

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 3 2019 (МАРТ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 755-1913
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

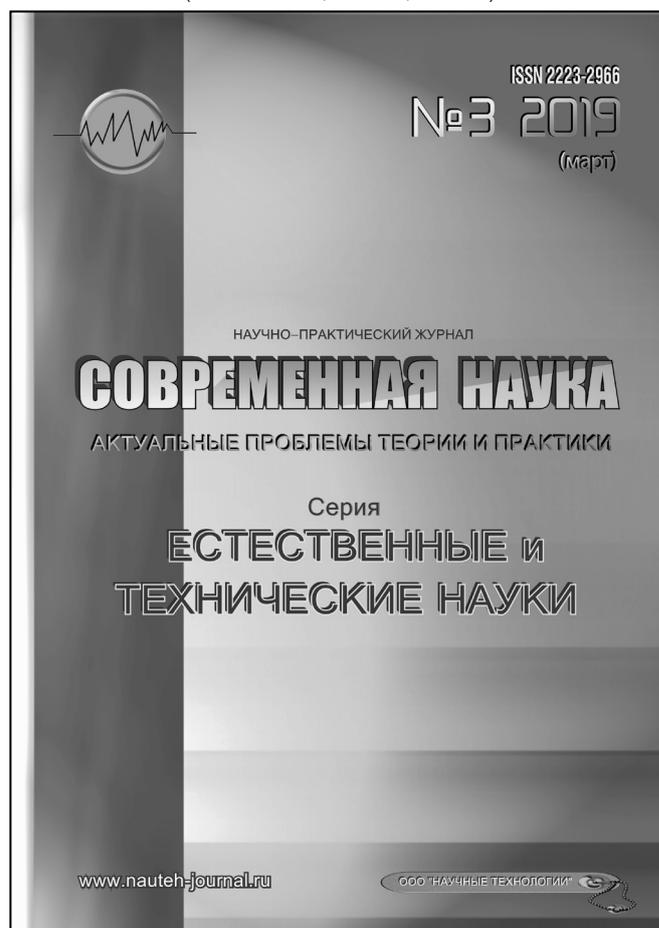
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК – 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ,
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 15.03.2019 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

Атаев Алевдин Рашитханович — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Безруких Марьям Моисеевна — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

Бекетов Сергей Валериевич — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

Белых Владимир Иванович — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

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

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

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

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Квасов Андрей Иванович — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.Серикбаева

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

- Бадмаева Е. Н., Пыжикова Е. М.** — Структура лугово-болотных сообществ куликов долины реки Баргузин
Badmaeva E., Pyzhikova E. — Structure of meadow and marsh communities waders of the valley of the Barguzin river 6
- Германова С. Е., Дрёмова Т. В., Самброс Н. Б., Петухов Н. В., Петровская П. А.** — Инновационные методы рекультивации почв
Germanova S., Dremova T., Sambros N., Petukhov N., Petrovskaya P. — Innovative soil recultivation methods 10
- Горчакова А. Ю.** — О количественных показателях ветвления побега злаков в эколого-ботанических исследованиях
Gorchakova A. — About the quantitative indices branchings of sprout of cereals in ekologo-botanicheskikh researches 13
- Егорова А. В., Калинникова Т. Б., Колсанова Р. Р., Гайнутдинов М. Х., Шагидуллин Р. Р.** — Сенситизация никотиновых рецепторов ацетилхолина почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans* Маурас ионами Cu^{2+} и Cd^{2+}
Egorova A., Kalinnikova T., Kolsanova R., Gainutdinov M., Shagidullin R. — Sensitization of nicotinic acetylcholine receptors of soil nematode *Caenorhabditis elegans* Maupas by Cu^{2+} and Cd^{2+} ions 19
- Ельчева И. О., Зубкова В. М.** — Влияние антропогенной нагрузки на химический состав *Dactylis glomerata*
Elcheva I., Zubkova V. — The impact of anthropogenic impact on the chemical composition *Dactylis glomerata* 25
- Зорина А. А.** — Системное исследование экологического понятия
Zorina A. — Systematic analysis of ecological term 31
- Мяндина Г. И., Альхеджой Х. М., Кульченко Н. Г.** — Ассоциация полиморфизмов $-262 C > T$ гена CAT и G/A гена PDE7B с риском мужского бесплодия
Myandina G., Alhejoi H., Kulchenko N. — Association of polymorphisms $-262 C > T$ of CAT gene and G/A of PDE7B gene with the risk of male infertility 37

Информатика, вычислительная техника и управление

- Бессольцев В. Е.** — Модель системы формирования изображений абонентского терминала современных информационно-телекоммуникационных сетей
Bessoltsev V. — Model of the system of formation of images of the user terminal of modern information-telecommunication networks 42
- Бондаренко Р. Н., Романенков А. М.** — Работа с потоками в Qt 5 и обработка критических ситуаций в многопоточных приложениях
Bondarenko R., Romanenkov A. — Threading in Qt 5 and treatment of critical situations in multi-threaded applications 45
- Вершинин А. Н.** — Особенности применения нейросетевых технологий к задаче контроля защищённости автоматизированных информационных систем
Vershinin A. — Features of application of neural network technology to the task of monitoring the security of automated information systems 52
- Гегерь Э. В., Юркова О. Н., Федоренко С. И.** — Применение WEB-технологий в решении задач управления в сфере здравоохранения
Geger E., Yurkova O., Fedorenko S. — Application of web-technologies in management problems solving in healthcare service 60
- Гхош К. П., Щербаков М. В.** — Метод поддержки принятия решения управления систематизации процесса реорганизации структур социальных институтов Бангладеш
Ghosh K., Shcherbakov M. — Method of supporting decision making on the management of the systematization of reorganization process of the structures of social institutes of Bangladash 63
- Золотарева Н. В., Евсина Е. М.** — Математическая модель поиска активных центров в структуре взаимодействия белков с малыми молекулами SO_2, H_2S, NO_2, NH_3
Zolotareva N., Evsina E. — Mathematical model of search of the active centers in structure of interaction of proteins with small molecules SO_2, H_2S, NO_2, NH_3 69

