только юными, но и уже квалифицированными спортсменами, должны стать объектом пристального внимания тренеров, спортивных медиков и функционеров, а также средств массовой информации с целью сохранения здоровья, качества жизни и самой жизни спортсменов. Необходимо помнить, что ведение правильного образа жизни, а также грамотное использование тренировочных и разрешенных внутренировочных эргогенных средств, сбалансированное рациональное питание, адекватное интенсивности нагрузок, специфике вида спорта и периоду подготовки использование средств восстановления помогут спортсменам достичь блестящих спортивных результатов без использования ААС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анаболические стероиды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://formatzdorovia.com/anabolicheskie-steroidy-anabolic-steroids>
2. Василенко К. Х. Влияние некоторых антиревматических стероидных агентов на слизистую оболочку желудка / К. Х. Василенко, Г. В. Цодиков, О. Н. Минушкин // Клиническая медицина. — 1971. — Т. 49, № 8. — С. 3–10.
3. Гарин Н. Н. История тестостерона / Н. Н. Гарин // Андрология и генитальная хирургия. — 2004. — № 3. — С. 6–11.

4. Грундинг П. Анаболические стероиды / П. Грундинг, М. Бахманн. — М.: Норма: Инфра-М, 2012. — 271 с.
5. Деревоедов А. А. Допинг в спорте и борьба с ним / А. А. Деревоедов // Вестник РМОУ. — 2012. — № 1 (2). — С. 70–79.
6. Еремина Е. Ю. Лекарственные поражения печени / Е. Ю. Еремина // Практическая медицина. — 2014. — № 1. — С. 20–29.
7. Исследование сильнодействующих веществ, часто встречающихся в экспертной практике: информ. письмо / А. А. Ачкасова [и др.]. — М.: ЭЦ МВД России, 2009. — 42 с.
8. Кайргалиев Д. В. История создания анаболических андрогенных стероидов (сильнодействующих веществ) / Д. В. Кайргалиев // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 2. — С. 707–710.
9. Карнаух Э. В. Анаболические стероиды в спортивной медицине / Э. В. Карнаух, О. А. Тимковский // Eur. student sci. J.. — 2013. — № 2. — Режим доступа: <http://sjes.esrae.ru/3-139>.
10. Логинова Н. В., Полозов Г. И. Введение в фармацевтическую химию: учеб. пособие / Н. В. Логинова, Г. И. Полозов. — Мн.: БГУ, 2003. — 250 с.
11. Платонов В. Н. Допинг в спорте и проблемы фармакологического обеспечения подготовки спортсменов / В. Н. Платонов, С. А. Олейник, Л. М. Гунина. — М.: Сов. спорт, 2010. — 306 с.
12. Смоленский А. В., Любина Б. Г. Внезапная смерть в спорте: мифы и реальность / А. В. Смоленский // Теория и практика физической культуры. — 2002. — № 10. — С. 39–42.

---

© Осипов Михаил Вадимович ( Derezko.vad@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ГЛИАЛЬНЫЕ ОПУХОЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА: КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### GLIAL TUMORS OF THE BRAIN: BRIEF REVIEW OF LITERATURE

*Sehweil Salah M. M.*

*Summary.* Glial tumors are the most common group of primary brain tumors in the adult population. Among the most aggressive of the gliomas are glioblastoma and anaplastic astrocytoma. The article reflects the main theories of the development of glial brain tumors and modern aspects of their treatment. Despite the generally accepted complex treatment of highly differentiated glial tumors, including surgical treatment, chemo — and radiotherapy, the prognosis of patients' survival remains unfavorable. The average life expectancy of patients is about a year from the moment of diagnosis. The complexity of curation of patients with malignant glial tumors due to infiltrative growth of tumors, the development of resistance to most of the known treatments. The article analyzes the complications caused by chemo- and radiotherapy. Surgical treatment of malignant tumors often leads to a worsening of neurological deficits and permanent invalidation patients. The low efficiency of treatment of malignant tumors of the brain remains the most difficult, urgent and unresolved problem, which requires the study of pathogenetic mechanisms of their development and the search for new ways of treatment.

*Keywords:* glioblastoma, glioma, chemotherapy, immunotherapy, infiltrative growth.

**Салах М. М. Сехвейл**

*К.м.н., ФГБОУ ВО «Ростовский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
salahsehweil@yandex.ru*

*Аннотация.* Глиальные опухоли являются наиболее часто встречаемой группой первичных опухолей головного мозга у взрослого населения. Среди глиом наиболее агрессивными являются глиобластома и анапластическая астроцитомы. В статье отражены основные теории развития глиальных опухолей головного мозга и современные аспекты их лечения. Несмотря на общепринятое комплексное лечение низкодифференцированных глиальных опухолей, включая хирургическое лечение, химио- и радиотерапию, прогноз выживаемости пациентов остается неблагоприятным. Средняя продолжительность жизни пациентов составляет около года с момента постановки диагноза. Сложность курации пациентов со злокачественными глиальными опухолями обусловлена инфильтративным ростом новообразования, развитием резистентности к большинству известных способов лечения. В статье анализируются осложнения, обусловленные химио- и радиотерапией. Хирургическое лечение злокачественных опухолей нередко приводит к усугублению неврологического дефицита и стойкой инактивации пациентов. Низкая эффективность лечения злокачественных опухолей головного мозга остается наиболее сложной, актуальной и не решенной проблемой, что требует изучения патогенетических механизмов их развития и поиска новых способов лечения.

*Ключевые слова:* глиобластома, глиома, химиотерапия, иммунотерапия, инфильтративный рост.

**Г**лиомы (внутричерепные, нейроэктодермальные, нейроэпителиальные опухоли) — наиболее часто встречающиеся среди первичных опухолей головного мозга, развивающиеся из нейроглии центральной нервной системы. В 1,5–2 раза чаще глиальные опухоли встречаются у мужчин (Лавров А. Ю., 2004). Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), глиомы делятся на следующие категории [1, 33]:

- I. Астроцитарные опухоли.
- II. Олигодендроглиальные опухоли.
- III. Олигоастроцитарные опухоли.
- IV. Эпендимальные опухоли.
- V. Хориоидальные опухоли.
- VI. Другие нейроэпителиальные опухоли.
- VII. Нейрональные и смешанные нейронально-глиальные опухоли.

В зависимости от степени агрессивности роста опухоли World Health Organization (WHO) [2], выделяют 4 степени гистологической градации злокачественности: (WHO Grade I — II для доброкачественных опухолей

и WHO Grade III — IV для злокачественных опухолей). К злокачественным глиомам головного мозга, развивающимся из нейроэпителиальной ткани головного мозга, относятся анапластическая астроцитомы (WHO Grade III) и глиобластома (WHO Grade IV). Глиобластома составляет более 40% всех злокачественных опухолей головного мозга [11, 14].

Анапластическая астроцитомы (WHO Grade III) — это диффузная инфильтративно растущая в больших полушариях злокачественная астроцитомы, возникающая у взрослых, гистологически характеризующаяся ядерной атипией, повышением клеточности и значительной пролиферативной активностью [2, с. 12]. При иммуногистохимическом исследовании анапластическая астроцитомы имеет индекс мечения пролиферативного маркера Ki-67–5–10%, клетки опухоли иммунопозитивны для глиофибрилярного кислого белка GFAP. Глиобластома (WHO Grade IV) — наиболее часто встречающаяся высоко злокачественная первичная опухоль головного мозга с астроцитарной дифференцировкой. Для глиобласто-

мы гистологически характерны следующие признаки: ядерная атипия, клеточный полиморфизм, митотическая активность, тромбоз сосудов, микроваскулярная пролиферация, некрозы [2, с. 12]. Среди первичных опухолей головного мозга наиболее агрессивными формами у взрослых являются глиобластомы, составляющие 2–3 случая на 100000 населения Европы и Северной Америки [30,36]. Большинство глиобластом (более 90%) — первичные, развиваются у пациентов зрелого возраста, характеризуются быстро прогрессирующим течением и не имеют промежуточных, менее злокачественных стадий. Вторичные глиобластомы составляют менее 10%, они поражают лиц молодого возраста, развиваются из менее злокачественных опухолей. Во вторичную глиобластому перерождаются фибриллярно-протоплазматическая астроцитомы, анапластическая астроцитомы, олигодендроглиомы [20]. Пациенты в возрасте от 40 до 70 лет составляют 70% всех наблюдений глиобластом [10,18].

Рост глиальных опухолей головного мозга встречается в виде двух вариантов [18, с. 41]: 1. Узловой, при котором преобладает экспансивный рост опухоли, при этом опухолевый узел чётко ограничен от окружающей мозговой ткани. 2. Диффузный, при этом опухоль имеет инфильтративный рост, не имеет чётких ограничений от окружающей мозговой ткани. С этим, вероятно, и связан рецидив роста опухолей после тотального удаления при наличии даже одной опухолевой стволовой клетки (ОСК). Так, по данным аутопсий в 45% случаев глиобластомы распространяются за пределы одной доли, в 25% — на все полушарие, в 25% случаев — на другое полушарие [18, с. 41].

В настоящее время рассматривается теория развития глиальных опухолей головного мозга из одной ОСК или опухоль — индуцирующей клетки. Такие опухолевые стволовые клетки с определенными генетическими нарушениями обладают способностью к самообновлению и дифференцировке [31,37]. Другая теория роста глиальных опухолей является результатом неоангиогенеза, при этом пролиферация клеток астроцитарной глиомы происходит в результате формирования собственного микроциркуляторного русла — «неоангиогенез». Образование таких опухолевых сосудов может происходить как из сосудов хозяина, так и из клеток-предшественников эндотелия [17,32]. Различают три основных способа формирования сосудистой сети опухоли: 1. Захват опухолью сосудов окружающих тканей. В этом случае сосуды опухоли являются, по сути, сосудами окружающего неизмененного мозгового вещества, вовлеченными в ее рост [28]. 2. Инвагинация — образование перегородок в сосудах. Эти сосуды должны отличаться по своим свойствам от сосудов окружающей ткани хозяина-реципиента. 3. Ангиогенез путем спрутинга — образование новых ветвлений от уже существующего сосуда [29].

При этом активность неоангиогенеза определяется степенью дифференцировки опухоли. Предполагают, что рост опухоли является результатом возникшего дисбаланса между пролиферацией клеток и их апоптозом, в результате мутации в генах, контролирующих этот процесс [3]. Слабый иммунный ответ у пациента с первичными опухолями головного мозга обуславливает быстро прогрессирующий и рецидивирующий рост опухоли [25].

Лечение пациента со злокачественной глиальной опухолью головного мозга в настоящее время является нерешенной и сложной задачей. Сложность обусловлена способностью глиальной опухоли к инфильтративному росту с прорастанием функционально значимых зон головного мозга и устойчивостью к большинству известных видов лечения. Согласно рекомендациям Ассоциации нейрохирургов (2013 г.) [2, с.7], лечение глиальных опухолей головного мозга является комплексным (хирургия, радиотерапия, химиотерапия). Такой комплексный подход к лечению глиальных опухолей головного мозга поддерживают многие авторы [8, 4,13].

Хирургическое лечение является ведущим способом лечения опухолей головного мозга. Метод направлен на максимальное удаление объёма опухолевой ткани в пределах функционально обоснованных границ, сохранение качества жизни пациента, установление точного гистологического диагноза. Согласно рекомендациями ассоциаций нейрохирургов России (2013 г.) [2, с.8], хирургическая тактика при удалении опухолей головного мозга зависит от: 1. Локализации опухоли и хирургической доступности, включая возможность её радикального удаления. 2. Функционального статуса (индекс по шкале Карновского), возраста, сопутствующей патологии пациента. 3. Времени с момента последнего оперативного вмешательства у пациентов с рецидивами. Однако, опухолевые клетки, расположенные при инфильтративном росте и в перифокальной зоне, могут быть рассеяны за пределы доли, даже в другом полушарии головного мозга, что в свою очередь делает тотальное удаление новообразования лишь условным [19]. В случае диффузного прорастания опухоли функционально значимых зон головного мозга, её хирургическое удаление может привести к усугублению неврологического дефицита и стойкой инвалидизации пациента, снижающей качество его жизни, особенно при прорастании двигательной зоны мозга [21]. В связи с этими факторами, тотальное, не говоря о радикальном, удаление опухоли ограничено.

В комплексном лечении глиом применяется химиотерапия. Согласно данным ассоциации нейрохирургов России (2013) [2, с.18], при глиальных опухолях используют следующие противоопухолевые препараты:

1. Темозоломид. 2. Нитрозопроизводные (Ломустин, Нимустин, Кармустин, Фотемустин). 3. Винкристин. 4. Прокарбазин. 5. Комбинация PCV (Ломустин, Прокарбазин, Винкристин). 5. Производные платины (Цисплатин, Карбоплатин). 6. Этопозид. 7. Бевацизумаб (в монотерапии, или в комбинации с Иринотеканом). При этом рекомендуют нитрозопроизводные (PCV или нитрозопроизводные в монотерапии — фотемустин и пр.) при анапластической астроцитоме, анапластической олигодендроглиоме, анапластической олигоастроцитоме, после удаления опухоли и лучевой терапии. При рецидиве анапластических глиом (Gradell) рекомендован темозоломид в монотерапии или в комбинации с повторным курсом лучевой терапии. Больным с глиобластомой в качестве первой линии лечения после удаления или биопсии, рекомендовано проведение комбинированного химиолучевого лечения с использованием темозоломида.

Лучевая терапия (радиотерапия). По данным ассоциации нейрохирургов России (2013 г.) [2, с.18], основным компонентом для лечения глиальных опухолей головного мозга является дистанционная фракционированная лучевая терапия (ЛТ). При злокачественных опухолях (Grade III–IV) ЛТ следует начинать в сроки от 2 до 4 недель после операции (после заживления операционной раны). При быстро растущих опухолях, ЛТ допустимо (при отсутствии противопоказаний) начинать через 2–3 дня после операции. Стандартным режимом дистанционной фракционированной ЛТ является облучение ложа опухоли (или опухоли) + 2 см вокруг с суммарной очаговой дозой 55–60 Гр за 25–30 фракций (по 1,8–2,0 Гр на фракцию), проведённых за 5–6 недель.

Эффективность лечения опухолей головного мозга определяется продолжительностью безрецидивного периода опухоли и продолжительностью жизни пациента после лечения. Прогноз жизни пациентов с глиальными опухолями остаётся неудовлетворительным, несмотря на достижения микрохирургической техники и внедрения современных методов лечения, включая комплексный подход к лечению данной категории пациентов. Неудовлетворительные результаты объясняются несколькими причинами: инфильтративный рост опухоли, относительно высокая химио- и радиорезистентность [7,8, с. 103,27]. Несмотря на использование методик комплексной терапии злокачественных глиальных опухолей головного мозга, медиана выживаемости большинство больных не превышает 20,4 месяцев [26,35].