- Калистратов Д. С.** — Необходимые и достаточные условия экстремума функционала в задачах компрессии цифровых видеоизображений, решаемых методами классического вариационного исчисления
Kalistratov D. — Necessary and sufficient condition of the functional extremum in the tasks of digital video image compression, solved by methods of classical variation calculation 74
- Кочетков В. В.** — Разработка OPC WEB сервера для безопасной передачи данных между программно-техническими комплексами
Kochetkov V. — The development of OPC WEB server for secure data transfer between hardware and software complexes 80
- Таран В. В.** — Дизайн-технология создания программного механизма встраиваемых аналоговых часов с эмуляцией их хода
Taran V. — Design technology initiating program mechanism for inlined analogue clock with daily rate emulation 86
- Терентьев В. Е.** — Автоматизация и ультразвуковое управление процессом доставки электроэнергии по интеллектуальному лазерному каналу динамическому электромеханическому преобразователю
Terentiev V. — Automation and ultrasonic control of the process of electric power delivery via the intelligent laser channel to the dynamic Electromechanical Converter 94
- Тутыгин В. С., Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али** — Система классификации текстурных изображений на основе нечеткой логики
Tutygin V., Al Windi Basim Khalid Mohammed Ali — Classification system of textured images based on fuzzy logic 99
- Тутыгин В. С., Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али, Рябцев И. А.** — Система распознавания болезней растений по изображениям листьев на основе нечеткой логики и нейронных сетей
Tutygin V., Al Windi Basim Khalid Mohammed Ali, Ryabtsev I. — System of recognition of plant diseases on leaves images on the basis of fuzzy logic and neural network. 107
- Феофанов А. Н., Баранов Н. Е.** — Обзор развития АСУ производством и типовые риски внедрения системы
Feofanov A., Baranov N. — An overview of the development of ERP systems and typical risks of their implementation 116
- Швырев Б. А., Тимонов Д. А.** — Акустические аспекты модели угроз утечки информации по средствам модуляции видимого света
Shvyrev B., Timonov D. — Acoustic threat of information leakage by means of modulation of visible light 120
- Ширэндэв У., Пупков К. А.** — Направление развития системы видеонаблюдения
Shirendev U., Pupkov K. — Direction of development of video surveillance system 125
- Юдин Д. С.** — Построение и системная реализация модели асинхронной обработки данных
Udin D. — Creation and system provided implementation of model of asynchronous data processing 129
- Клиническая медицина
- Азарова К. О., Охалкин М. Б., Ершова Ю. В., Яльцев А. В.** — Морфологические особенности строения плаценты в зависимости от типа гемодинамики беременной
Azarova K., Okhapkin M., Ershova Yu., Yalcev A. — Morphological features of the placenta structure cause-specific type of hemodynamics of pregnant 132
- Алигаджиев М. А., Раджабова Ш. Ш.** — Антифосфолипидные антитела, как фактор перинатального риска у многоплодных женщин с патологией щитовидной железы
Aligadzhiev M., Radjabova Sh. — Antiphospholipid antibodies as a perinatal risk factor in women with multiple thyroid disorders 138
- Алигаджиев М. А., Раджабова Ш. Ш.** — Аномалии родовой деятельности у многоплодных женщин в Республике Дагестан
Aligadzhiev M., Radjabova Sh. — Anomalies of patrimonial activity at the multigiving birth women in the Republic of Dagestan. 144
- Богатырева Л. Н., Албакова М. Х., Албакова Х. А.** — Диабетическая эмбриопатия новорожденных: определение, этиология, патогенез, клиническая картина, диагностика, лечение, профилактика
Vogatyрева L., Albakova M., Albakova Kh. — Diabetic embryopathy of newborns: definition, etiology, pathogenesis, clinical picture, diagnosis, treatment, prevention. 149

| | |
|---|--|
| Громов А. Л., Иванов С. В., Тишков Д. С., Щенин А. В. — Клинический случай атипичного одонтогенного сепсиса <i>Gromov A., Ivanov S., Tishkov D., Shchenin A.</i> — Clinical case atypical odontogenic sepsis 152 | Терехов М. С., Хабадзе З. С., Даврешян Г. К., Кожевникова Л. А., Слонова В. М., Магомедов О. И. — Депрограммирование как первостепенный этап в тотальной реконструкции окклюзии <i>Terekhov M., Khabadze Zu., Davreshyan G., Kojevnikova L., Slonova V., Magomedov O.</i> — Deprogramming as the primary stage in total reconstruction of occlusion 188 |
| Ежов М. Ю., Ежов И. Ю., Малышев Е. С., Малов А. А., Герасимов С. А. — Применение мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток для стимуляции регенерации суставного хряща (обзорная статья) <i>Yezhov M., Yezhov I., Malyshev E., Malov A., Gerasimov S.</i> — Application of multipotent mesenchymal stem cells for stimulation of cartilage regeneration 156 | Хабадзе З. С., Мохамед Эль-Халаф Рамиз Алаеддинович, Багдасарова И. В., Балашова М. Е., Абдулкеримова С. М., Бакаев Ю. А., Куликова А. А. — SMARTbuilder как залог успешной ГТР на этапах имплантации <i>Khabadze Zu., Mokhamed El-Khalaf Ramiz, Bagdasarova I., Balashova M., Abdulkerimova S., Bakaev Yu., Kulikova A.</i> — SMARTbuilder as the key to a successful GBR during implantation. 194 |
| Кочкина Н. Н., Полякова Е. В., Лавренчук Ю. — Обоснование применения диплен-пленок в комплексном лечении заболеваний пародонта <i>Kochkina N., Polyakova E., Lavrenchuk Ju.</i> — Substantiation of using diplen-films in complex treatment of periodontal diseases. 162 | Черноморченко Н. С. — Сравнение применения индексной оценки аномалий прикуса: анализ и оценка ранее проведенных исследований <i>Chernomorchenko N.</i> — Comparison of the use of index assessment of malocclusion: analysis and evaluation of previous studies. 200 |
| Леонтьева А. В., Дубенко Д. А. — Ортодонтическая подготовка полости рта к протезированию <i>Leontieva A., Dubenko D.</i> — Orthodontic preparation of the oral cavity for prosthetics 165 | Чунихин А. А., Базикян Э. А. — Сравнительная оценка влияния лазерного излучения на регенерацию тканей пародонта в экспериментальном морфометрическом исследовании in vivo <i>Chunikhin A., Bazikyan E.</i> — Comparative evaluation of the effect of laser radiation on the regeneration of periodontal tissues in an experimental morphometric study in vivo 206 |
| Мирзаева С. Ш., Гарafeева Р. Р., Гериханова М. М. — Зависимость уровня лактоферрина от показателей фосфорно-кальциевого обмена при хронической болезни почек <i>Mirzoeva S., Garafeeva R., Gerikhanova M.</i> — The dependence of the level of lactoferrin from indicators of calcium-phosphorus metabolism in chronic kidney disease 171 | Яшнов А. А., Коновалова О. Г., Ханина Ю. С., Яшнова Н. Б., Норполова Ц. Ц., Норполов С. Г. — Современные подходы к лечению актиномикоза передней брюшной стенки (случай из практики) <i>Yashnov A., Konovalova O., Khanina Yu., Yashnova N., Norpolova C., Norpolov S.</i> — Modern approaches to the treatment of actinomycosis of the anterior abdominal wall (case study) 212 |
| Нечаева Ю. С., Курако И. А., Фирсова А. Г. — Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты. Анализ клинических случаев <i>Nechaeva Ju., Kurako I., Firsova A.</i> — Placental abruption. Analysis of clinical cases 176 | Информация Наши авторы. Our Authors. 215 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 218 |
| Пирицхалава С. Д., Асымбекова Э. У., Шахназарян Л. С., Юсуфов Б. Т., Бузиашвили Ю. И. — Состояние деформации миокарда и скорости деформации в покое и при нагрузочном тесте в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС <i>Pirtskhalava S., Asymbekova E., Shakhnazaryan L., Yusufov B., Buziashvili Yu.</i> — The state of the strain and strainrate at rest and during the load test, depending on the severity of coronary artery disease 180 | |

СТРУКТУРА ЛУГОВО-БОЛОТНЫХ СООБЩЕСТВ КУЛИКОВ ДОЛИНЫ РЕКИ БАРГУЗИН

Бадмаева Евгения Николаевна

К.б.н., доцент, Бурятский государственный
университет (г. Улан-Удэ)
Calidris03@gmail.com