Кроме общепринятых способов лечения глиальных опухолей головного мозга, с целью улучшения отдалённых результатов предлагаются другие, альтернативные способы лечения, в частности фотодинамическая и иммунотерапия. Фотодинамическая терапия — способ, ос-

нованный на введении и накоплении фотосенсибилизатора в опухолевую ткань с последующим воздействием светом, что вызывает деструкцию опухолевых клеток [15,22]. Другие авторы предлагают сонно-фотодинамическую терапию как экспериментальный перспективный способ комплексного лечения злокачественных опухолей. Данный метод основан на увеличении цитотоксичности различных химических соединений при локальном ультразвуковом и лазерном воздействии на опухоль. Однако, авторы отмечают возникновение ишемического некроза в результате возникшей гипоксии клеток [12,24].

### Иммунотерапия злокачественных опухолей головного мозга

Специфическая противоопухолевая иммунотерапия предусматривает применение аутологичных антигенов опухоли больного и профессиональных антиген-презентирующих дендритных клеток, полученных *in vitro* из моноцитов больного [16]. В настоящее время есть попытки применения при злокачественных опухолях головного мозга вакцинотерапии дендритных клеток с опухолевыми лизатами [6,23]. Другие авторы применяют экстракты высших грибов для стимуляции иммунной системы и подавления роста опухолей головного мозга [8, с. 105]. Иммунокорректирующая терапия — назначение иммунных препаратов для улучшения состояния пациентов при проведении химиотерапии [13, с. 279]. С целью влияния на недостаточность иммунной защиты у пациентов с глиальными опухолями головного мозга предлагают применение Циклоферона в стандартной дозировке, что в свою очередь влияет на цитокиновый статус, показатели гуморального звена иммунитета и неспецифических факторов защиты [5]. Однако, авторы подтверждают, что на фоне стимуляции иммунитета циклофероном не происходит восстановления регуляторных связей цитокинов и клеточноопосредованного иммунного ответа. Стимуляция иммунитета приводит лишь к умеренному приросту субпопуляций Т-клеток, уровня иммуноглобулинов, количества естественных киллеров и концентрации ФНО-α. Эти изменения были отмечены на фоне низких параметров Т-клеточного иммунитета. Относительный прирост CD8+, CD16+ лимфоцитов расценен авторами как неэффективный и истощающий. При глиальных опухолях головного мозга существует три варианта ответа иммунной системы на развитие опухоли: 1. Антагонистический, когда иммунная система подавляет или сдерживает рост опухоли; 2. Индифферентный — когда иммунная защита не влияет на рост опухоли; 3. Иммуностимулирующий — когда иммунная система стимулирует рост опухоли [9]. Угнетение противоопухолевого иммунного ответа на разных этапах опухолевого процесса отмечает ряд авторов [34].

## Заключение

Современные стратегии комплексного лечения злокачественных опухолей головного мозга не позволили достичь эффективных результатов в отношении достоверного увеличения продолжительности жизни и значимого улучшения качества жизни данной категории

пациентов. Перспективным представляется дальнейшее изучение иммунного ответа организма на злокачественные опухоли головного мозга. Имеется критическая потребность в создании новых лечебных опций злокачественных опухолей головного мозга, которые бы смогли обеспечивать большой диапазон выживаемости пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абсаямова О.В., Алешин В. А., Анিকেева О. Ю., Бекашев А. Х., Белов Д. М. [и др.] Клинические рекомендации по диагностике и лечению больных с первичными опухолями головного мозга / Общероссийский союз общественных объединений. Ассоциация онкологов России. М., 2014. 59с.
2. Абсаямова О.В., Анিকেева О. Ю., Голанов А. В., Кобяков Г. Л., Коновалов А. Н. [и др.] Клинические рекомендации по лечению первичных опухолей центральной нервной системы / Ассоциация нейрохирургов России. М., 2013. 41 с.
3. Акимов А.А., Иванов С. Д., Хансон К. П. Апоптоз и лучевая терапия злокачественных новообразований // Вопросы онкологии. 2003. Т. 49. № 3. С. 261–269.
4. Бажанов С.П., Олюшин В. Е., Улитин А. Ю., Сафаров Б. И., Ростовцев Д. М. Специфическая противоопухолевая иммунотерапия в комплексном лечении больных со злокачественными супратенториальными глиомами // Сибирский онкологический вестник. 2009. № 6, (36). С. 23–27.
5. Бейн Б.Н., Мухачева М. В., Кочмашев В. Ф., Романцов М. Г., Шардаков В. И. Иммуномодулирующая активность Циклоферона у больных церебральной глиомой до операции и в отсроченном периоде после хирургического лечения // Сибирский онкологический журнал. 2011. Т. 44, № 2. С. 45–51.
6. Борисов К.Е., Сакаева Д. Д. Иммуноterapia злокачественных глиом: современное состояние проблемы и перспективные направления // Злокачественные опухоли. 2015. № 2. С. 22–39.
7. Бывальцев В.А., Степанов И. А., Белых Е. Г. Опухолевые стволовые клетки как источник возникновения глиом головного мозга // Сибирский медицинский журнал. 2015. № 3. С. 5–9.
8. Васильева И.Г., Главацкий А. Я., Макаренко А. Н., Шуба И. Н. Изучение противоопухолевого действия экстрактов высших грибов в культуре клеток глиальных опухолей // Вісник проблем біології медицини. 2015. Вип. 1 (117). С. 103–107.
9. Гнедкова И. А. Проблемы иммунотерапии глиом головного мозга // Український нейрохірургічний журнал. 2002. № 2. С. 57–64.
10. Журавлева М.А., Шершевер А. С., Бенцион Д.Л. Использование перфузионной КТ в динамическом наблюдении за результатами комбинированного и комплексного лечения глиом головного мозга // Лучевая диагностика и терапия. 2012. № 2(3). С. 58–64.
11. Измайлов Т.Р., Панышин Г. А., Даценко П. В. Опухоли головного мозга. Общие принципы современной диагностики и лечения // Поволжский онкологический вестник. 2010. № 3. С. 9–14.
12. Истомин Ю.П., Грачев Ю. Н., Артемьева Т. П., Боричевский Ф. Ф., Церковский Д. А. Соно-фотодинамическая терапия — новое направление в экспериментальной и клинической нейроонкологии // Сборник тезисов. Казань, 2015. С. 106.
13. Карташев А.В., Виноградов В. М., Поздняков А. В., Киселева Л. Н., Ягунов А. С. Перспективы применения вирусиммунотерапии как элемента комбинированного лечения злокачественных глиом головного мозга // Вопросы онкологии. 2010. Т. 56, № 3. С. 278–282.
14. Комарова М.А., Народов А. А., Замай Т. Н. Перспективы использования аптамеров в диагностике и терапии злокачественных новообразований головного мозга // Сибирское медицинское обозрение. 2015. № 6. С. 14–22.
15. Куржупов М.И., Зайцев А. М., Кирсанова О. Н., Филоненко Е. В. Фотодинамическая терапия и флюоресцентная диагностика злокачественных глиом // VII Всероссийский съезд нейрохирургов: сборник тезисов. Казань, 2015. С. 117.
16. Леплина О.Ю., Тихонова М. А., Козлов Ю. П., Ступак В. В., Никонов С. Д., [и др.] Частично-зрелые дендритные клетки как потенциальная основа для индукции противоопухолевого ответа у больных злокачественными глиомами // Медицинская иммунология. 2005. Т. 7, № 4. С. 365–374.
17. Новик М. Б. Иванов А. Ю., Иванова Н. Е., Олюшин В. Е. Локальная цереброваскулярная реактивность у больных с глиальными и смешанными нейронально-глиальными опухолями головного мозга супратенториальной локализации // Нейрохирургия. — 2011. № 3. С. 27–33.
18. Олюшин В. Е. Глиальные опухоли головного мозга: краткий обзор литературы и протокол лечения больных // Нейрохирургия. 2005. № 4. С. 41–47.
19. Олюшин В.Е., Тиглиев Г. С., Острейко О. В., Филатов М. В. Иммуноterapia у пациентов с продолженным ростом глиобластом // Современные минимально-инвазивные технологии (нейрохирургия, вертебрология, неврология, нейрофизиология): материалы симпозиума. СПб., 2011. С. 265–269.
20. Олюшин В.Е., Ростовцев Д. М., Ревяко И. О., Забродская Ю. М. Вторичные глиобластомы полушарий головного мозга. // XV юбилейная всероссийская научно-практическая конференция (Поленовские чтения). Сборник тезисов. СПб., 2016. С. 151.
21. Розуменко В.Д., Хорошун А. П. Глиомы головного мозга: комплексная восстановительная терапия в ранний послеоперационный период // Украинский нейрохирургический журнал. 2004. № 2. С. 34–40.
22. Ступак В.В., Пендюрин И. В., Огиренко А. П., Никонов С. Д. Результаты клинической апробации нового метода лазерной фотодинамической терапии при комплексном лечении злокачественных глиом головного мозга // Лазерная медицина. 2007. Т. 11, вып. 2. С. 29–33.
23. Хунданов В.П., Олюшин В. Е., Улитин А. Ю. Комбинированное лечение глиом мозолистого тела / Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 1(77). Часть 2. С. 100–103.

24. Церковский Д.А., Истомин Ю. П., Грачев Ю. Н., Артемьева Т. П., Боричевский Ф. Ф. [и др.] Интраоперационная сонно- с фотосенсибилизатором фотолон в лечении пациентов с рецидивными формами мультиформной глиобластомы GRADE IV // VII Всероссийский съезд нейрохирургов: сборник тезисов. Казань, 2015. С. 159–160.
25. Черных Е.Р., Ступак В. В., Центнер М. И., Хонина Н. А., Леплина О. Ю. [и др.] Эффективность комбинированной иммунотерапии в комплексном лечении злокачественных глиом головного мозга // Сибирский онкологический журнал. 2004. № 2–3 (10-и). С. 85–88.
26. Щеглов В.И., Рыбальченко С. В., Олейник Г. М. Использование метода внутриартериального введения химиопрепаратов в составе комплексного лечения пациентов с глиомами головного мозга супратенториальной локализации // Эндоваскулярна нейрорентгенохірургія. 2013. № 3 (5). С. 43–47.
27. Bouchard P. Results of biopsy high-grade gliomas after high-dose radiotherapy // Am. J. Clin. Oncol. 2000. Vol. 22, № 1. P. 22–23.
28. Folkherth R. D. Descriptive analysis and quantification of angiogenesis in human brain tumor. // Journal of neurooncology. 2000. Vol. 50. № 1–2. P. 65–72.
29. Folkman J. Tumor angiogenesis: therapeutic implications // The New England journal of medicine. 1971. Vol. 18. № 285 (21). P. 1182–1186.
30. Jemal A., Murray T., Ward E., Samuels A., Tiwari R. C. [et al.] Cancer statistics [J] // CA Cancer J. Clin. 2005. Vol. 1, № 55. P. 10–30.
31. Heywood R. M., Marcus H. J., Ryan D. J., Piccirillo S. G., Al-Mayhani T.M. [et al.] A review of the role of stem cells in the development and treatment of glioma // Acta Neurochir. 2012. Vol. 154, № 6. P. 951–969.
32. Lorgier M. Tumor microenvironment in the brain. Cancer // 2012. Vol. 4, P. 218–43.
33. Louis D. N., Ohgaki H., Wiestler O. D., Cavenee W. K., Burger P. C. [et al.] The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system // Acta Neuropathol. 2007. № 114. P. 97–109.
34. Reardon D. A., Wen P. Y., Wucherpennig K. W., Sampson J. H. Immunomodulation for glioblastoma // Current opinion in neurology. 2017. Vol. 30. № 3. P. 361–369.
35. Stupp R., Hegi M. E., Mason W. P., van den Bent M. J., Taphoorn M. J. [et al.] European organization for Research and treatment of Cancer Brain Tumour and Radiation Oncology Groups; National Cancer institute of Canada Clinical Trials Group. Effects of radiotherapy with concomitant and adjuvant temozolomide versus radiotherapy alone on survival in glioblastoma in a randomized phase III study: 5-year analysis of the EORTC-NCIC trial // Lancet Oncol. 2009. № 10. P. 459–466.
36. Wen P. Y., Kesari S. N. Malignant gliomas in adults // Engl. J. Med. 2008. 359(8). P. 492–507.
37. Zaidi H. A., Kosztowski T., DiMeco F., Quiñones-Hinojosa A. Origins and clinical implications of the brain tumor stem cell hypothesis // J. Neurooncol. 2009. 93 (1). P. 49–60.

© Салах М. М. Сехвейл ( salahsehweil@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ростовский государственный медицинский университет

## ВЕРХУШЕЧНЫЙ ПЕРИОДОНТИТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ

### APICAL PERIODONTITIS: CURRENT APPROACHES AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF DISEASE

*Yu. Sergeev*

*Summary.* The article considers modern approaches and innovative technologies in the treatment of apical periodontitis. The author comes to the conclusion that the bone tissue of the tooth is most intensively restored when light therapy is applied. At the same time, there is a reduction in the period of regeneration of bone tissue, as well as improvement of long-term results of treatment. The lowest effect was obtained as a result of the use of traditional drug therapy without combining it with additional physical impact on the periapical focus.

*Keywords:* periapical lesion, apical periodontitis, therapy, electrophoresis, pharmacological and physical methods of influence.

**Сергеев Юрий Андреевич**

ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный медицинский университет»

*Аннотация.* В статье рассмотрены современные подходы и инновационные технологии в лечении верхушечного периодонтита. Автор приходит к выводу, что костная ткань зуба наиболее интенсивно восстанавливается тогда, когда применяется светолечение. При этом, имеет место сокращение срока регенерации костной ткани, а также улучшение отдаленных результатов лечения. Наименьший эффект был получен в результате применения традиционной медикаментозной терапии без сочетания ее с дополнительным физическим воздействием на периапикальный очаг.

*Ключевые слова:* периапикальный очаг, верхушечный периодонтит, светолечение, электрофорез, медикаментозные и физические методы воздействия.

**Н**а сегодняшний день хронический верхушечный периодонтит получил достаточно широкое распространение, и с учетом того, что он может стать причиной развития ряда других системных заболеваний, необходим поиск индивидуального диагностического и активного лечебного воздействия на патологический очаг в околоверхушечных тканях. Известно, что длительное бессимптомное течение хронического воспалительного процесса в околоверхушечных тканях способствует формированию неполноценной соединительной ткани, вследствие чего имеет место нарушение восстановительных процессов и опорно-удерживающей функции зубов [8,11].

Для диагностики хронического верхушечного периодонтита сегодня применяется радиовизиография, ортопантограммная рентгенография [11], определяют порог возбудимости периодонта [6]. После проведения диагностики пациенту назначают соответствующее лечение, как правило, медикаментозное. Цель работы — сравнить эффективность традиционных методов лечения хронического верхушечного периодонтита и комплексного подхода к лечению, включающего физические методы и медикаментозное лечение.

С целью проведения диагностического обследования поражений, имеющих локализацию в области одного или двух зубов, а также для контроля процесса лечения нами была использована дентальная рентгенография с использованием аппарата 5D2/EUOLUTION

X3000–2С, а также радиовизиография использованием аппарата CDR Schick № 24988. Также, чтобы повысить эффективность диагностики и выявить периапикальные деструктивные изменения, мы использовали модификацию аппарата SCORPION DENTAL OPTIMA, разработанную авторами В.В. Мироновой, Г.Г. Физюковой, Н.Н. Соломатиной, которыми было предложено, наряду с приставкой к такому аппарату, использовать устройство со специально разработанным ими активным электродом: данный электрод вводится в канал корня, подводится непосредственно к верхушечному периодонту, после чего проводятся замеры порога возбудимости [10].

Мы обследовали 120 пациентов, которые входили в три группы (основная группа и две контрольных). Пациентам первой группы была проведена традиционная обработка корневых каналов, а также осуществлено светолечение 61 зуба с хроническим верхушечным периодонтитом (50 пациентов). Пациенты второй группы получали как медикаментозное традиционное лечение, так и электрофорез 10% раствора йодида калия (такое лечение получали 34 пациента, всего было проведено лечение 36 зубов). В третью группу вошли 22 пациента (44 зуба), к данным пациентам при лечении хронического верхушечного периодонтита применялись традиционные методы лечения.

Светотерапию хронического верхушечного периодонтита мы проводили с использованием све-

тодиодного устройства, разработанного автором Мисником А. В. (патент на полезную модель № 91871 от 10.03.2010) [8]. Данное устройство облучает воспаленные околоверхушечные ткани зуба и предназначено для лечения хронического верхушечного периодонтита, эффективность которого повышается за счет введения оптического излучения в канал корня зуба непосредственно направлено на воспаленный периодонт.

Электрофорез 10% раствора йодида калия проводился по стандартной методике: производилось удаление распада пульпы, медикаментозная обработка каналов. Далее в проходимую часть канала вводились ватные турунды, которые были пропитаны раствором вводимого вещества. После активный электрод вводился в зуб и фиксировался липким воском, а пассивный закреплялся на предплечье пациента. Процедура проходила в течение 20 минут, после чего активный электрод извлекался из полости зуба, а сам зуб закрывался временной пломбой. В случае, если имел место фиброзный периодонтит, то проводилось 2 процедуры, если же был диагностирован хронический гранулирующий, то 3–4. Процедуры проводились с использованием аппарата ГЭ-5-03.

В результате исследования были получены следующие результаты. Первичная диагностика показала, что у всех пациентов хронического фиброзного периодонтита порог возбудимости периодонта составлял 150–160 мкА. Если традиционный метод лечения позволил снизить указанный порог до 140 мкА, то после электрофореза йодида калия порог снизился до 130 мкА. Светолечение же способствовало снижению порога до 100–120 мкА.

Результаты исследования пациентов с хроническим гранулирующим периодонтитом были следующие: первичная диагностика — 180–190 мкА, при традиционном методе произошло снижение до 160 мкА, после электрофореза — до 110 мкА, после светолечения — до 100 мкА. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что проведенное лечение, независимо от методов, свидетельствует о благополучном результате первого этапа. При этом, наибольший эффект был получен при применении светолечения.

Согласно стандартам ВОЗ, окончательный исход эндодонтического лечения можно определить через 24 месяца после его проведения, так как именно по окончании указанного срока становится ясной динамика процесса восстановления костной ткани в очаге деструкции. Так как околоверхушечная ткань восстанавливается в течение 1,5–2 лет, необходимо наблюдать указанный процесс.

Посредством проведения динамического рентгенологического наблюдения пациентов и определения порога возбудимости периодонта было выявлено, что имело место снижения цифровых показателей, а также уменьшение патологических очагов в околоверхушечных тканях зубов, при этом, последние в некоторых случаях после проведения светотерапии даже не проявлялись. Указанные изменения были менее выражены после электрофореза и традиционного метода лечения.

По истечении шести месяцев после лечения было проведено обследование в основной группе пациентов. Результаты обследования показали отсутствие патологического очага на рентгенограмме (18 зубов), также было отмечено уменьшение такого очага в области 21 зуба, в области же 6 зубов такой очаг остался без изменений.

По истечении года обследование показало, что при общем уменьшении патологических очагов позитивные изменения не обнаружены в области только 1 зуба.

Исследование группы пациентов, получавших лечение электрофорезом, через 6 месяцев от начала лечения, показало, что костная ткань после проведения лечения восстановилась у 4 (6 зубов) пациентов, имело место уменьшение патологического очага в области 5 зубов, не измененным остался патологический очаг в области 7 зубов. Результаты обследования, проведенного по истечении года, свидетельствовали об отсутствии патологического очага в области 5 зубов, уменьшении — в области 6 зубов, отсутствии изменений — в области 3 зубов. По истечении двух лет у 19 пациентов патологический очаг отсутствовал в области 9 зубов, сократился в области 5 зубов и остался таким же в области 3 зубов.

Традиционный метод лечения дал более скромные результаты: по истечении 6 месяцев от начала лечения у 16 пациентов (22 зуба) отмечено сокращение очага в 2 случаях, неизменным он остался у 14 пациентов. Через год патологический очаг отсутствовал в области 4 зубов, сократился — в области 8 зубов и остался неизменным в области 2 зубов. По истечении двух лет у 13 пациентов (21 зуб) патологический очаг отсутствовал в области 15 зубов и без изменения сохранился в области 6 зубов.

Таким образом, можно заключить, что костная ткань зуба наиболее интенсивно восстанавливается тогда, когда применяется светолечение. При этом, имеет место сокращение срока регенерации костной ткани, а также улучшение отдаленных результатов лечения. Наименьший эффект был получен в результате применения традиционной медикаментозной терапии без сочетания ее с дополнительным физическим воздействием на периапикальный очаг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян, В. А. Динамика заживления пери- апикальных деструктивных поражений в рентгенологическом изображении / В. А. Бадалян, Н. А. Рабухина, Л. А. Григорьянц // Стоматология. — 2000. — № 2. — С. 12–16.
2. Григорьянц, Л. А. Клиника, диагностика и лечение больных с выведенным пломбировочным материалом за пределы корня зуба / Л. А. Григорьянц, В. А. Бадалян, М. Тамазов // Клиническая стоматология. — 2001. — № 1. — С. 29–31.
3. Дмитриева Л.А., Селезнёва Л. А. Новые тенденции в лечении верхушечного периодонтита // Эндодонтия Today. — 2004. — № 1. — С. 15–19.
4. Заболевания эндодонта, пародонта и слизистой оболочки полости рта / Под ред. А. К. Иорданишвили. — М.: МЕДпресс-информ, 2008. — 344 с.
5. Коэн С., Бернс Р. Эндодонтия: Пер. с англ. — СПб.: Интерлайн, 2000. — 691 с.
6. Лукиных Л.М., Лившиц Ю. Н. Верхушечный периодонтит: Учебное пособие. — Н. Новгород: НГМА, 2004. — 92 с.
7. Лучевая диагностика в стоматологии: Учебное пособие / Васильев А. Ю., Воробьёв Ю. И., Серова Н. С. и др. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 176 с.
8. Мисник, А. В. Лечение хронического верхушечного периодонтита с использованием технологий отсроченного пломбирования: автореф. дис. ... канд. мед. наук. / А. В. Мисник. — М., 2009. — 23 с
9. Мозговая Л.А., Косолапова Е. Ю., Задорина И. И. Оптимизация методов лечения хронических форм апикального периодонтита // Стоматология. — 2012. — № 5. — С. 14–17.
10. Николаев А.И., Цепов Л. М. Практическая терапевтическая стоматология. — М.: МЕДпресс-информ, 2007. — 928 с.
11. Рациональная фармакотерапия в стоматологии / Под ред. Г. М. Барера, Е. В. Зорян. — М.: Литтера, 2006. — 564 с. 9. Терапевтическая стоматология: национальное руководство / Под ред. Л. А. Дмитриевой, Ю. М. Максимовского. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 912 с

© Сергеев Юрий Андреевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ставропольский государственный медицинский университет

# ЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АРТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПРИ УЗИ-ТРАНСИЛЛЮМИНАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ

## THE PHENOMENON OF INTERACTION AND TRANSFORMATION OF ARTERIAL FLOWS DURING ULTRASOUND-TRANSILLUMINATION MONITORING

**Z. Sigal  
O. Surnina**

*Summary.* The article presents the possibilities of using ultrasound transillumination monitoring of organ hemodynamics for the evaluation of interaction and transformation of arterial flows during surgical pathology. In this study, when a pathological process appeared, specific criteria for changing the spectral curve were revealed for various pathological processes. Compensatory hemodynamic mechanisms of blood flow enhancement were found in the form of the appearance of a diastolic component, increased resistance, transformation and severity of collateral arterial flow.

*Keywords:* ultrasound transillumination monitoring, interaction of arterial flows, organ hemodynamics.

**Сигал Золтан Мойшевич**

*Д.м.н., ФГБОУ ВО ИГМА МЗ РФ, профессор, заслуженный деятель науки РФ; ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики*

**Сурнина Ольга Владимировна**

*К.м.н., БУЗ УР «Республиканский клинико-диагностический центр МЗ УР» (г. Ижевск), доцент, Ижевская государственная медицинская академия (ИжГМА), г. Ижевск  
uzd-ur@mail.ru*

*Аннотация.* Обнаружены компенсаторные гемодинамические механизмы усиления кровотока в виде появления диастолического компонента, повышения резистентности, трансформации и выраженности коллатеральных артериальных потоков. В статье представлены возможности использования УЗИ-трансиллюминационного мониторинга органной гемодинамики для оценки взаимодействия и преобразования артериальных потоков при хирургической патологии. В данном исследовании при появлении патологического процесса были выявлены специфические критерии изменения спектральной кривой при различных патологических процессах.

*Ключевые слова:* УЗИ-трансиллюминационный мониторинг, взаимодействие артериальных потоков, органная гемодинамика.

С помощью оригинальных методов прижизненной пигментной трансиллюминационной вазоскопии (–графии), ангиотензометрии З.М. Сигалом обнаружено новое явление взаимодействия артериальных потоков в различных интраорганных и экстраорганных сосудах [7–10]. Кровоснабжение органов и тканей осуществляется из двух источников. Кровообращение головы обеспечивается правыми и левыми внутренними сонными и позвоночными артериями, которые встречаются в Виллизиевом круге. «Встреча» наружных сонных артерий происходит в анастомозах на лице, языке и щитовидной железе. В брюшной полости взаимодействие артериальных потоков осуществляется по перигастрическим дугам, между ветвями брыжеечных артерий, в аркадных сосудах. На конечностях феномен взаимодействия обнаружен в глубоких и поверхностных артериальных дугах. Это зарегистрировано в эксперименте и в клинике на фотографиях, в кинофильмах, а также при ультразвуковом мониторинге.

Одной из функций взаимодействия противоположно направленных артериальных потоков является достижение равномерности кровоснабжения отдельных звеньев. Следующей функцией является компенсация энергетического истощения потока. Наряду с парными

органами обнаружено парное кровоснабжение. В различных участках регистрировали наряду с равнодействующими, результирующими направлениями также ортогоградные и ретроградные противоположно направленные показатели (рис. 1).

Взаимодействие артериальных потоков является новым фактором, обеспечивающим ундулирование потоков. Следствием чего является гомогенизация элементов крови, профилактика осаждения, агрегации, внутрисосудистого свертывания. Оно ведет к подъему давления и эффективному переключению кровоснабжения на элементы следующего калибра. Новый феномен приводит к амортизации волны на элементы самой сосудистой системы и связанных с ней клеточных структур. Представляется возможность более точного определения периферического внутриартериального сопротивления в кругах кровообращения. При этом нет необходимости учета объема крови, проходящего через сосуд. Можно также дифференцировать внутриартериальное пульсовое, неппульсовое и смешанное сопротивление.

Представляется перспективным использование открытого гемодинамического явления в исследованиях коллатеральной гемодинамики, разработке способов

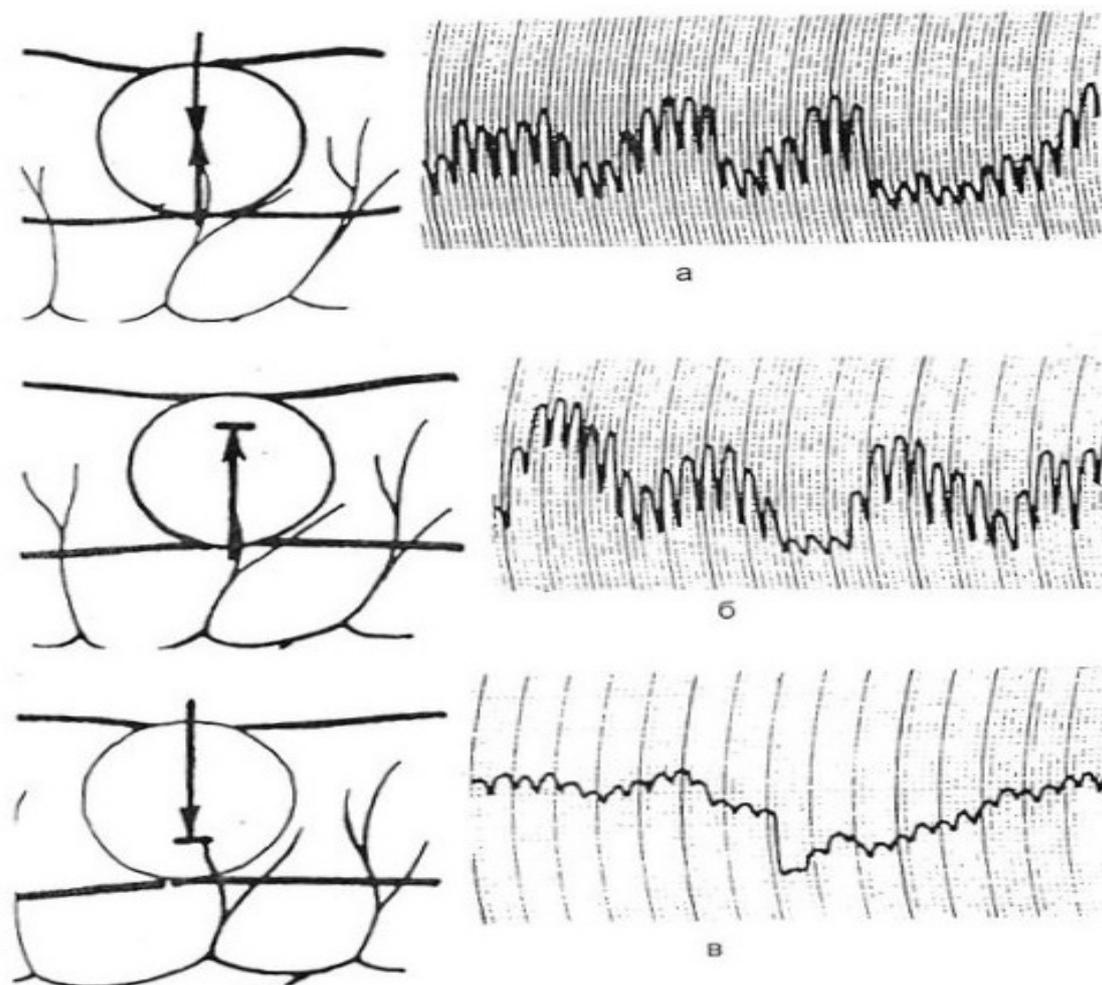


Рис. 1. Артериальные потоки интактной тонкой кишки: а — суммарный, б — брыжеечный, в-противобрыжеечный. Скорость движения ленты 5 мм/с, усиление сигнала 10 мм/мV. Артериальное давление суммарного потока 128/80, брыжеечного 110/85, противобрыжеечного 80 мм. рт. ст.