Пыжикова Евгения Михайловна

К.б.н., доцент, Бурятский государственный
университет (г. Улан-Удэ)
gp777@yandex.ru

STRUCTURE OF MEADOW AND MARSH COMMUNITIES WADERS OF THE VALLEY OF THE BARGUZIN RIVER

**E. Badmayeva
E. Pyzhikova**

Summary. On the basis of the data collected in 2016–2018 in the valley of the Barguzin River (Northeast Baikal region) the ecological structure of waders on inundated meadows is revealed. The specific list of waders (Charadriidae, Scolopacidae) — 16 types and their specific specificity and insistence concerning fodder and nested mikrostation on meadows is revealed. On degree of selectivity of fodder station they are divided into the following groups: 3 views (18.7%) — evritopny, 8 types (50%) — polytopic, 5 types (31.2%) — oligotopny. There are no stepnotopny types. On specific richness of meadow and marsh station: on marshy meadows 16 types (100%), on the real meadows — 10 types (62.5%) and on ostepnenny meadows — 3 views (18.7%) are noted. The variability of specific list of waders on inundated meadows of the Barguzin Baikal region and their formations demonstrates plasticity of types and its survival in extreme conditions including during the droughty periods..

Keywords: sandpipers, meadow and marsh communities, Barguzin valley, ecology of birds..

Аннотация. На основе данных, собранных в 2016–2018 гг. в долине реки Баргузин (Северо-Восточное Прибайкалье) выявлена экологическая структура куликов на пойменных лугах. Выявлен видовой состав куликов (Charadriidae, Scolopacidae) — 16 видов и их видовая специфичность и требовательность в отношении кормовых и гнездовых микростаций на лугах. По степени избирательности кормовых станций они делятся на следующие группы: 3 вида (18,7%) — эвритопные, 8 видов (50%) — политопные, 5 видов (31,2%) — олиготопные. Степнотопных видов нет. По видовому богатству лугово-болотных станций: на болотистых лугах отмечено 16 видов (100%), на настоящих лугах — 10 видов (62,5%) и на остепненных лугах — 3 вида (18,7%). Изменчивость видового состава куликов по пойменным лугам Баргузинского Прибайкалья и их формациям свидетельствует о пластичности видов и его выживаемости в экстремальных условиях, в том числе и в засушливые периоды.

Ключевые слова: кулики, лугово-болотные сообщества, Баргузинская долина, экология птиц.

Введение

Баргузинское Прибайкалье отличается большим числом перелетных и залетных видов, но по пролетным видам уступает другим районам бассейна озера Байкал. Так, по числу водно-болотных птиц здесь выделяют: оседлые — 3 вида, перелетные гнездящиеся — 78, пролетные — 33, летующие — 2, зимующие — 6, залетные — 51 вид (Доржиев, Бадмаева, Цэвээнмядаг, 2018).

Река Баргузин — второй после реки Селенга приток Байкала. Ее общая протяженность — 480 км, площадь бассейна равна 21,1 тыс. кв. км. В пределах Баргузинской котловины (среднее и нижнее течение) русло реки Баргузин имеет широкопойменное, свободно меандрирующее русло с одиночными разветвлениями. Пойменная равнина изрезана многочисленными старицами, сетью рукавов и протоков, занята множеством различных по происхождению озер, термокарстовыми воронками, блюдцами, заболоченными низинами. Обилие местоо-

битаний и микростаций Баргузинской долины привлекает множество водно-болотных птиц в разные сезоны, в том числе и куликов. Но наиболее высокие показатели континентальности климата Баргузинской котловины по сравнению с другими межгорными котловинами Забайкалья, вносят свои коррективы в фенологию и жизненные циклы водоплавающих и околоводных птиц. Это связано с расположением территории на юге Восточной Сибири, удаленным от океанов и окруженным горными системами. Зимы здесь суровые и малоснежные, весны — поздние. В конце апреля наступают теплые дни, в мае долина становится белой от цветущей черемухи. Лето теплое, луга в это время покрываются цветущим влажным ковром. Во второй половине лета из-за сильных дождей наблюдаются наводнения, тогда вся нижняя часть котловины оказывается под водой, заливая все пространство водой. Мелководность, высокая прогреваемость, богатая кормовая база, безусловно, привлекают особую группу водно-болотных птиц — птицы лугово-болотного комплекса.

Таблица 1. Лугово-болотные сообщества куликов долины реки Баргузин (среднее и нижнее течение) в 2016–2018 гг.

| Формации | Пойменные луга долины реки Баргузин июль 2016–2017 гг. | | |
|---|---|----------------|-----------------|
| | Остепненные луга | Настоящие луга | Болотистые луга |
| Большой веретенник <i>Limosa limosa</i> | + | ++ | ++ |
| Травник <i>Tringa totanus</i> | - | + | + - |
| Поручейник <i>Tringa stagnatilis</i> | - | ++ | ++++ |
| Большой улит <i>Tringa nebularia</i> | - | + | + |
| Черныш <i>Tringa ochropus</i> | - | - | + |
| Фифи <i>Tringa glareola</i> | - | + | + |
| Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i> | - | + | + |
| Чибис <i>Vanellus vanellus</i> | +++ | ++ | ++ |
| Вальдшнеп <i>Scolopax rusticola</i> | - | - | + - |
| Гаршнеп <i>Lymnocyptes minimus</i> | - | - | + |
| Азиатский бекас <i>Gallinago stenura</i> | - | - | + - |
| Бекас <i>Gallinago gallinago</i> | - | + | + |
| Азиатский бекасовидный веретенник <i>Limnodromus semipalmatus</i> | - | - | + - |
| Лесной дупель <i>Gallinago megala</i> | - | + | + |
| Большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i> | +++ | +++ | ++++ |
| Турухтан <i>Phylomachus pugnax</i> | - | + | + |
| Кол-во видов,% | 3 / 18,7% | 10 / 62,5% | 16 / 100% |
| ++++ — многочисленные; +++ — обычные; ++ — редкие, + — единичные | | | |

Материал и методика. Выполнено 26 геоботанических описаний в июне в 2016–2018 гг. в окр. с. Улюн, окр. п. Усть-Баргузин. Орнитологические учеты выполнялись пешими и автомобильными маршрутами в течение 120 ч. Численность птиц указана в градации по Кузякину: +++ — многочисленные; ++ — обычные; + — редкие и + — очень редкие.

Результаты и обсуждение. Ландшафтный комплекс пойм реки Баргузин включает кустарниковые разнотравные луга и низинные болота с осоками, гипновыми мхами, камышово-тростниковыми зарослями и болотным разнотравьем (Замана, 1988). Кустарниковая растительность представлена пойменно-долинными и прирусловыми ивняками, играющими противозероизирующую роль, в определенной мере сдерживая и сглаживая русловые процессы. Болотная растительность сложена преимущественно травяными формациями (осоковыми, манниковыми, тростниковыми, хвощовыми и др.), являющимися потенциальными кормовыми угодьями (Климова, 1965). Под лугом мы понимаем тип зональной и интразональной растительности, характеризующийся господством

многолетних травянистых растений, главным образом злаков и осоковых, в условиях достаточного или избыточного увлажнения. Общее для всех лугов свойство состоит в наличии травостоя и дернины. В обследованные нами территориях долины реки Баргузин выделено три типа луговой растительности: остепненные, настоящие и болотистые луга.