регионарного улучшения кровообращения. З.М. Сигалом предложены и разработаны, основанные на новом гемодинамическом явлении, способы определения жизнеспособности стенок полых органов, профилактики несостоятельности кишечных культей, пластики брюшных грыж, хирургического лечения цирроза печени [3–6]. Не исключено возможное значение открытого гемодинамического явления в будущем для нового метода консервации крови, инфузионной терапии, оперативных вмешательств с сохранением контралатеральных потоков, разработки специфических диагностических признаков артериальной недостаточности и очаговой патологии.

В литературе описаны высоко- и низкорезистентный кровотоки по доплеровской кривой [1,2]. Однако сам феномен взаимодействия контралатеральных артериальных потоков не обнаружен. Не было описано этого фе-

номена в норме и патологии ни на уровне артериальных дуг, ни в магистральных сосудах. Не описаны компенсаторные механизмы усиления кровотока в артериях следующего калибра, не разработаны гемодинамические модели распределения материальных и энергетических совокупностей. У большей части обследуемых лиц при ультразвуковом исследовании в проекции артериальных дуг мы получили двунаправленный спектр кривой, что соответствует столкновению потоков внутри артерии (рис. 2а). Ниже и дистальнее артериальных дуг спектр кровотока меняет свое направление, принимая однонаправленное движение с сохранением или увеличением скорости кровотока.

В данном исследовании при появлении патологического процесса были выявлены специфические критерии изменения спектральной кривой при различных патологических процессах. Так, при острых воспали-

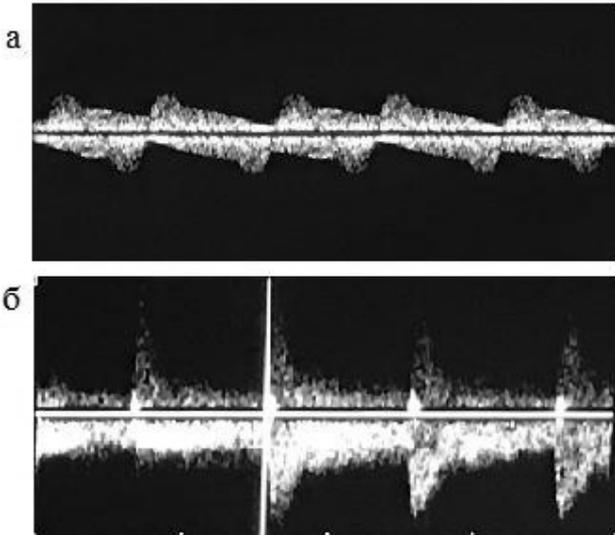


Рис. 2. Доплеровская кривая почечных артерий: а — в норме у больного Н. (№ карты 5467), низкорезистентный разнонаправленный кровоток; б — при остром пиелонефрите у больного К. (№ карты 5643), повышение резистентности с сохранением разнонаправленного кровотока.

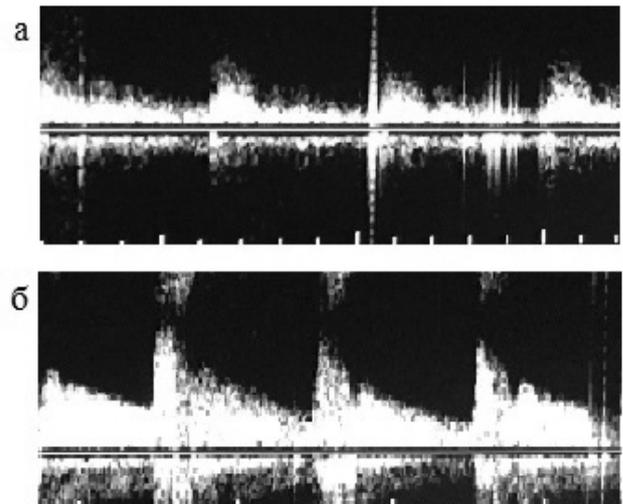


Рис. 3. Доплеровская кривая ramus profundus a. cystica: а — в норме у больного М. (№ карты 5698), низкорезистентный разнонаправленный кровоток с различными разнонаправленными спектрами; б — при остром холецистите у больного В. (№ карты 4537), повышение резистентности с сохранением разнонаправленного кровотока.

тельных процессах систолический пик спектральной кривой заострялся, принимал менее пологую форму с уменьшением, но сохранением диастолического компонента, с сохранением двунаправленности кровотока в проекции артериальных дуг, контралатеральных артериальных потоков различных органов, например, в почке у больного К. (№ карты 5643) (рис. 2б). Это является доказательством значения стыка контралатеральных потоков для усиления кровоснабжения органа при воспалении с трансформацией низкорезистентного кровотока в более резистентный.

Во внутривенных ветвях желчного пузыря также происходит в норме столкновение артериальных потоков. По сравнению с почкой эти разнонаправленные потоки неодинаковые, но также низкорезистентные.

При остром холецистите у больного В. (№ карты 4537) (рис. 3б) диастолический компонент гораздо выражен по сравнению с пиелонефритом, что указывает на усиление кровообращения при этой патологии и является также результатом столкновения артериальных потоков.

В глубокой ладонной дуге в норме на ультразвуковом исследовании прослеживается высокорезистентный кровоток, столкновение контралатеральных потоков, что является важным для эффективного распределения

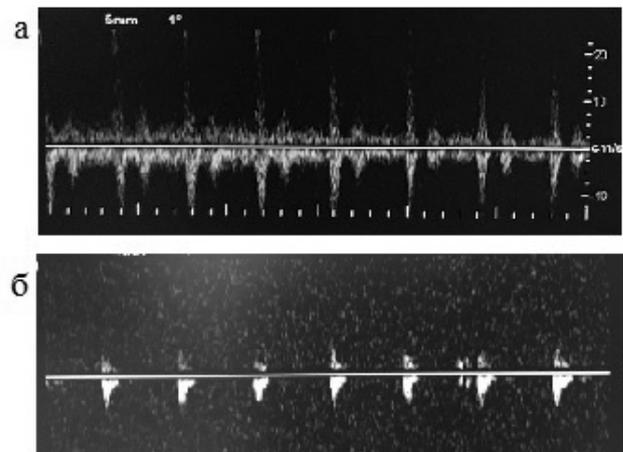


Рис. 4. Доплеровская кривая глубокой ладонной дуги: а — в норме у больного Д. (№ карты 6752), двунаправленный высокорезистентный кровоток; б — при стенозе локтевой артерии у больного Л. (№ карты 3487), отсутствие диастолического компонента с различными разнонаправленными спектрами.

артериальных потоков по сосудам следующего калибра (пальцевые артерии) (рис. 4а). Стеноз в виде атеросклеротической бляшки в локтевой артерии у больного Л. (№ карты 3487) (рис. 4б) приводит к трансформации редуциции артериальных потоков. Со стороны бляшки еле заметен кровоток, а с контралатеральной стороны он резко редуцирован. При этом ни о каком диастолическом компоненте речь не идет, а наоборот, реальна угроза необратимой ишемии при резко редуцированных контралатеральных потоках.

Обнаруженное явление имеет значение для создания различных моделей кровотока, некрозов и ишемической патологии, для оценки жизнеспособности органов при различных операциях, для профилактики некрозов, несостоятельности швов анастомозов, парезов, ишемических энтеритов и колитов. В клинических исследованиях при ультразвуковом мониторинге найдены специфические критерии низко- и высокорезистентного кровотока как в норме, так и при патологии. Обнаружены компенсаторные гемодинамические механизмы усиления кровотока в виде появления

диастолического компонента, повышения резистентности, трансформации и выраженности коллатеральных артериальных потоков. При стенозе столкновение артериальных потоков мало выражено и чревато необратимой ишемией, вплоть до роковых исходов. На основании полученных ультразвуковых данных можно сделать вывод об изменении, но сохранении двунаправленного кровотока в артериальных дугах при воспалительных процессах и исчезновении спектра с одной стороны при угрозе ишемии органов или ткани. Таким образом, как в клинике, так и в эксперименте с помощью оригинальных методов ангиотензометрии, пульсомоторографии, а также ультразвуковым мониторинге обнаружены новые гемодинамические явления взаимодействия и взаимопреобразования артериальных потоков, имеющие практическое лечебно-диагностическое значение в медицине. На основе нового явления взаимодействия контралатеральных артериальных потоков созданы бионические модели распределения материальных и энергетических совокупностей при капельном орошении, водоснабжении, нефтеснабжении и электроснабжении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Реал Тайм, 2007. — 416 с.
2. Назаренко Г.И., Хитрова А. Н., Краснова Т. В. Современные медицинские технологии. Доплерографические исследования в уронефрологии. — М: Медицина, 2002—152 с.
3. Патент РФ № 2000108146/14, 20.02.2003. Способ профилактики несостоятельности кишечных культией // Патент России № 2198601. 2000. Бюл. № 5. / Сигал З. М. и др.
4. Патент РФ № 2012110834/14, 20.08.13. Способ пластики брюшных грыж // Патент России № 2489973. 2012. Бюл. № 23. / Сигал З. М. и др.
5. Патент РФ № 2014127457/14, 10.12.15. Способ хирургического лечения цирроза печени в эксперименте // Патент России № 2570526. 2014. Бюл. № 34. / Сигал З. М. и др.
6. Патент СССР № 4410141/28—14, 30.07.90. Способ определения жизнеспособности стенки толстой кишки // Патент СССР № 1581272. 1988. Бюл. № 28. / Сигал З. М., Точиллов С. Л.
7. Сигал З. М. Интраорганный гемодинамика в хирургии желудочнокишечного тракта // Интраорганный гемодинамика пищеварительной и выделительной систем: сб. науч. тр. — Горький, 1985. — С. 5—8.
8. Сигал З. М. Кровяное давление в сосудах тонкой кишки // Доклады АН СССР. — 1974. — № 3. — С. 730—732.
9. Сигал З.М. и др. Ишемия желудка и кишечника // Известия АН СССР. Серия биологическая. — 1985. — № 4. — С. 544—551.
10. Сигал М.З., Сигал З. М. Интраорганный гемодинамика в полых органах при операциях в брюшной полости. — Казань, 1980. — 319 с.

# ИНТРАКОРПОРАЛЬНО ПОЛИМЕРИЗУЮЩИЙСЯ ЭКСПЛАНТАТ ДЛЯ МИНИИНВАЗИВНОЙ ПУНКЦИОННО-ИНФУЗИОННОЙ ПЛОМБИРОВКИ ПАХОВОГО КАНАЛА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВПРАВИМЫХ ПАХОВЫХ ГРЫЖ

INTRACORPOREALLY-POLYMERISING  
IMPLANT USED IN A MINIMALLY  
INVASIVE METHOD  
«PUNCTURE-INFUSION-SEAL»  
OF THE INGUINAL CANAL  
IN THE TREATMENT OF REDUCIBLE  
INGUINAL HERNIAS

**E. Trunin**  
**M. Mowlabucus**  
**A. Smirnov**  
**I. Zorin**  
**N. Zorina**  
**V. Tatarkin**  
**V. Rybakov**

*Summary.* Aiming at finding a minimally invasive method of treating inguinal hernias, the following experimental study has been conducted, whereby; the different properties of the synthetic material, consisting of a copolymer of polyacryl-amide coupled with Putrescine have been investigated. This article comprises of the parts of the experiment based on the physical, chemical and mechanical properties of the implant, which could provide evidence for it to be used as an intracorporeally-polymerising implant.

*Keywords:* Polymer, copolymer, hydrogels, intracorporeally-polymerising implant, inguinal hernia, injection-based methods of treating hernias, reconstructive surgery, plastic surgery.

## Введение

Статья посвящена разработке синтетического полимера, который может быть применен при ниже описанной методике лечения вправимых паховых грыж [3].

**Трунин Евгений Михайлович**

Д.м.н., Северо-Западный Государственный  
Медицинский Университет им. И. И. Мечникова  
etrunin@mail.ru

**Моулабакас Мохаммад Джавид**

Соискатель, Северо-Западный Государственный  
Медицинский Университет им. И. И. Мечникова  
mjaweed10@hotmail.com

**Смирнов Александр Александрович**

К.м.н., доцент, Северо-Западный Государственный  
Медицинский Университет им. И. И. Мечникова  
savmeda@yandex.ru

**Зорин Иван Михайлович**

Д.х.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный  
университет  
i.zorin@spbu.ru

**Зорина Надежда Анатольевна**

К.х.н., старший преподаватель, Санкт-Петербургский  
государственный университет  
n.zorina@spbu.ru

**Татаркин Владислав Владимирович**

Старший преподаватель, Северо-Западный  
Государственный Медицинский Университет  
им. И. И. Мечникова  
vlad1k2@yandex.ru

**Рыбаков Владимир Александрович**

Северо-Западный Государственный Медицинский  
Университет им. И. И. Мечникова  
suvorovvolotia@mail.ru

*Аннотация.* С целью создания миниинвазивного способа лечения паховых грыж, провели исследование для определения характеристик синтетического полимерного материала, который состоит из сшитого путресцином сополимера полиакриламида. В статье приведены результаты исследования физико-химических и механических свойств эксплантата, которые могут обосновать его применение в качестве интракорпорально-полимеризующегося эндопротеза.

*Ключевые слова:* Полимер, сополимер, гидрогели, интракорпорально-полимеризующийся эксплантат, паховая грыжа, инъекционные методы лечения грыж, восстановительная хирургия, пластическая хирургия.

Инъекционный способ, как метод консервативного устранения грыжи не получил широкое применение в мире. Он используется в некоторых странах Европы и США [1]. Суть метода состоит во введении в ткань грыжевых ворот и в полость грыжевого меш-

ка раздражающих и склерозирующих веществ (этиловый спирт, растворы кислот и щелочей), вызывающих ограниченное асептическое воспаление с образованием плотной соединительной ткани. Таким образом, достигается облитерация грыжевого мешка и рубцевание грыжевого дефекта. Обязательным условием инъекционной терапии является полная вправимость грыжи. Ограничение, или настороженность в применении инъекционных методов, вероятно, связано с описанными осложнениями, которые были достаточно серьезными: некроз семенного канатика, ранение сосудов и образование гематом, септические абсцессы брюшной полости, гангрена кишки, химический перитонит и т.д. [1].

### Цель

Создание оптимального интракорпорально-полимеризующегося эксплантата для миниинвазивного пункционно-инъекционного способа лечения вправимых паховых грыж.

### Материалы и методы:

**Обоснование выбора материала для миниинвазивной пункционно-инъекционной пломбировки пахового канала.** Основные требования, предъявляемые к синтетическим материалам, определены критериями, разработанными **V.H. Cumberland (1952)** [8] и **V.T. Scales (1953)** [14]:

- 1) по физическим свойствам материал должен быть адаптирован к тканевым жидкостям;
- 2) быть химически инертным;
- 3) не вызывать воспалительных или других реакций организма;
- 4) не обладать канцерогенными свойствами;
- 5) обладать достаточной прочностью, способностью противостоять механическому воздействию;
- 6) быть эластичным, обеспечивая возможность принимать необходимую форму;
- 7) быть удобным для стерилизации;
- 8) быть доступным по стоимости.

Дополнительные требования, предъявляемые к инъекционным интракорпорально-полимеризующимся эксплантатам:

- 1) способность эксплантата сохраняться в пределах разумного периода времени, и при этом без особых заведомо трудно достижимых условий его эксплуатации.
- 2) должен обладать жидкой или гелеобразной консистенцией, чтобы позволять материалу проходить через иглу.
- 3) после полимеризации эксплантат должен представлять собой мягко эластическую структуру,

сходную по эластичности с поперечнополосатой мускулатурой.

- 4) Если полимеризация имеет экзотермический характер, максимальная температура при реакции полимеризации не должна превышать 45 °С, чтобы не вызывать денатурацию белка окружающих тканей.
- 5) скорость полимеризации должна находиться в пределах от 5–10 мин. Время перехода в твердую фазу менее 5 минут будет препятствовать точной локализации эксплантата в выбранной анатомической зоне. Время перехода в твердую фазу >10 минут может привести к распространению не полимеризованного эксплантата в другие анатомические зоны.
- 6) эксплантат располагается в тканях брюшной стенки достаточно поверхностно, поэтому его механические и физико-химические свойства не должны существенно меняться в диапазоне температур от 35°С до 45°С.
- 7) эксплантат должен быть инертным с точки зрения физического и химического воздействия, не токсичным, не вызывать аллергию. Допустимо и даже желательно, чтобы имплантируемый материал мог вызывать не выраженное асептическое воспаление, для формирования прочной соединительнотканной капсулы.
- 8) желательно, чтобы на протяжении нескольких месяцев проходила медленная биодеградация эксплантата без выделения токсичных продуктов распада.
- 9) стоимость эксплантата должна быть разумной и доступной.

Исходя из выше перечисленных критериев произведен подбор полимерной основы с учетом механизма перехода эксплантата из его жидкой фазы в гелеобразную.

Механизмов перехода может быть несколько. Мы рассматривали возможность образования геля при формировании ковалентных связей за счет протекания химической реакции сшивки. Сшивка — это химическая реакция между растворенным полимером и низкомолекулярным веществом, приводящая к формированию пространственной сетки химических связей. Для такой реакции необходима полимерная основа. Полимер должен быть водорастворимым, нетоксичным, быть способным вступать в быструю химическую реакцию сшивки. Этим параметрам удовлетворяет полиакриламид. Его широко применяют [4, 6, 7, 11–13]. Он легко доступен, но не содержит функциональных групп, способных вступать в реакцию сшивки. Нами принято решение получить сополимеры, вводя необходимые функциональные группы на стадии полимеризации. Функциональные группы выбирали параллельно с выбором сшивателя.

Сшивателем должно быть нетоксичное низкомолекулярное (для лучшей гомогенности и скорости реакции) вещество. Оно должно содержать минимум две функциональные группы. В качестве сшивателей использовали биогенные и близкие к ним амины: путресцин, кадаверин, гександиамин, лизин. В полимер вводили функциональные группы, способные к быстрым реакциям с аминогруппами сшивателя. В качестве таковых испытывали N-акрилоилоксисукцинимид (АС). Проводили его сополимеризацию с винилпирролидоном и акриламидом. Для сополимера АС с акриламидом удалось подобрать условия формирования геля путём сшивки путресцином. Кроме того, имеется возможность регулировать жесткость геля путем изменения количества функциональных групп в полимере. Реакция сшивки полимера протекает быстро, поэтому подбирали состав сшивателя, замедляющий эту реакцию до приемлемых значений. Замедление реакции сшивания достигается введением сшивателя в виде соли амина и янтарной кислоты, после гомогенизации смеси полимера и сшивателя кислота нейтрализуется мягким основанием (бикарбонат натрия). В результате реакции сшивки получили гель с необходимой скоростью полимеризации. При этом выделяются низкомолекулярные компоненты — янтарная кислота и N-гидроксиукцинимид (постепенно гидролизуются до янтарной кислоты и гидроксилamina), которые в применяемых количествах безвредны. Функциональные группы полимера могут реагировать с любыми аминогруппами в окружающих биологических тканях, за счет этого полимер обладает адгезивными свойствами по отношению к тканям организма, образуя с ними ковалентную связь. Гель является биodeградируемым поскольку содержит амидную связь. Продукт деградации — путресцин и водорастворимый низкомолекулярный сополимер акриламида и акриловой кислоты выводятся из организма. Синтез сополимера полиакриламида выполняется при стерильных условиях. Остальные компоненты также выпускаются в стерильном виде.

#### Определение физико-химических свойств эксплантата

До введения полимер представляет собой белый порошок (будучи гидрофильным, должен храниться в сухом помещении, плотно закрытым, лучше — в порционных запаянных флаконах). Непосредственно перед применением готовят его раствор заданной концентрации в воде или в изотоническом растворе. Получается бесцветный прозрачный немного вязкий раствор без запаха. Этот раствор используют сразу (не больше получаса), хранению не подлежит. Другими компонентами являются:

- ♦ раствор 1,4-диаминобутана (путресцина) и янтарной кислоты в мольном соотношении 1:1. Это бесцветный прозрачный невязкий раствор с ха-

рактерным неприятным запахом (хранится длительно в виде раствора).

- ♦ раствор бикарбоната натрия (хранится длительно в виде раствора).

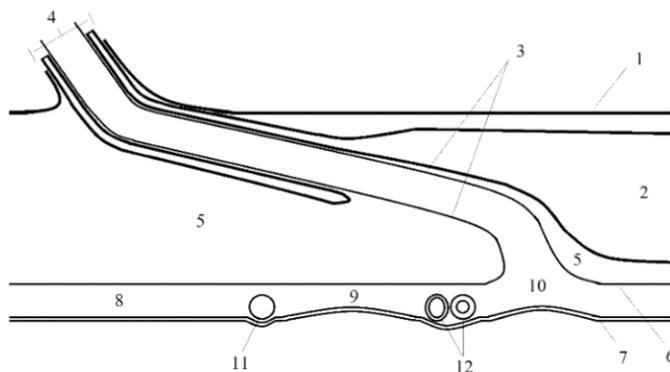
Непосредственно перед введением смешивают в нужном соотношении и нужной последовательности эти три раствора. Раствор (смесь) при этом остается бесцветным, (возможно небольшое помутнение). В объеме раствора выделяются пузырьки углекислого газа. Полимеризация начинается после совмещения компонентов. Это проявляется в нарастании вязкости раствора. В течение 5 минут примерно раствор остается достаточно текучим для его введения через шприц. Полимеризация ускоряется нагреванием, замедляется охлаждением, поэтому для продления времени манипуляции с рабочим раствором его нужно готовить из охлажденных компонентов (холодная вода или изотонический раствор) или охлаждать готовый раствор в бане с ледяной водой. В организме (температура 37 °С) полимеризация ускоряется. После полимеризации продукт представляет собой бесцветный прозрачный или слегка мутный гель, с пузырьками углекислого газа. Гель способен к набуханию (изменению объема) в присутствии воды (степень набухания зависит от характеристик исходного полимера и может меняться). Для улучшения возможностей прорастания эксплантата биологическими тканями, гель непосредственно перед введением насыщают микропузырьками воздуха путем активном перемешивания в 2-х шприцах, один из которых наполнен воздухом.

#### Определение механических характеристик эксплантата

Опыты проводили путем сжатия геля на испытательной машине. Испытания выполняли через 15 минут после изготовления геля (измеряли модуль упругости при сжатии и предел прочности при сжатии). Также была изучена способность эксплантата противостоять внутрибрюшному давлению (60 экспериментов на брюшной стенке трупов мужского пола). После введения эксплантата в паховый канал и его полной полимеризации измеряли усилие необходимое для экстракции или нарушения целостности эксплантата. Исследования выполняли в трех группах трупов лиц мужского пола с разными размерами дефекта (грыжевых ворот). Дефекты (d=1, 2 и 4 см) были созданы в области медиальной паховой ямки в поперечной фасции с сохранением париетального листка брюшины. В этом эксперименте изучена способность эксплантата противостоять максимальному внутрибрюшному давлению, которое развивается в физиологических условиях. Во множественных исследованиях сообщают, что такое давление развивается у человека при кашле, и оно соответствует 120–150 мм рт. ст. [2, 5, 9, 10].

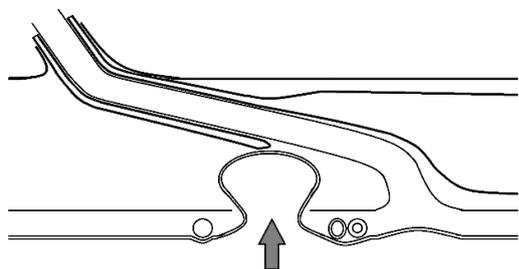
Таблица 1. Метод пункционно-инфузионной пломбировки пахового канала.

Схематическое строение пахового канала в норме

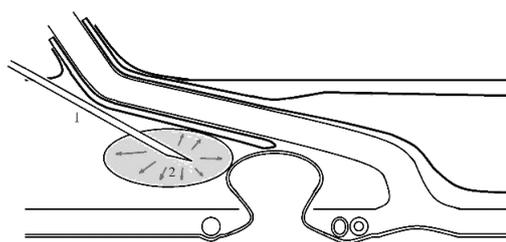


Поперечный срез переднебоковой стенки живота в паховой области справа: 1- апоневроз наружной косой мышцы; 2- внутренняя косая и поперечная мышцы живота; 3- внутренняя семенная фасция; 4- семенной канатик; 5- паховый канал; 6- поперечная фасция; 7- париетальный листок брюшины; 8- предбрюшинное пространство; 9- область медиальной паховой ямки; 10- область латеральной паховой ямки; 11- заросшая пупочная артерия (медиальная пупочная складка); 12- нижние надчревные сосуды (латеральная пупочная складка).

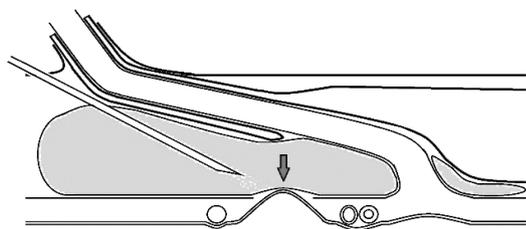
Прямая паховая грыжа



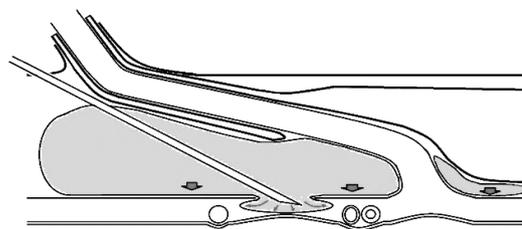
Формирование грыжевого мешка в области медиальной паховой ямки.



Введение гелеобразного эксплантата в паховый канал. 1- игла 18G; 2- гелеобразного эксплантат

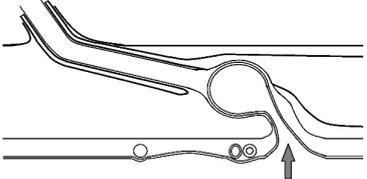
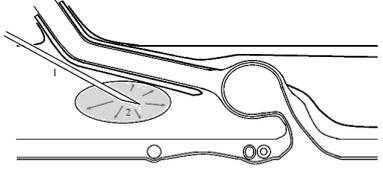
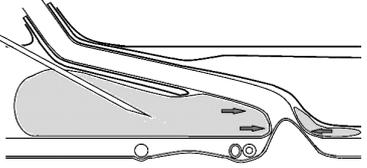
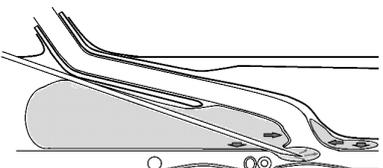
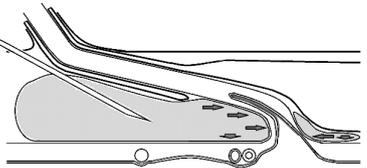
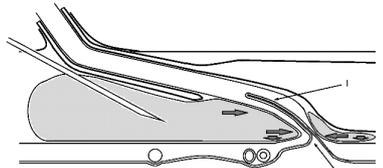
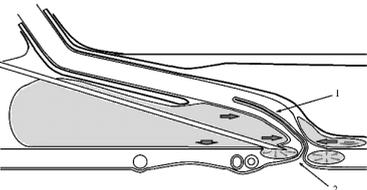


Вправление грыжевого мешка в пределах грыжевых ворот.



Дополнительное введение эксплантата в предбрюшинное пространство. Грыжевой мешок полностью вправляется в брюшную полость, обеспечивая надежное закрытие грыжевых ворот.

Таблица 1. Метод пункционно-инфузионной пломбировки пахового канала.