Комплекс лугово-болотных птиц составляют виды, обитающие на болотах и сырых лугах — кулики. Гнездящаяся фауна куликов в Байкальской Сибири представлена 21 видом (Бадмаева, 2017). Многие из них имеют сходные морфологические признаки, позволяющие им кормиться, бродя по влажным кочковатым участкам. Важным фактором, влияющим на птиц, является высота и густота растительного покрова на лугах: чем выше и гуще трава, тем труднее видам-наземникам в ней охотиться. В изученных нами ассоциациях идет процесс дерновинообразования, за счет этого обнаруживается кочковатый микрорельеф, а также наблюдается почти полное подтопление или полное обсыхание сообщества в разные месяцы лета.

В лугово-болотных стациях долины реки Баргузин нами было отмечено 16 видов куликов, приуроченных к трем типам растительных сообществ (табл. 1).

Болотистые луга занимают преобладающие площади. Общее проективное покрытие пойменных болотистых лугов в основном составляет 90–100%, в местах выпаса КРС покрытие снижается до 40%. Варьирует также количество видов в сообществах от 12 до 52. Доминантами выступают представители семейств осоковые и злаковые. Наиболее распространенной формацией в долине реки Баргузин является безжилковоосоковые луга с осокой безжилковой. В менее увлажненных местообитаниях вместе с осокой безжилковой содоминируют представители злаковых (полевица монгольская, вейник незамечаемый, ячмень короткоостистый, бескильница тонкоцветковая), а также хвощ болотный, лапчатка гусиная. Часто встречаются луга с кочкообразующими осоками: осокой Шмидта, о. дернистой, о. прямой и о. Мейера. Из осок, не формирующих кочек, отмечены камнелюбивые и безжилковоосоковые луга.

На болотистых лугах были отмечены 16 видов куликов (100%). Многочисленными здесь были два вида: большие кроншнепы и поручейники. Большие кроншнепы кормились на сырых, сильно подтопленных участках, бродя между кочками и мочажинами. Гнездовые же их участки находились на наиболее сухих участках или небольших кочках. Поручейники также предпочитают сырые луговины и травянистые берега болотцев. Все остальные встречающиеся здесь виды — были достаточно редки или встречались единично.

Настоящие луга объединяют значительное число формаций. Из группы злаков более распространены ползучепырейные, лугомятликовые, полидоминантнозлаковые, ячменево-лисохвостные и бескильницево-вые. Из антропогенных (деградированных) лугов имеет место гушинолапчатковая формация, которая встречается на лугах в окрестностях села Улюн.

В настоящих лугах кулики представлены 11 видами (68,7%). Из них в категорию обычных вошли — большие веретенники, поручейники и большие кроншнепы. Большие веретенники предпочитали кормиться на открытых травянистых участках без высокой растительности, реже на сухих местах. Большой кроншнеп и поручейник также часто здесь встречается, придерживаясь более влажных участков. Остальные виды куликов — достаточно редки или единичны.

Остепненные луга занимают обычно овальные возвышения в поймах и водоразделах или приурочены к пологим склонам. По сравнению с другими лугами они имеют меньшую площадь. Широко распространены

формации триниусополевицевых лугов, довольно часто встречаются также полидоминантнозлаковые, кострцовые, стоповидноосоковые участки с преобладанием вики приятной, мезоксерофитных видов разнотравья, разнотравно-пырейные, разнотравно-вострцовые и вострцовые, а также галофильные — чиевые и бескильницево-разнотравные.

На остепненных лугах мы встретили три вида куликов (18,7%) — большого веретенника, чибиса, большого кроншнепа. Большой кроншнеп здесь также многочислен и встречается повсеместно. Чибисы и большие веретенники — редки. Следует отметить, что в последние годы чибис значительно сократил свою численность на лугах Баргузинского Прибайкалья и местами перешел в разряд редких.

На распределение куликов по гнездовым и кормовым микростациям на лугах большое значение имеет обводненность участков (Мельников). В течение лета увлажненность лугов может значительно колебаться, достигая порой полного обсыхания. В таком случае эти участки теряют свое функциональное назначение для куликов. Рассматривая и анализируя материал по микростациональному распределению лугово-болотных куликов в пределах луговых формаций становится заметной главная роль степени обводненности территории в формировании их пространственной структуры. Для разных видов куликов характерна достаточно хорошо выражена избирательность определенных микростаций. Однако использование одних и тех же микростаций при различных уровнях воды существенно отличается.

При сравнении структуры населения куликов, наглядно видны различия, как в видовом разнообразии, так и по частоте встречаемости. Использование разных биотопов куликами зависит от их степени их экологической пластичности. Некоторые виды в большей или меньшей степени встречаются во всех выделенных здесь луговых стациях. Таких мы отнесли к эвритопным: большой веретенник, чибис и большой кроншнеп. К политопным: травник, поручейник, большой улит, фифи, перевозчик, бекас, лесной дупель, турухтан. К олиготопным: черныш, вальдшнеп, гаршнеп, азиатский бекас, азиатский бекасовидный веретенник, турухтан. Строго стенопных видов, приуроченных только к луговым стациям нами здесь не выделено, поскольку в качестве кормовых стаций они могут использовать другие виды стаций, например прибрежные грязевые отмели, песчаные гряды, антропогенные ландшафты и т.д.

Таким образом, изменчивость видового состава куликов по пойменным лугам Баргузинского Прибайкалья и их формациям свидетельствует о пластичности видов и его выживаемости в экстремальных условиях, в том числе и в засушливые периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадмаева Е. Н. Особенности экологии гнездования куликов в Байкальской Сибири // Природа Внутренней Азии — Nature of Inner Asia. 2017. Вып. 3(4). С. 7–21.
2. Доржиев Ц.З., Бадмаева Е. Н., Цэвээнмядаг Н. Эколого-систематическая характеристика водно-болотных птиц бассейна озера Байкал // Природа Внутренней Азии — Nature of Inner Asia. 2018. Вып. 3(8). С. 51–83.
3. Замана Л. В. Мерзлотно-гидрогеологические и мелиоративные условия Баргузинской впадины / Замана Л. В. — Новосибирск: Наука, 1988. — 126 с.
4. Климова В. Ф. Растительный покров Баргузинской котловины и его хозяйственная оценка: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / В. Ф. Климова. — Москва, 1965. — 16 с
5. Мельников Ю. И. Покространственная структура лугово-болотных видов куликов в гнездовой период: избирательность микростаций и ее причины (на примере устья р. Иркут) // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Биология. Экология. Т. 3. № 4. С. 52–64.

© Бадмаева Евгения Николаевна (Calidris03@gmail.com), Пыжикова Евгения Михайловна (gp777@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ

INNOVATIVE SOIL
RECLUTIVATION METHODS

S. Germanova
T. Dremova
N. Sambros
N. Petukhov
P. Petrovskaya

Summary. In process of development of technologies and increase in population of the planet anthropogenic load of all systems of a surrounding medium and of soils by particulars continues to amplify.