Косая паховая грыжа	
	
Формирование грыжевого мешка в области латеральной паховой ямки.	Введение гелеобразного эксплантата в паховый канал. <i>1- игла 18G; 2- гелеобразного эксплантат</i>
А) При вправимости грыжевого мешка	
	
Эксплантат, заполняя паховый канал оказывает давление на грыжевой мешок, и вытесняет его в пределах грыжевых ворот.	Дополнительное введение эксплантата в предбрюшинное пространство в области латеральной паховой ямки, надежно закрывает грыжевые ворота.
Б) При невправимости грыжевого мешка	
	
Эксплантат, заполняя паховый канал, оказывает давление на грыжевой мешок. Стенки грыжевого мешка плотно прижимаются друг к другу.	При полном заполнении пахового канала, эксплантат закрывает грыжевые ворота. Может остаться воронкообразное выпячивание париетального листка брюшины. <i>1- стенки грыжевого мешка плотно соприкасаются что препятствует проникновению грыжевого содержимого; 2- сужение глубокого кольца. При этом может остаться воронкообразное выпячивание брюшины.</i>
	
Дополнительное введение эксплантата в предбрюшинное пространство, в области латеральной паховой ямки ликвидирует воронкообразное выпячивание. Следовательно, обеспечивает надежное закрытие грыжевых ворот. <i>1- стенки грыжевого мешка плотно соприкасаются. В дальнейшем мешок редуцируется; 2- сужение грыжевых ворот, без воронкообразного выпячивания брюшины.</i>	

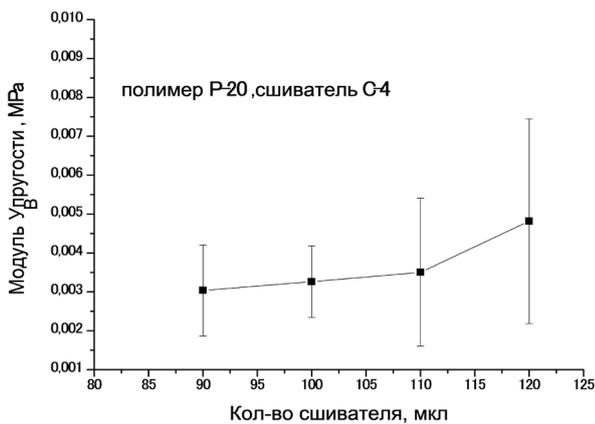


Рис. 1. Модуль упругости при сжатии

С учетом возможности возникновения различных осложнений предыдущих методов, основанных на инъекционной терапии, предложенный способ заключается во введении биосовместимого синтетического гелеобразного интракорпорально-полимеризующегося эксплантата в паховый канал через наружное паховое кольцо и в предбрюшинное пространство у внутреннего пахового кольца. При этом гелеобразное вещество не вводят в грыжевой мешок. Иглу проводили под УЗ-контролем транскутанно через наружное паховое кольцо, параллельно семенному канатику до внутреннего отверстия пахового канала, затем инфильтрировали гелеобразным эксплантатом предбрюшинное пространство и, подтягивая иглу, заполняли паховый канал до его наружного отверстия (Патент РФ 2641368) [3].

В таблице 1, схематично продемонстрированы основные этапы миниинвазивной пломбировки пахового канала. Методика введения полимера при прямой и косой паховых грыжах имеют общий подход и алгоритм, однако, существуют и некоторые отличия. Последние основаны прежде всего на типах грыж:

- 1) При вправимой прямой паховой грыже, заполнение пахового канала гелем приводит к вытеснению, и инвагинации грыжевого мешка в брюшную полость.
- 2) Аналогично выполняется методика и при косых паховых грыжах при начальных его вариантах, когда грыжевой мешок вправимый.
- 3) В остальных случаях косых паховых грыж, при невправимости грыжевого мешка, после вправления грыжевого содержимого, полимер сдавливает оставшийся в паховом канале мешок. В нашем исследовании выявлено наличие элементов асептического воспаления в таких грыжевых мешках. Следовательно, при его сдавлении

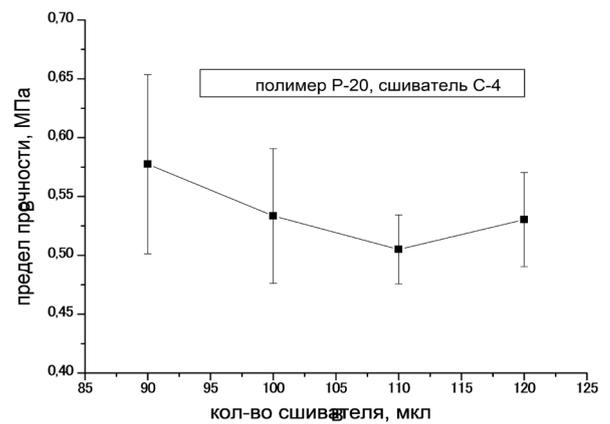


Рис. 2. Предел прочности при сжатии

извне, стенки грыжевого мешка плотно прижимаются друг к другу и срстаются между собой. Дополнительное введение эксплантата в предбрюшинное пространство обеспечивает надежное закрытие грыжевых ворот. Кроме этого, такое действие препятствует дислокации и миграции эксплантата.

## Результаты

Отдельные компоненты эксплантата являются доступными веществами, которые легко сохраняются при определенных условиях (комнатная температура при избегании влажности). Эксплантат химически инертен. С химической точки зрения, сополимер полиакриламида не содержит остаточного количества активных мономеров. Следовательно, не обладает токсическим действием. До затвердевания, эксплантат гидрофилен, но становится гидрофобным после полной реакции сшивки. При введении его в анатомическую область с большим содержанием жидкости, эксплантат может терять свою механическую прочность. Период времени от момента смешивания компонентов до полного затвердевания эксплантата находится в диапазоне от 5 до 10 минут, в зависимости от температуры. Температура тела человека значительно ускоряет процесс сшивки. Результаты, полученные при оценке упругости (рис. 1) и прочности (рис. 2) эксплантата, пересчитаны и представлены ниже в виде графиков:

Как видно из рис. 1,2, эксплантат обладает наибольшей упругостью при 120 мкл шователя. Однако, его прочность в наибольшей степени наблюдается при 20 мкл шователя. Из таблицы 2, где приведены статистически обработанные данные наших исследований, следует, что размер дефекта существенно влияет на надежность «пломбировки» грыжевого дефекта предложенным интракорпорально полимеризующимся эксплантатом.

**Таблица 2.** Способность эксплантата противостоять внутрибрюшному давлению при разных размерах дефекта задней стенки пахового канала (мм рт. ст.).

Диаметр дефекта	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower Quartile	Upper Quartile	Std.Dev.	Standard Error
Все	60	304,7743	156,9801	27,74549	876,3602	41,68643	645,7131	300,8809	38,84355
1 см	20	714,1337	686,0702	596,9932	876,3602	645,7131	793,9525	86,52456	19,34748
2 см	20	164,1628	156,9801	135,9417	189,7634	151,339	184,4344	18,97109	4,242065
4 см	20	36,02658	33,99889	27,74549	47,92595	30,91285	41,68643	6,099842	1,363966

(P<0,001)

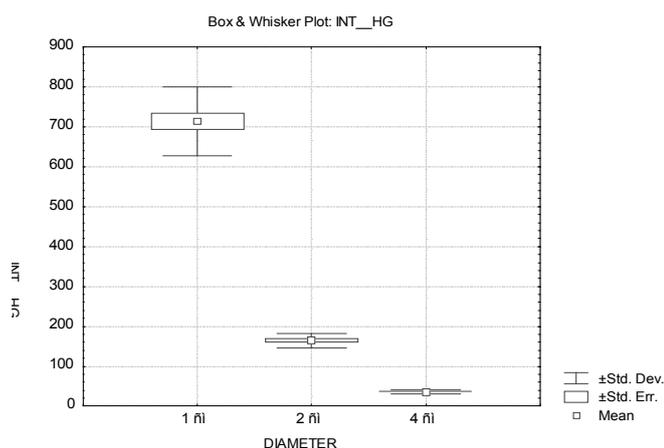


Рис. 3. Способность имплантата противостоять внутрибрюшному давлению при разных размерах дефекта задней стенки пахового канала.

На рис. 3 показана вариабельность сопротивления эксплантата при дефектах разного диаметра. Максимальное сопротивление (внутрибрюшное давление, P = 714,13 ± 86,52 мм рт. ст.) наблюдается при дефектах 1 см в диаметре. При дефектах диаметром 2 см, сопротивление падает (P = 164,16 ± 18,97 мм рт. ст.). При дефектах диаметром 4 см наблюдается наименьшее сопротивление (P = 36,03 ± 6,10 мм рт. ст.).

Объем полимера для формирования эксплантата показан на рис. 4. Наименьший расход наблюдается при наличии дефекта диаметром 1 см (13 ± 0,92 мл). При дефектах диаметром 2 см объем использованного эксплантата равняется 14,1 ± 0,55 мл, а при дефектах диаметром 4 см расход достигает 14,4 ± 0,50 мл. Достоверное отличие, p при сравнении 1–2–4 см <0,001; 1–2 см <0,001; 2–4 см = 0,08.

## Выводы

1) Эксплантат, в основе которого использован сополимер полиакриламида (N-акрилоилоксисукцинимид +

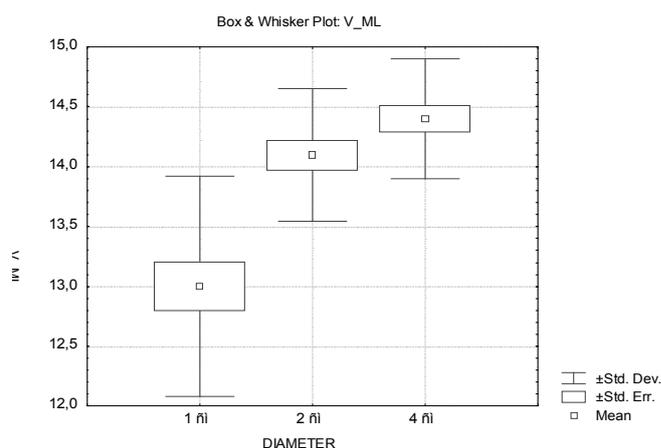


Рис. 4. Объем введенного полимера при разных размерах дефекта задней стенки пахового канала.

акриламид) в шивке с путресцином (соли амина и янтарная кислота) удовлетворяет основным требованиям к интракорпорально-полимеризующимся эндопротезам. Синтез и получение его отдельных компонентов не представляет значительных трудностей.

2) Физико-химические характеристики эксплантата позволяют использовать его проведения миниинвазивной транскутанно-инфузионной «пломбировки» пахового канала при вправимой прямой или косой паховой грыже.

3) Эксплантат переходит из гелеобразной консистенции в конечную мягко-эластическую через 5–10 минут. Это время, с одной стороны предоставляется достаточным для его введения его под контролем УЗИ а, с другой стороны, такой промежуток времени не дает эксплантату в жидкой его фазе распространяться в другие анатомические области.

4) Механические свойства эксплантата позволяют применять его в герниологии при прямой или косой

вправимой паховой грыже, при размерах грыжевого дефекта до 2 см. В этом случае эксплантат эффективно противостоит максимальному давлению в брюшной полости, развивающемуся при кашле.

5) Расход химических реагентов для формирования эксплантата зависит от размера грыжевых ворот. При размерах грыжевого дефекта от 1 до 4 см, в среднем используется 12–15 мл химических реагентов.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Жебровский Общие принципы лечения грыж живота [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medlinks.ru/article.php>.
2. Гельфанд Б. Р. et al. Синдром интраабдоминальной гипертензии: состояние проблемы // Неотложная медицина. 2012. № 3 (12). С. 36–43.
3. Патент РФ № 2017101074, 17.01.2018. Трунин Е. М. (RU), Зорин И. М. (RU) et al. Способ лечения паховых грыж // Патент России № 2641368. 2018. Бюл. № 2.
4. Патент РФ № 2003107927/04, 27.06.2007. Петерсен Енс (ДК), Шмидт Рихард (ДК), Лессель Роберт (ДК), Серенсен Е.-Э. (ДК). Полиакриламидный гель и его использование в качестве эндопротеза // Патент России № 2301814. 2007. Бюл. № 18.
5. Туктамышев В. С. et al. Внутривнутрибрюшное давление человека // Российский журнал биомеханики. 2013. № 1 (17). С. 22–31.
6. Baumann L., Blyumin M., Saghari S. Dermal fillers,» in *Cosmetic Dermatology: Principles and Practice* New York: McGraw Hill, 2009. 191–211 с.
7. Buelow S. Von, Pallua N. Efficacy and safety of polyacrylamide hydrogel for facial soft-tissue augmentation in a 2-year follow-up: A prospective multicenter study for evaluation of safety and aesthetic results in 101 patients // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2006. № 3 SUPPL. (118).
8. Cumberland O. Ueber die Verschliessung von Bauchwunden und Brustpforten durch Versenkte Siberdrahtnetze // *Zentralbl Chir*. 1900. (27). С. 257.
9. Mens J Pool-Goudzwaard A, van der Hulst V, Stam H. H. van D. G. Possible harmful effects of high intra-abdominal pressure on the pelvic girdle // *J Biomech*. 2006. (39(4)). С. 627–635.
10. Miyamoto K. et al. Effects of abdominal belts on intra-abdominal pressure, intramuscular pressure in the erector spinae muscles and myoelectrical activities of trunk muscles // *Clinical Biomechanics*. 1999. № 2 (14). С. 79–87.
11. Pai A., Al-Singary W. Durability, safety and efficacy of polyacrylamide hydrogel (Bulkamid®) in the management of stress and mixed urinary incontinence: Three year follow up outcomes // *Central European Journal of Urology*. 2015. № 4 (68). С. 428–433.
12. Pallua N., Wolter T. P. A 5-year assessment of safety and aesthetic results after facial soft-tissue augmentation with polyacrylamide hydrogel (Aquamid): A prospective multicenter study of 251 patients // *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2010. № 6 (125). С. 1797–1804.
13. Sánchez-Carpintero I., Candelas D., Ruiz-Rodríguez R. Dermal Fillers: Types, Indications, and Complications // *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*. 2010. № 5 (101). С. 381–393.
14. SCALES J. T. Tissue reactions to synthetic materials // *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1953. № 8 (46). С. 647–652.

---

© Трунин Евгений Михайлович ( [etrudin@mail.ru](mailto:etrudin@mail.ru) ), Моулабакас Мохаммад Джавид ( [mjaweed10@hotmail.com](mailto:mjaweed10@hotmail.com) ),  
Смирнов Александр Александрович ( [savmeda@yandex.ru](mailto:savmeda@yandex.ru) ), Зорин Иван Михайлович ( [izorin@spbu.ru](mailto:izorin@spbu.ru) ),  
Зорина Надежда Анатольевна ( [n.zorina@spbu.ru](mailto:n.zorina@spbu.ru) ), Татаркин Владислав Владимирович ( [vlad1k2@yandex.ru](mailto:vlad1k2@yandex.ru) ),  
Рыбаков Владимир Александрович ( [suvorovvolotia@mail.ru](mailto:suvorovvolotia@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕЧЕНИ В ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ У БОЛЬНЫХ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕЛТУХОЙ, ПЕЧЕНОЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ И ПРИНЦИПЫ КОРРЕГИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ

**BIOCHEMICAL PARAMETERS AND MORPHOFUNCTIONAL STATE OF THE LIVER IN EVALUATING THE PREDICTION OF DISEASE IN PATIENTS WITH MECHANICAL JAUNDICE, LIVER INSUFFICIENCY AND PRINCIPLES FOR CORRECTIVE THERAPY**

**Yu. Shutov  
K. Pakhomov**

*Summary.* Hepatic insufficiency is a complex of clinical symptoms that arise as a result of the violation of compensatory possibilities and functions of the organ, as a result of which the liver can not maintain homeostasis in the body and provide it with a normal metabolism. There are a lot of reasons for the development of liver failure, but regardless of them in liver cells (hepatocytes) there are always the same changes. Hepatocytes are extremely sensitive to lack of oxygen, so in certain conditions, liver failure can develop very quickly and lead to death. There are a large number of prognostic tests of outcomes of acute liver failure in the world, but they are not always able to predict the course of the disease and have limited value. Mortality among patients with this pathology remains high despite modern methods of treatment and reaches 10.5–42.9%.