Pollution, erosion, use of artificially synthesizable fertilizers and pesticides lead to violation of a natural soil microflora and as a result — to decrease in its fertility that under an hour does soils not just unsuitable to further use for agricultural needs, but also turns into the real deserts on which growth of any plants becomes almost impossible, and it is already very serious factor breaking balance of all ecological macrosystem in the territories subject to serious anthropogenic influence.

Development and deployment of inexpensive and effective methods and technologies of recultivation of soils with the purpose to restore their natural microflora, structure and initial fertility becomes the urgent need for such conditions.

Keywords: recultivation of soils, soil microflora, innovative methods of recultivation, natural materials, environmental friendliness..

Германова Светлана Евгеньевна

Старший преподаватель,
Российский университет дружбы народов
germanova-se@rudn.ru

Дрёмова Татьяна Валерьевна

Ассистент, Российский университет дружбы народов
dremova-tv@rudn.ru

Самброс Наталия Борисовна

Старший преподаватель,
Российский университет дружбы народов
sambros-nb@rudn.ru

Петухов Николай Владимирович

К.с.-х.н., доцент,
Российский университет дружбы народов
petukhov-nv@rudn.ru

Петровская Полина Александровна

Старший преподаватель,
Российский университет дружбы народов
petrovskaya-pa@rudn.ru

Аннотация. По мере развития технологий и увеличения численности населения планеты продолжает усиливаться антропогенная нагрузка на все системы окружающей среды (в том числе и на почвы).

Загрязнения, эрозии, применение искусственно синтезируемых удобрений и пестицидов приводят к нарушению естественной почвенной микрофлоры и, как следствие, к снижению плодородности почвы, что часто делает ее не просто непригодной к дальнейшему использованию для сельскохозяйственных нужд, но и превращает ее в настоящую пустыню, произрастание на которой любых растений становится практически невозможным. Это является весьма серьезным фактором, нарушающим баланс всей экологической макросистемы на всех территориях, подверженных серьезному антропогенному воздействию.

Поэтому насущной необходимостью в таких условиях становится разработка и внедрение недорогих и эффективных методов и технологий рекультивации почв с целью восстановления их естественной микрофлоры, структуры и изначального плодородия.

Ключевые слова: рекультивация почв, почвенная микрофлора, инновационные методы рекультивации, природные материалы, экологичность.

Первое серьезное антропогенное воздействие на окружающую среду было произведено человеком еще несколько тысяч лет назад и было связано с сельским хозяйством (возделывание земель). Данную технологию сегодня принято называть подсечным земледелием. В то давнее время вырубались и выжигались лесные массивы, и на их месте в течении нескольких сезонов человек выращивал сельхозпродукцию. Удобренные золой сгоревшего леса почвы за два-три сезона истощались, и человек двигался дальше вы-

жигать новые леса для своих нужд. Несмотря на столь варварскую технологию после такого воздействия, почвы медленно, но уверенно восстанавливались. Однако, далеко не всегда происходило полное восстановление экосистемы.

С развитием человеческого общества антропогенная нагрузка на окружающую среду, в том числе на ее почвенную составляющую, многократно усилилась. В настоящее время загрязнение почвенного покрова

происходит практически при всех видах хозяйственной деятельности человека. Места хранения, уничтожения и переработки отходов, а также свалки стали источниками загрязнения почв и грунтовых вод, а систематическое накопление химических веществ в грунтах начинает представлять собой уже реальную опасность для здоровья людей и стабильности экосистемы в целом.

Помимо деградации почв в процессе сельско-хозяйственной и урбанистической эксплуатации свою лепту в ухудшение состояний почвенного покрова вносят непосредственные загрязнения, вызванные с различными техногенными авариями, происходящие в процессе различных технологических операций. Наибольшую опасность в этом случае представляют собой: нефть и нефтепродукты, которые имеют крайне длительный срок разложения в естественных природных условиях.

Несмотря на то, что человек своим воздействием систематически нарушает экологический баланс окружающей среды, сохранение естественных экосистем и, прежде всего почв, является вопросом сохранения самого биологического вида *homo sapiens*. Поскольку, именно человек заинтересован в принятии серьезных мер по восстановлению экологического баланса окружающей среды, в том числе в принятии мер по рекультивации, оздоровлению и ревитализации почвенных ресурсов.

В настоящее время в России разработан ряд технологий, позволяющих запустить довольно активные процессы восстановления почвенных ресурсов.

Ревитализация истощенного и загрязненного почвенного покрова на основе применения сапропелевого рекультиванта

Сапропелевый рекультивант — это комплексный гомогенизированный формованный состав на основе пресноводных донных отложений (сапропеля), содержащих большое количество коллоидных органических веществ (гумуса, углеводов, битумов и иной органики), включая колонии сине-зеленых водорослей, способных усваивать азот из воздуха. Помимо непосредственно сапропеля в состав такого рекультиванта добавляются различные почвообразователи, гумусообразующие вещества, сорбенты, удобрения и вода. Состав такого рекультиванта можно варьировать в зависимости от конкретных условий и состояния возрождаемых почв в каждом конкретном случае.

За счет добавления сапропелевого рекультиванта в восстанавливаемые почвы достигается эффект быстрого восстановления жизнеспособного растительного

покрова. При этом поглощаются тяжелые металлы, радионуклиды и нефтезагрязнения, которые аккумулируются абсорбентами и в последствии удаляются. Почвы при этом обогащаются гумусом и становятся плодородными в течение 2–4 лет (в зависимости от начального состояния)[1]. Данная технология наиболее эффективна при рекультивации горных карьеров после завершения открытых работ, буровых площадок по добыче нефти и газа, а также при искусственном почвообразовании при вновь создаваемых плодородных слоях на пустынных и засоленных территориях.

Биорекультивация почвы с использованием универсальной многоцелевой технологии Многослойного Торфяного Мата (ММТ)

Система ММТ представляет собой органогенную конструкцию на основе торфа и/или торфяных смесей, предназначенную для формирования защищенного от эрозии плодородного почвенного слоя, несущего в себе семена, а также все необходимые вещества и компоненты для их устойчивой всхожести и формирования дерновой структуры.

ММТ обладают повышенной влагоудерживающей способностью и представляют собой многослойную, конструкцию, выполненную из размещенных между слоями разлагающихся нетканых полотен из натуральных волокон и скрепленных с ними слоев влагоудерживающего наполнителя в виде торфа и дополнительного компонента.

Одним из компонентов структуры ММТ являются дезинфицирующие вещества, одновременно являющиеся азотными удобрениями. Многослойные торфяные маты, могут производиться с учетом особенностей рекультивируемых поверхностей. В частности, в случае использования данной технологии для рекультивации почвы и растительного покрова на откосах автомобильных дорог в структуру матов можно внедрять специальный почвенный модификатор (солеустойчивую, самовосстанавливаемую плодородную систему), что крайне важно при ревитализации участков вдоль автодорог, каждую зиму засыпаемых антигололедными реагентами [2].