The article provides information on the determination of the severity of liver failure due to mechanical jaundice, based on the evaluation of the functional morphology of the liver and histopathological changes in the hepatic parenchyma. Recommendations for management of patients and surgical tactics are given depending on the severity of acute liver failure based on the morphofunctional method.

*Keywords:* hepatic insufficiency, bile hypertension, mechanical jaundice, morphology, pathohistology.

**Шутов Юрий Миронович**

*Д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет»  
yumshutov@mail.ru*

**Пахомов Константин Геннадьевич**

*Аспирант, ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет»  
Konstantin\_2011@ngs.ru*

*Аннотация.* Печеночная недостаточность — это комплекс клинических симптомов, возникающих в результате нарушения компенсаторных возможностей и функций органа, в результате чего печень не может поддерживать гомеостаз в организме и обеспечивать в нем нормальный обмен веществ. Причин развития печеночной недостаточности очень много, но независимо от них в клетках печени (гепатоцитах) всегда происходят одинаковые изменения. Гепатоциты крайне чувствительны к недостатку кислорода, поэтому при определенных состояниях печеночная недостаточность может развиваться очень быстро и привести к летальному исходу. В мире существует большое количество прогностических тестов исходов острой печеночной недостаточности, однако они не всегда могут предсказать течения заболевания и имеют ограниченную ценность. Летальность среди пациентов с этой патологией, несмотря на современные методы лечения, остается высокой и достигает 10,5–42,9%. В статье представлены сведения касающиеся определения степени тяжести печеночной недостаточности, обусловленной механической желтухой, на основе оценки морфофункционального состояния печени и патогистологических изменений печеночной паренхимы. Даны рекомендации ведения больных и хирургической тактики в зависимости от тяжести острой печеночной недостаточности в основу положен морфофункциональный метод.

*Ключевые слова:* печеночная недостаточность, желчная гипертензия, механическая желтуха, морфология, патогистология.

## Введение

**О**страя печеночная недостаточность довольно часто наблюдается у больных с патологией желчевыводящих путей и поджелудочной железы, сопровождающихся желтухой, вызывает тяжелые осложнения, вплоть до летальных исходов и несомненно

остается важной проблемой неотложной медицины, в частности, ургентной хирургии, [1, 2, 3]

Печень является одним из основных компонентов функциональной системы детоксикации. Именно в ней в основном происходит биотрансформация ксенобиотиков и эндогенных токсических субстанций. Печень

создает мощный барьер на пути крови, отекающей от кишечника. В кишечнике под действием ферментов бактерий происходит разложение белка до токсических продуктов: фенола, индола, скатола, кадаверина, путресцина и др. Печень обезвреживает все названные продукты за счет процессов окисления, ацетилирования, метилирования, образования парных соединений с серной и глюкуроновой кислотами. Важность роли печени в пигментном обмене также трудно переоценить. Она участвует в: образовании билирубина; захвате, конъюгации и экскреции его; метаболизме и реэксекреции уробилиногенов. За сутки распадается 1% циркулирующих эритроцитов, высвобождается 7,5 г гемоглобина, образуется до 100–300 мг билирубина. 70–80% билирубина связывается с глюкуроновой кислотой, а также с глицином, серной и фосфорной кислотами.

Как свидетельствуют отечественные и зарубежные литературные источники тяжелые изменения, в паренхиме печени при механической желтухе возникают в результате желчной гипертензии [4]. Желчные капилляры расширяются, желчь проникает в лимфатическое русло, в пространство Диссе и кровеносные капилляры. Повышенное давление желчи вызывает деструктивные процессы в печеночной клетке, вплоть до некроза. В дальнейшем происходит фиброз, рубцевание и билиарный цирроз печени.

Однако, несмотря на прогрессирование новых технологий, внедрение в практическую медицину более совершенных способов диагностики и лечения, летальность при проявлениях острой печеночной недостаточности, обусловленной механической желтухой остается высокой достигает по данным ряда авторов 90% [5, 6]. При обтурации желчных путей характерны высокие показатели прямого билирубина в крови, повышенная активность щелочной фосфатазы, аминотрансфераз, диспротеинемия. Одним из критериев билирубинемии является проявление желтухи. Она может иметь различный по интенсивности цвет от зеленых оттенков до оранжевых и зависит от уровня и длительности обструкции желчевыводящих путей [7, 8].

Как мы считаем, объективной оценкой клиники, функционального состояния печени на всех этапах лечения больных с механической желтухой, является динамика основных лабораторных показателей. В свою очередь биохимические показатели печени напрямую зависят от анатомо-топографических изменений печени, патоморфологической структуры печеночной клетки и состояния межклеточного пространства.

Несмотря на множество работ, съездов, конференций нет единого мнения о тактике диагностики, прогнозе и терапии острой печеночной недостаточности,

развившейся на почве механической желтухи, нет одинаковых подходов к способу оценки резерва печени. Нет четких показаний к тактике и этапности оперативного лечения [9].

#### Цель исследования

Дать объективную оценку и прогноз функционального резерва печени на разных этапах лечения механической желтухи, на основе лабораторных показателей в соответствии с анатомо-топографическими и морфологическими изменениями печени. Оптимизировать этапность, характер оперативного пособия в зависимости от патоморфологических изменений печеночной клетки.

#### Материалы и методы:

Нами проведено секционное исследование 34 трупов людей, умерших от печеночной недостаточности, обусловленной раком головки поджелудочной железы (20 случаев) и 14 трупов с желчно-каменной болезнью, холедохолитиазом, холангитом, как правило сочетающийся со стриктурой большого дуоденального сосочка. Возраст больных от 54 до 76 лет. Мужчин было 21, женщин 13. Оперировано больных — 18, не оперированных 16.

Секционные исследования проводились следующим образом: разрезом по средней линии вскрывалась брюшная полость. Определялось положение печени и ее размеры, желчного пузыря, длина и ширина пузырного и общего желчного протоков, исследовалась поджелудочная железа, характер патологического процесса. Все наблюдения фиксировались фотографировались. Затем иссекался общий желчный проток для гистологического исследования. При этом проток расчленялся на три участка: в пределах двенадцатиперстной связки, в толще поджелудочной железы и в месте впадения, в области сосочка. Перед тем, как фиксировать ткани протока в растворе формалина, каждая его часть измерялась в поперечном направлении — определялся просвет протока и толщина его стенки. Дальше извлекалась печень, определялся ее вес, изучалась структура печени на разрезе (делались снимки) иссекались участки печени в области ворот, центральных частях левой и правой доли, ее диафрагмальной поверхности. Ткани печени фиксировались в растворе формалина. В последующем ткани протока, печени проводились через серию восходящих спиртов, заключались в парафин. Изготовленные срезы окрашивались гематоксилин-эозином и по Ван-Гизон.

У подвергшихся вскрытию изучались истории болезни, данные объективного статуса, результаты проведенных исследований (ФГДС, УЗИ брюшной полости, рентгеновские исследования легких, МРТ, клинические и биохимические анализы).

Вторая часть нашего исследования включала в себя сравнительный анализ патоморфологических данных с результатами клинических и биохимических исследований, с данными УЗИ и МРТ, в каждом конкретном секционном случае. Оценивались результаты проведенных операций.

Третья часть нашего исследования представляет собой клинический анализ историй болезни поступивших больных с механической желтухой в результате холедохолитиаза или опухоли головки поджелудочной железы, с выраженными проявлениями печеночной недостаточности. Всего пациентов, подвергшихся исследованию, было –30. В работе использован широкий диапазон клинических, лабораторных и функциональных исследований. В предоперационной подготовке, тактике оперативного пособия, послеоперационном периоде, применялись разработанные нами алгоритмы ведения больных с учетом морфофункционального состояния и патогистологической структуры печени.

Биохимические показатели плазмы крови, в том числе: общего белка (в г/л), общего билирубина и его фракций (по Ендрашику в мкмоль/л), мочевины (в ммоль/л), остаточного азота (в мкмоль/л), креатинина (мкмоль/л), АЛТ и АСТ (в ммоль/(ч\*л)), щелочной фосфотазы (в ммоль/(ч\*л)), холестерина (ммоль/л). Токсичность плазмы оценивали по лейкоцитарному индексу интоксикации (ЛИИ) (Кальф — Калиф, 1941). Выполнялась ФГДС, УЗИ брюшной полости, рентгенограмма легких, по показаниям МРТили КТ.

## Результаты исследования

Несомненно, среди клинико-лабораторных факторов развития острой печеночной недостаточности при механической желтухе в результате холедохолитиаза или опухолевого генеза основными являются длительность желтухи, исходный уровень билирубина, предстоящий объем и травматичность операции. Однако, первостепенное значение в развитии острой печеночной недостаточности имеет исходная степень морфологического изменения печени, а следовательно и степень нарушения портального кровотока.

По данным биохимических и клинических анализов все умершие были разделены на 3 группы.

**1 группа:** билирубин крови общий до 90 мкмоль/л, Продолжительность желтухи не превышала 7 дней. Прямой билирубин до 52 мкмоль/л. При этом АЛТ не превышала 93ЕД/л, АСТ~ 50,4 ЕД/л. Мочевина 4,9–6,7 ммоль/л (в пределах нормы). Креатинин ~ 95,9 мкмоль/л. Общий белок ~65г/л. Альбумины в пределах 40 г/л. Посмертный диагноз в этой группе значился как инсульт, инфаркт ми-

окарда, ИБС, гипертоническая болезнь 3 риск 4. Желчно-каменная болезнь, холедохолитиаз или рак головки поджелудочной железы, механическаяжелтуха.

Ан крови Л-3,8.109; ЭР- 4,1.1012; Нейтроф.С-54%; НВ-120 г/л; ТРОМ-310.109

В общем анализе мочи явных изменений нет.

При УЗИ: размеры печени в пределах нормы, правая для- 15,3 см, левая –7,6 см, внутрпеченочные протоки расширены до 0,3–0,4 см, общий желчный проток стенки не уплотнены, его диаметр 0,8–0,9 см, отмечены умеренно выраженные дистрофические изменения ткани печени.

На секции: нижний край правой доли проецируется примерно по нижнему краю реберной дуги справа, выступает лишь на 1,5 см по среднеключичной линии, а по срединной— на 6 см. Вес печени 1,7кг.

Правая доля в своем вертикальном размере по косой около15 см, высота 10,5 см, высота левой доли около 8 см, передне-задний размер правой доли — 11 см. левой в пределах 8 см.

При разрезе печени макроскопически отмечается умеренная отечность ткани, есть пропитывание желчью.

Данные морфологического исследования свидетельствуют, умеренном билирубиностазе с наличием желчного пигмента в виде мелких включений в гепатоцитах и клетках Купфера печеночной дольки. Желчные каналцы умеренно расширены, отмечается отек стромы. Центральные вены и синусоиды с незначительным сдавлением просвета. Морфологическая картина печени свидетельствует об отсутствии некробиотических процессах в клетках печени, оснований для развития печеночной недостаточности на этом этапе патологического процесса нет.

**2-я группа-**трупы с посмертным диагнозом желчекаменная болезнь, холедохолитиаз механическая желтуха или опухоль головки поджелудочной железы. Осложнение: печеночная недостаточность. Продолжительность желтухи в пределах 2-х недель. Билирубином плазмы крови выше от100мкмоль/л до 300,0 мкмоль/л, прямой билирубин до 110мкмоль/л. При этом АЛТ не превышала 130ЕД/л, АСТ~80,6 ЕД/л. Мочевина от 9 до11 ммоль/л, Креатинин ~ 129 мкмоль/л. Общий белок ~63г/л. Альбумины в пределах 38 г/л.

Ан крови Л-12,3.109; ЭР- 3,8.1012; Нейтроф.С-78%; НВ-120 г/л; ТРОМ-250.109

В общем анализе мочи ед эритроциты и лейкоциты. В моче уробилин.

Результаты УЗИ: размеры печени увеличены, правая для- 18,6 см, левая –10,3 см, стенки общего желчного протока утолщены, диаметр протока до 1,3см, внутрпеченочные протоки расширены до 0,5 см, эхоплотность выражена с дистрофическими изменениями ткани печени.

На секции: нижний край правой доли проецируется примерно по нижнему краю реберной дуги справа, выступает лишь на 3 см по среднеключичной линии, а по срединной— на 8см. Вес печени 2 кг.

Правая доля в своем вертикальном размере по косой около19 см, высота 12 см, высота левой доли около 10 см, передне-задний размер правой доли — 13 см. левой в пределах 10 см. На разрезе печень плотная, плотность ее неравномерная, видны расширенные внутрпеченочные протоки с большим количеством желчи.

При микроскопическом исследовании взятого материала отмечается центрлобулярный билирубиностаз с наличием желчного пигмента в виде мелких и крупных включений с наличием включений среднего размера гепатоцитах и клетках Купфера печеночной дольки. Желчные канальцы расширены с наличием желчных тромбов. Гепатоциты с явлениями зернистой и перистой дистрофией. Наблюдается гистиолимфоцитарная инфильтрация и отек стромы, в краевых зонах начальные проявления пролиферации билиарного эпителия. Центральные вены и синусоиды со сдавленными просветами. Общий желчный проток расширен до 2 см, стенка его утолщена, негомогенные скопления в просвете.

При сравнении результатов морфологии печени, желчевыводящих путей с показателями биохимических исследований проведенных у умерших можно сделать заключение, что в исходе заболевания ведущая роль принадлежала печеночной недостаточности. Но учитывая секционные, патологоанамические и морфологические исследования можно сделать заключения, что изменения в печеночной ткани при соответствующей терапии- обратимы.

**3-я группа-** трупы с посмертным диагнозом желчно-каменная болезнь, холедохолитиаз механическая желтуха или опухоль головки поджелудочной железы. Осложнение: печеночно-почечная недостаточность. Синдром полиорганной недостаточности. Продолжительность желтухи более 4 недель, с цифрами билирубина свыше 300 мкмоль/л, прямой билирубин до 100мкмоль/л. При этом АЛТ превышала 220ЕД/л, АСТ-115,6 ЕД/л. Мочевина

до 20 ммоль/л, Креатинин — 170 мкмоль/л. Общий белок- 62г/л. Альбумины в пределах 34 г/л.

Ан крови Л-11,3.109; ЭР- 2,9.1012; Нейтроф.С-68%; НВ-110 г/л; ТРОМ-180.109

В общем анализе мочи эритроциты и лейкоциты, цилиндры.