Рекультивация земель в условиях крайнего севера с применением гидрогеля полиакриломидного типа

Данная технология актуальна именно для восстановления почв в условиях крайнего севера и заключается во внесении в почвенный корнеобитаемый слой частиц адсорбента, которые закрепляются вблизи или в порах

корней и при поступлении влаги набухают, обеспечивая повышенную влажность [3]. Улучшение водно-физических свойств почвы при внесении гидрогелей повышает всхожесть семян, увеличивает темпы развития растений, повышает их устойчивость к дефициту влаги и к почвенной засухе, а также улучшает качественные показатели растений. Конкретный эффект зависит от почвенно-климатических условий, состава почвенных растворов и дозы внесения гидрогеля.

Анализ имеющихся отечественных технологий рекультивации почв позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день разработан ряд технологий, позволяющих в довольно сжатые сроки эффективно восстанавливать экологический баланс истощенных и (или) загрязненных почв. При этом наибольший эффект дают технологии, основанные на запуске и стимулировании естественных микробиологических процессов восстановления плодородия и жизнеспособности почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Инновационные технологии рекультивации горных карьеров сапропелем», [Электронный ресурс]: «Экодело». URL: https://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/24602-innovacionnye_tehnologii_rekultivacii_gornyh_karerov_sapropelem-blog (дата обращения: 28.02.2019).
2. «Инновационные технологии проведения биорекультивации и биоремедиации почвы». [Электронный ресурс]: «Экологический вестник России», URL: <http://www.ecovestnik.ru/index.php/2013-07-07-02-13-50/kommentrij-specialista/2630-innovatsionnye-tehnologii-provedeniya-biorekultivatsii-i-bioremediatsii-pochvy> (дата обращения: 28.02.2019).
3. Игловиков А. В., Денисов А. А., Санникова Н. В. Инновационные технологии рекультивации нарушенных земель в условиях крайнего севера // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. — 2017. — № 2 (37). — С. 41–49.

© Германова Светлана Евгеньевна (germanova-se@rudn.ru), Дрёмова Татьяна Валерьевна (dremova-tv@rudn.ru), Самброс Наталия Борисовна (sambros-nb@rudn.ru), Петухов Николай Владимирович (petukhov-nv@rudn.ru), Петровская Полина Александровна (petrovskaya-pa@rudn.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



О КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ВЕТВЛЕНИЯ ПОБЕГА ЗЛАКОВ В ЭКОЛОГО-БОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ABOUT THE QUANTITATIVE INDICES BRANCHINGS OF SPROUT OF CEREALS IN EKOLOGO-BOTANICHESKIH RESEARCHES

A. Gorchakova

Summary. This work is devoted to questions of the quantitative characteristic of branching of sprout of cereals. For characteristic of branching of sprout of cereals the quantitative indices — degree, character, intensity, a state, fascicular and repeated branching are offered.

Keywords: biology, the quantitative indices, cereals (Gramineae), or bluegrass (Poaceae), escape branching, formation of side escapes.

Горчакова Альфия Юнеровна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева», г. Саранск
goralfiya@yandex.ru

Аннотация. Данная работа посвящена вопросам количественной характеристики ветвления побега злаков. Для характеристики ветвления побега злаков предложены количественные показатели — степень, характер, интенсивность, состояние, пучковое и повторное ветвление.

Ключевые слова: биология, количественные показатели, злаки (Gramineae), или мятликовые (Poaceae), ветвление побега, кущение.

Введение

Растениям семейства злаковых (*Gramineae*), или мятликовых (*Poaceae*) свойственно кущение и ветвление. Кущение (концентрированное ветвление по Т.И. Серебряковой) — это образование побегов из укороченных узлов (фитомеров) в зоне кущения. Происходит на некоторой глубине или на поверхности почвы. Ветвление (рассеянное ветвление по Т.И. Серебряковой) — образование побегов из надземных узлов (фитомеров). Кущение изучено довольно хорошо, а рассеянное ветвление — недостаточно. В ботанической и сельскохозяйственной литературе на словах указывается, как проявляется и изменяется ветвление в зависимости от вида и сорта злаков, от условий произрастания и состояния растений, в основном для тропических видов. Однако, практически нет сведений о ветвлении бореальных злаков (рассеянном — из удлинённых фитомеров и концентрированном — из зоны кущения) [4, с. 224]. Нет количественных показателей ветвления и кущения.

В этой работе представлены сведения об изучении этого важного биологического процесса, определении количественных показателей ветвления побега злаков.

Теоретическая часть

Наши исследования связаны с определением количественных показателей ветвления побега злаков.

Для установления количественных характеристик ветвления злаков следует определять количественные

показатели — степень, характер, интенсивность, состояние, пучковое и повторное ветвление. Степень ветвления — это количество ветвящихся растений, которое выражено в процентах от общего числа проанализированных. Характер определяет, из каких узлов идет ветвление. Для злаков, имеющих до 5–7 надземных узлов, выделяется 3 группы растений: с нижними боковыми побегами, идущими из 1 и 2 надземного узла, верхними — из 3-го узла и выше и по всему стеблю (побегу), т.е. отросшими из нижних и верхних узлов. Количество растений каждой группы выражается в процентах от общего числа ветвящихся растений. Интенсивность — это количество побегов ветвления, приходящее на одно ветвящееся растение. Состояние ветвления характеризует рост и развитие побега. Здесь выделяются 3 группы побегов: слабые — побеги мало отросли, угнетенные, соцветие мелкое, средние — достаточно отросли и сформировали соцветие, начинают цвести и завязывать семена, и хорошие — в соцветиях образовались нормальные семена, которые созревают и начинают осыпаться. Количество побегов в каждой группе выражается в процентах от общего числа побегов ветвления. Пучковое ветвление — это образование 2-х и более побегов из одного надземного узла. Повторное ветвление — это образование побега из узла побега ветвления. Устанавливая эти показатели следует учитывать некоторые особенности. Определяя степень ветвления, нужно отмечать способ отрастания побега ветвления: вневагинальный (экстравагинальный) или внутривагинальный (интравагинальный). В первом случае образовавшийся побег прорывает основание влагалища листа и сразу же становится заметным. Во втором — побег отрастает от узла стебля

Таблица 1. Учет ветвления побега у ежовника обыкновенного¹

| № п/п | Ветвление из узлов | | | | | | Кол-во узлов | Кол-во побегов | | | | Повторное ветвление |
|--------|--------------------|-----|----|---|---|--------|--------------|----------------|-----|---|-------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | и т.д. | | Х | Ср. | С | всего | |
| 1 | | | | | | | 4 | | | | – | |
| 2 | 2хх | 2хх | +с | | | | 3 | 4 | | 1 | 5 | 1х1х2ср |
| | | | | | | | | | | | | 2х1с |
| 3 | +ср | +с | +с | | | | 3 | | 1 | 2 | 3 | – |
| 4 | 5хх | 4хх | 3х | | | | 5 | 9 | | 3 | 12 | 1х1х2с |
| | ххс | хс | хс | | | | | | | | | 2х1с |
| и т.д. | | | | | | | | | | | | |

¹ Условные обозначения. Ветвление побега отмечается знаком + и указывается состояние побега буквами: х — хорошее, ср — среднее или с — слабое. Пучковое ветвление отмечается цифрой, которая указывает количество побегов в пучке. А также фиксируется буквами состояние побегов. Количество узлов на стебле учитывается для характеристики — из каких узлов происходит ветвление. Высказывается такое мнение, что из нижних и верхних фитомеров, якобы, ветвление не происходит. В графе «количество побегов» приводятся итоговые данные по количеству и состоянию побегов ветвления. В графе «повторное ветвление» первая цифра указывает, из какого узла отрастает побег ветвления, на котором идет повторное ветвление, а буква характеризует его состояние. Следующие цифры показывают, из каких узлов побега ветвления появляется побег повторного ветвления. Буквы характеризуют его состояние. В таблице, например, приведены данные по растению, которые оказались при учете. Такая форма записи первичного анализа ветвления злаков является простой в исполнении. Она дает возможность количественно охарактеризовать разнообразные проявления, особенности ветвления. Если растения другого вида злаков являются слабо ветвящимися, можно упростить форму учета.