Результаты УЗИ: размеры печени увеличены, правая для- 19 см, левая –11 см, стенки общего желчного протока утолщены, диаметр протока до 1,8см, внутрпеченочные протоки расширены до 0,7 см, эхоплотность выражена значительно.

На секции: нижний край правой доли проецируется примерно по нижнему краю реберной дуги справа, выступает лишь на 5 см по среднеключичной линии, а по срединной— на 9см. Вес печени 2кг 300 г.

Правая доля в своем вертикальном размере по косой около21 см, высота 13 см, высота левой доли около 12 см., передне-задний размер правой доли — 14 см. левой в пределах 12 см. На разрезе печень каменистой плотности, плотность ее неравномерная, видны очень расширенные внутрпеченочные протоки с большим количеством желчи.

При патогистологическом исследовании: виден резко выраженный билирубиностаз третьей и большей половины второй зоны печеночной дольки. Большинство гепатоцитов заполнены включениями билирубина различных размеров. Желчные канальцы расширены, переполнены желчью или желчными тромбами. Видны мелкоочаговые некрозы печеночных клеток и желчные озера, вокруг которых видны скопления нейтрофильных лейкоцитов. Вокруг отдельных зон некрозов появляются группы регенерирующих гепатоцитов с крупными гиперхромными ядрами, местами двуядерные гепатоциты. Большинство гепатоцитов всех зон находятся в состоянии различных форм белковых дистрофий. В стенках центральных вен и прилежащих синусоидов определяются разрастания молодой соединительной ткани с развитием капилляризации синусоидов. Большинство синусоидов спавшиеся, просветы отдельных синусоидов расширены. Портальные тракты расширены перидуктально, обширные разрастания соединительной ткани и гистиолимфоцитарная инфильтрация. Видна выраженная пролиферация билиарного эпителия с образованием множества желчных протоков и так называемых ложных желчных ходов по всему пространству портального поля.

**Таким образом,** для третьей группы характерны некробиотические процессы, гибель печеночной клетки,

фиброз и разрастание соединительной ткани с позиций морфологии процесс необратимый.

## Выводы

1. В комплексе диагностики и мониторинга эффективности профилактики и лечения острой печеночной недостаточности при механической желтухе различного генеза необходимо использовать наиболее объективные и информативные методы исследования, сравнительные данные биохимических анализов с патоморфологическими изменениями печени и желчевыводящих путей

2. Тактика лечения и выбор объема операции определяются с учетом прогноза развития острой печеночной недостаточности как до операции, так и в послеоперационном периоде, основанном на комплексном сравнительном исследовании биохимических анализов крови с функциональными резервами печени, в основу

которых положены морфологическая картина печени и зависящий от нее портальный кровоток.

3. Больным с давностью желтухи до 7 дней и показателями билирубина до 90 мкмоль/л не требуется длительной предоперационной подготовки и выполнение разгрузочных операций.

4. Больным, с длительностью желтухи в пределах 2-недель и показателями билирубина до 250 мкмоль/л, требуется целенаправленная гепатотропная терапия и желательное проведение разгрузочных операций перед основным объемом оперативного пособия.

5. Больным, с продолжительностью желтухи в пределах 4- недель и билирубином свыше 300 мкмоль/л необходимо госпитализировать в отделение интенсивной терапии и реанимации. Показано проведение гепатотропной, детоксикационной терапии и в обязательном порядке разгрузочных операций.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ивашкин В. Т., Широкова Е. Н., М. В. Маевская М. В., Павлов Ч. С., Шифрин О. С., Маев И. В., Трухманов А. С. / Клинические рекомендации Российской гастроэнтерологической ассоциации и Российского общества по изучению печени по диагностике и лечению холестаза.-РЖГГК.-2015.-№ 2. — с. 41–57. Клинические рекомендации Европейской ассоциации по изучению заболеваний печени // *Journal of Hepatology*.— 2015.— vol. 63.-p.|199–236.
- Ветшев, П. С. Механическая желтуха: причины и диагностические подходы / П. С. Ветшев // *Анналы хирург. гепатологии*.— 2011.— № 3.— С. 50–57.
- Беляев, А. Н. Интенсивная терапия печеночной недостаточности при механической желтухе [Текст// *Медицинский альманах*.— 2012.— № 2 (21).— С. 167–170.
- Тупикин К. А., Коваленко Ю. А., Олифир А. А., Байдарова М. Д., Вишневский В. А. Новые возможности диагностики и прогнозирования пострезекционной печеночной недостаточности в раннем послеоперационном периоде. // *Практическая медицина*, 2016. № 5 (92). С. 49–52.
- Парфенов И. П., Седов А. П., Нагорный В. А., Болгова И. А. «Факторы прогноза развития печеночной недостаточности у больных с механической желтухой опухолевого генеза» // *Материалы межрегиональной конференции хирургов-гепатологов Черноземья «Актуальные вопросы хирургического лечения заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны»*. Белгород. 2000. с. 43–45.
- Стяжкина С. Н., Гадельшина А. А., Ворончихина Е. М. Аспекты динамики и лечения механической желтухи // *Наука и образование сегодня* № 3 (14), 2017 — С. 46–49.
- Тупикин К. А., Коваленко Ю. А., Вишневский В. А. Новые возможности прогнозирования пострезекционной печеночной недостаточности. // *Анналы хирургической гепатологии*, 2016. Т. 21, № 3, С. 70–74.
- Гальперин, Э. И. Классификация тяжести механической желтухи [Текст] / Э. И. Гальперин, О. Н. Момунова // *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова*.— 2014.— № 1.— С. 5–9.
- Гальперин, Э. И. Оптимальный уровень билирубинемии перед выполнением операций у больных механической желтухой опухолевой этиологии [Текст] / Э. И. Гальперин, А. Е. Котовский, О. Н. Момунова // *Анналы хирургической гепатологии*.— 2011.— Т. 16, № 1.— С. 45–5.

© Шутов Юрий Миронович (yumshutov@mail.ru), Пахомов Константин Геннадьевич (Konstantin\_2011@ngs.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Abd Al-Qadar Ahmed Yassin** — Mustafa Kemal University, Hatay, Turkey, Hatay  
dahmedaboyassin2018@gmail.com

**Abdulazizova F.** — Government facility Institute of Obstetrics, Gynecology and Perinatology MH RT farida.abdu89@mail.ru

**Akhmedov Aliasker Natig oglu** — Resident of the M. Sechenov First Moscow State Medical University

**Akimov D.** — Ph.D., MSTU MIREA (Moscow)  
akimovdmitri@gmail.com

**Albakova Kh.** — Pediatrician, senior Lecturer, Ingush State University, Russia, Republic of Ingushetia, Magas  
Khadizhet.albakova@mail.ru

**Albakova M.** — Pediatrician, Candidate of Medical Sciences, associate Professor, Ingush State University, Russia, Republic of Ingushetia, Magas

**Ausheva F.** — Pediatrician, senior Lecturer, Candidate of Medical Sciences, Ingush State University, Russia, Republic of Ingushetia, Magas

**Avksentieva E.** — PhD in education science, assistant professor, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO University)  
avksentievalena@rambler.ru

**Avksentiev S.** — Candidate of Technical Sciences, the senior lecturer of St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia  
avksentiev@mail.ru

**Baiseitov G.** — Federal state military educational institution of higher professional education «Military Academy of communications named. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru

**Bazanov S.** — FGBOU IN PSPbGMU them. academician I.P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia  
medicinak@bk.ru

**Belyanin V.** — Orenburg State Medical University

**Bogatyreva L.** — Gynecologist, Candidate of Medical Sciences, Ingush State University, Russia, Republic of Ingushetia, Magas

**Bolieva G.** — Government facility Institute of Obstetrics, Gynecology and Perinatology MH RT

**Bondarev A.** — Candidate of technical Sciences, associate Professor, Orenburg state University (Kumertau branch of

OSU)  
bondarevav@kfosu.edu.ru

**Buhametova N.** — M. Sechenov First Moscow State Medical University

**Burdin A.** — Federal state military educational institution of higher professional education «Military Academy of communications named. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
staskriv1979@yandex.ru

**Dmitriev V.** — Federal state military educational institution of higher professional education «Military Academy of communications named. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
Vidmitriev949@yandex.ru

**Dovgal V.** — Dr.Sci.Tech., professor, Kursk state university  
vmdovgal@yandex.ru

**Drozdova A.** — FGBOUVO Astrakhan State University Technical University, Astrakhan  
alenuchka\_1991@mail.ru

**Duisezbekov O.** — Federal state military educational institution of higher professional education «Military Academy of communications named. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
arlan070707@mail.ru

**Dyatchenkova A.** — Graduate student, MSTU MIREA (Moscow)  
futurama\_07@bk.ru

**Fajzenger A.** — Post-graduate student, Far Eastern Federal University, Vladivostok

**Garibiantc A.** — Postgraduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University (BFU).Kant)

**Gorkovenko D.** — Postgraduate student, Baikal State University  
gorkovenko.dmitry@gmail.com

**Grigorovich L.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University  
lmg05@mail.ru

**Hamdan M.** — Federal state military educational institution of higher education « Military Academy of communication. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
hamdan.mohamed@yandex.ru

**Hein Min Zaw** — Postgraduate, Kursk State University  
heinminnzaw13@gmail.com

**Jurakulov Sh.** — The candidate of medical Sciences, Endovascular surgeon, GKB them. D. D. Pletnev, Moscow  
shamil\_magomedov@mail.ru

**Kalmykov D.** — Federal state military educational institution of higher professional education «Military Academy of communications named. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
dekac29@mail.ru

**Kaplanova Z.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Dagestan State Medical University

**Klimova A.** — M. Sechenov First Moscow State Medical University  
stom-maria@mail.ru

**Klyuev A.** — Postgraduate student, Far Eastern Federal University, Vladivostok  
kozerog1991@gmail.com

**Koshkarova T.** — Astrakhan State University

**Koshkarov A.** — Astrakhan State University  
avkoshkarov@gmail.com

**Krasnobaev D.** — Moscow City Pedagogical University  
krasnobaev.d@mail.ru

**Krivtsov S.** — Federal state military educational institution of higher education « Military Academy of communication. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
staskriv@mail.ru

**Kudinov V.** — Doctor of pedagogical sciences., professor, Kursk state agricultural academy  
kudinovva@yandex.ru

**Kurbanova M.** — Government facility Institute of Obstetrics, Gynecology and Perinatology MH RT

**Kuznetsov S.** — Doctor of Medicine, Professor, Voronezh Regional Clinical Hospital №1

**Lazareva N.** — Orenburg State Medical University  
Okashechka@yandex.ru

**Magomedova M.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Dagestan State Medical University

**Magomedov Sh.** — The candidate of medical Sciences, Head. otd. endovascular diagnosis and treatment, GBUZ RCH Makhachkala  
shamil\_magomedov@mail.ru

**Malysheva A.** — Postgraduate, Perm National Polytechnic Research University  
akchim@mail.ru

**Marchenko A.** — Postgraduate, Rostov State University of Economics  
Thevanila@mail.ru

**Mardonova S.** — Government facility Institute of Obstetrics, Gynecology and Perinatology MH RT

**Melnik I.** — FGBOUVO Astrakhan State University Technical University, Astrakhan

**Mikhaylova M.** — Assistant of the M. Sechenov First Moscow State Medical University  
stom-maria@mail.ru

**Mowlabucus M.** — The North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg  
mjaweed10@hotmail.com

**Orlova L.** — Federal state military educational institution of higher education « Military Academy of communication. Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny» (Saint Petersburg)  
akacia25@rambler.ru

**Osipov M.** — The Pacific State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Primorsky Krai, Vladivostok  
Derezko.vad@gmail.com

**Ovsyannikova V.** — Assistant, Voronezh Regional Clinical Hospital №1

**Pakhomov K.** — Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health  
Konstantin\_2011@ngs.ru

**Panchenko A.** — Lecturer, Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russian Federation  
alina-8706@rambler.ru

**Platunova S.** — Senior teacher, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO University)  
platunowasweta@mail.ru

**Provorova O.** — Post graduate, Kaliningrad State Technical University  
provorova.olga@mail.ru

**Raduta V.** — Postgraduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University (BFU).Kant  
lerchik63@mail.ru

**Rahman P.** — Candidate of technical sciences, associate professor, Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russian Federation  
pavelar@yandex.ru

**Rozov S.** — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University  
svroz@yandex.ru

**Rybakov V.** — The North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg  
suvorovvolotia@mail.ru

**Sachkov V.** — Graduate student, MSTU MIREA (Moscow)  
megawatto@gmail.ru

**Safarov A.** — Doctor of technical sciences, associate professor, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation  
safarov\_a\_m@mail.ru

**Sehweil S.** — Candidate of Medical Sciences, The Rostov State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation  
salahsehweil@yandex.ru

**Semenets V.** — Postgraduate, Ekaterinburg, Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the federal state budgetary educational institution of higher education «Siberian State University of Telecommunications and Informatics»  
sublane@mail.ru

**Sergeev Yu.** — Stavropol State Medical University

**Shagibalov R.** — Post-graduate student of the M. Sechenov First Moscow State Medical University

**Shutov Yu.** — Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health  
yumshutov@mail.ru

**Sigal Z.** — Doctor of medical Sciences, Professor, Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Honored worker of science of the Republic of Udmurtia and Russia.

**Smirnov A.** — The North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg  
savmeda@yandex.ru

**Surnina O.** — Candidate of medical Sciences, The Republican clinical diagnostic center MZ UR (Izhevsk, Russia), associate Professor of the Izhevsk State Medical Academy (Igg), Izhevsk  
uzd-ur@mail.ru

**Tatarkin V.** — The North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg  
vlad1k2@yandex.ru

**Trukhin M.** — Candidate of Technical Sciences, Ekaterinburg, Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the federal state budgetary educational institution of higher education «Siberian State University of Telecommunications and Informatics»  
mptru@mail.ru

**Trunin E.** — The North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg  
etrunin@mail.ru

**Viktorov A.** — Postgraduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University (BFU).Kant)

**Vinderlich M.** — The doctor-the traumatologist-the orthopedist, Yoshkar-Ola children's city hospital  
vinderlikh@yandex.ru

**Yagudin M.** — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

**Yuriev D.** — Graduate student, Far Eastern Federal University, Vladivostok

**Zabodaev S.** — Postgraduate, National research University «MIET»  
szabodaev@mail.ru

**Zharova E.** — Candidate of medical Sciences, Kazan state medical University  
dr.zharova@mail.ru

**Zorina N.** — Saint-Petersburg State University  
n.zorina@spbu.ru

**Zorin I.** — Saint-Petersburg State University  
i.zorin@spbu.ru

**Zvonkov I.** — Irkutsk State Transport University  
i.v.zvonkov@gmail.com

**Zyazina V.** — Ph.D. of Medicine, Voronezh Regional Clinical Hospital №1  
vicky\_88@inbox.ru

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

### **За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия 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](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).