и растет между стеблем и влагалищем листа, появляется наружу в зеве (отгибе) листа, преодолевая расстояние от 5–10 до 15–20 см, и тогда становится заметным. Выходит, растение ветвится, но побег закрыт влагалищем листа, не виден и это растение считают неветвящимся. Для восстановления истины необходимо вскрывать влагалище листьев. В любом случае при определении ветвления у внутривлагалищных злаков должно отмечаться — вскрывалось или нет влагалище листьев.

В условиях Республики Мордовия господствуют злаки с внутривлагалищным ветвлением. Только у двух видов — тростника южного, обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) и двукосточника тростникового (*Phalaroides arundinaceae* (L.) Rausch.) оказалось невлагалищное ветвление. Определение ветвления злаков проводится в конце вегетационного периода, при созревании и осыпании семян, когда у них наиболее полно проявляется это свойство. Характер ветвления для низовых злаков приведен выше, но он уже не будет подходить для верховых злаков, как, например, суданская трава (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) и тростник южный. Для таких верховых злаков также выделяется три группы: нижние побеги, отросшие из 1–4 нижних узлов, верхние — из 5-го и выше и по всему побегу. Интенсивность ветвления исчисляется от количества побегов ветвления, побеги повторного ветвления здесь не учитываются. На это свойство заметно влияет пучковое ветвление. Имеются особенности и в определении со-

стояния ветвления. У внутривлагалищных злаков слабые побеги, едва вышедшие из влагалища листа, нередко образуют несколько мелких семян. По схеме их, вроде, нельзя считать слабыми, но они, на самом деле слабые и их следует такими считать. Количественные показатели ветвления изучались длительно и публиковались в разные годы [1, 2, 3, 6, 7, 8]. В данной работе все количественные показатели ветвления будут представлены.

Экспериментальная часть

Кроме видовой и сортовой принадлежности на ветвление злаков сильно влияют условия произрастания. Об этом довольно подробно было изложено в наших работах [1, 3]. Повторяться не будем, однако, необходимо отметить, что при изучении ветвления злаков следует подробнее указывать условия произрастания и состояние растений.

Для анализа растения выдергиваются при изучении однолетних злаков, или же срезаются на уровне почвы. Мы используем простую форму первичного анализа растений. Она дана в таблице 1 при изучении ветвления ежовника обыкновенного, или куриного просо (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.).

Так, в 2016 г. изучалось ветвление ежовника обыкновенного. Это растение — однолетний, широко распространенный сорняк. Растение произрастало на южном,

Таблица 2. Ветвление побега ежовника обыкновенного

| Дата (год) | Степень ветвления, в% | Ветвление из узлов, в% | | | Интенсивность | Состояние побегов, в% | | |
|------------|-----------------------|------------------------|----------|------|---------------|-----------------------|------|------|
| | | 1–2 | 3 и в *) | пвс | | хор. | ср. | сл. |
| 2016 | 100 | 59,5 | 2,7 | 37,8 | 4,7 | 62,6 | 6,7 | 30,7 |
| 2017 | 99,1 | 32,4 | - | 67,6 | 3,9 | 38,5 | 25,7 | 35,8 |

Примечание: *) 3 и в — 3-го и выше, пвс — по всему стеблю (побегу).

Таблица 3. Пучковое ветвление ежовника обыкновенного

| Кол-во побегов в пучке | 2016 г. | | 2017 г. | |
|------------------------|---------------------|------|---------------------|------|
| | Количество растений | % | Количество растений | % |
| 2 | 13 | 42,0 | 72 | 83,7 |
| до 3 | 16 | 51,6 | 14 | 16,3 |
| до 4 | 1 | 3,2 | – | – |
| до 5 | 1 | 3,2 | – | – |

хорошо освещенном солнцем склоне, в верхней части балки, в разреженном травостое. В 2017 г. ежовник обыкновенный произрастал на выровненном участке, где ранее возделывался картофель, в разреженном, хорошо освещенном солнцем травостое. Растения анализировались в фазе осыпания семян (август-начало сентября). Ежовник сильно кустился.

Например, расшифруем запись учета ветвления таблицы 1. Растение с порядковым № 1 не ветвится. Растение с порядковым № 2: из 1-го узла происходит пучковое ветвление из 2-х побегов хорошего состояния. Из 2-го узла происходит пучковое ветвление из 2-х побегов хорошего состояния, а из 3-го узла происходит ветвление слабого состояния. У этого растения происходит повторное ветвление у побега ветвления из 1-го узла, хорошего состояния, отросли 2 побега повторного ветвления. Один побегов образовался из 1-го узла, хорошего состояния. Второй побег отрос из 2-го узла, среднего состояния. Также побеги отросли еще и из 2-го узла: у побега ветвления хорошего состояния. Из 1-го узла появился побег повторного ветвления слабого состояния.

Для анализа отбирался неповрежденный главный побег. При анализе влагалище листа вскрывалось. Итоги анализа следующие: в первом случае отобрано 37 растений, из них ветвилось 37, т.е. все. Ветвление шло из узлов: 1-го и 2-го — у 22 растений, 3-го и выше — у 1 растения и по всему побегу — у 14 растений. Количество побегов всего — 163, в т.ч. хорошего состояния — 102,

среднего — 11, слабого — 50 и у 31 растения наблюдалось пучковое ветвление. Соответственно во втором случае: 112 и 111, 36–0–75 и 436, 168, 112, 156, и 86. Более наглядно эти данные показаны в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что ежовник обыкновенный, произрастающий в разреженном травостое, очень сильно ветвился. Каждое растение проявило практически это свойство. Ветвление происходило в основном из нижних узлов и по всему побегу. Интенсивность ветвления очень высокая. Видно, оказало положительное влияние обильное пучковое ветвление. Преобладали побеги ветвления хорошего состояния.

Пучковое ветвление стебля злаков в ботанической литературе не отмечено. В природных условиях мы его наблюдали у лисохвоста коленчатого (*Alopecurus geniculatus* L.), ежовника обыкновенного (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), щетинника сизого (*Setaria glauca* L.), плевела многолетнего (пастбищного райграса) (*Lolium perenne* L.). Так, в 2010 г. пучковое ветвление у ежовника наблюдалось у 31 растения из 37 ветвящихся, это составило 83,8%. А в 2011 г. соответственно: 86 из 111, или это составило 77,5%. Ветвление происходило главным образом из нижних, 1-го и 2-го узлов. В таблице 3 даны итоги проведенного исследования.

Данные таблицы 3 показывают, что у ежовника обыкновенного преобладало пучковое ветвление из 2-х и 3-х побегов, а из 4-х и 5-ти — редко. Следует заметить, что

Таблица 4. Ветвление побега щетинника сизого (2013–2016 гг.)

| Годы исследований | Проанализировано растений | Степень ветвления | Ветвление было из узлов (характер ветвления),%: | | |
|-------------------|---------------------------|-------------------|---|----------|------------|
| | | | 1–2 | 3 и выше | 1–2 и выше |
| 2011 | 227 | 94,3 | 85,6 | 2,6 | 11,9 |
| 2014 | 554 | 96,8 | 93,8 | 5,6 | 0,6 |
| 2014 | 581 | 96,7 | 90,0 | 9,3 | 0,7 |
| 2016 | 819 | 78,8 | 76,0 | 13,3 | 10,7 |
| 2016 | 362 | 83,4 | 89,8 | 9,9 | 0,3 |

растение с количеством побегов в пучке до 5, приведено в таблице 1, под порядковым № 4. Это довольно редкое явление у растения.

Повторное ветвление происходило на побегах ветвления только хорошего состояния. Такие побеги чаще имели один или два узла, на которых и отрастали побеги повторного ветвления. В 2015 г. из 111 ветвящихся растений повторное ветвление наблюдалось у 92. Это составило 82,9%. Если расчет вести на побеги ветвления хорошего состояния, то из 168 побегов повторного ветвления дали 104. Это составляет 61,9%. Как видно, повторное ветвление у ежовника обыкновенного в 2015 г. шло активно, почти массово. У щетинника сизого в 2017 г. ветвление шло аналогично ежовнику. Но меньше происходило повторное ветвление и составило 11,2 и 6,9%. Как видно, количественные показатели конкретно, наглядно и убедительно характеризуют ветвление.

У ежовника обыкновенного, в высоком, загущенном стеблестое преобладало ветвление в верхних фитомерах, а в изреженном и невысоком — с нижних.

Т.И.Серебрякова (1971), указывает, что удаление верхней части стебля способствует ветвлению его у злаков [4, с. 175]. Однако не все злаки реагируют на это одинаково. Если у проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) при удалении соцветия степень ветвления составила 100%, то у суданской травы (*Sorghum sudanense* Piper) Stapf) –96,6–98,5%, у щетинника итальянского, или могара, или чумизы (*Setaria italica* (L.) Beauv.) — 64,9–85,0%, а рожь посевная (*Secale cereale* L.), пшеница мягкая или обыкновенная (*Triticum aestivum* L.) и пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.), ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) совсем не реагировали на это.

Характер ветвления побега проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) также может изменяться в зависимости от условий выращивания. Если стеблестой средний и высокий, растения растут при благоприятных условиях, то ветвление происходит главным образом из верхних узлов и по всему побегу. Если агротехника плохая, растения растут низкорослые, у них имеется 3–4

узла. В таких условиях преобладает ветвление из нижних узлов. Например, в 2007 году на участке, где не применялись удобрения за последние 20 лет просо посевное сорта Саратовское 2 при широкорядном посеве имело очень низкий стеблестой (с 3–4 узлами). Характер ветвления был следующий: с 1–2 узла 78,3%, с 3 узла и выше — 8% и с 1–2 узла и выше — 13%. Такое же явление наблюдается и у очень скороспелых и низкорослых сортов и форм проса посевного.

Во всех случаях ветвление побега проса посевного было внутривлагалищное (интравагинальное). Боковой побег, образовавшийся в узле из почки, проходит вдоль стебля внутри влагалища и выходит из пазухи листа. Ветвление побега проса посевного учитывалось перед уборкой, в период восковой или полной спелости семян. Проведение этой работы в более ранние сроки не позволит полностью проявиться ветвлению, а следовательно и учесть его.

Щетинник сизый Н.Н. Цвелев [5, с. 147] относит к трибе 27 — Просовые (*Panicaceae* R. Br.). Этот вид обильно произрастает в Мордовии как сорняк-однолетник. Ветвление побега у этого вида определялось в конце вегетационного периода, при созревании и осыпании семян (август–сентябрь) на посевах сельскохозяйственных культур. В отдельных случаях анализировались растения, произраставшие на залежах, прилегающих к посевам. Растения выдергивались с корнем и анализировались (табл. 4). Как правило, ветвился главный побег. В отдельных случаях главный побег не ветвился, но ветвился один из побегов кущения. Такое растение также относилось к ветвящимся.

Как видно из наших данных (табл. 4), ветвление побега щетинника сизого в Мордовии за все годы исследований проявилось очень сильно (массово). Ветвление происходило главным образом из нижних надземных фитомеров, однако у значительного количества растений оно было из верхних фитомеров и по всему побегу. Это зависело, как надо полагать, от условий произрастания. Здесь следует учесть особенности строения главного побега щетинника сизого. Он обычно имел 3–4 узла,

встречались побеги и с двумя узлами. Первые междоузлия сильно укороченные, а последние (от последнего узла до соцветия) — очень удлинённые. Особенно это выделяется у побегов с 2–3 узлами. В связи с этим и складывается впечатление, что ветвление щетинника идет из нижних узлов.

Н. Н. Цвелев [5, с. 200] отмечает, что стебли у щетинника сизого иногда в нижних узлах разветвленные, наши же данные говорят о массовом его ветвлении. У щетинника сизого преобладало ветвление из нижних фитомеров у укороченных побегов. В то же время, может в значительной степени проявляться ветвление из верхних фитомеров и всеми фитомерами у удлинённых побегов.

Ветвление побега тростника обыкновенного, или южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) зависит от условий вегетации (освещенность и увлажненность почвы). На затемненных участках ветвление побегов не наблюдается. На освещенных участках отмечено слабое (до 10%) ветвление. Усиление ветвления происходит при удалении верхней части главного побега в ранние фазы развития (выход в трубку). Ветвление не проявляется при удалении соцветий в более поздние сроки — в фазу полного выметывания.

В ходе наших исследований мы неоднократно наблюдали ветвление побегов у тростника обыкновенного, не вникая в условия произрастания растений. Однако резко бросалось в глаза усиленное ветвление побегов, у которых стебель был в значительной степени удален (стравлен, сломан) или соцветие повреждено вредителями. Отсюда и складывалось впечатление, что побеги *Phragmites australis* ветвятся и при этом обильно.

Массовое ветвление побега нами наблюдалось у прибрежных злаков — манника плавающего (*Glyceria fluitans* (L.) R. Br.) и поручейницы водной (*Catabrosa aquatica* (L.) Beauv.), которые встречаются изредка в пойме реки Мокши, по берегам стариц. У тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) наблюдается ветвление побега в нижних и средних фитомерах. У ежи сборной (*Dactylus glomerata* L.) ветвление происходит в нижних и верхних фитомерах.

Таким образом, в условиях лесостепной зоны Мордовии злаки теплолюбивого типа — суданская трава, просо посевное, щетинник сизый, ежовник обыкновенный и некоторые бореальные виды характеризуются способностью образовывать боковые побеги в зоне удлинённых фитомеров апогеотропных побегов. Наиболее интенсивно рассеянное ветвление протекает при удалении соцветия или после его закладки у теплолюбивых злаков. У бореальных злаков рассеянное ветвление выражено слабо и в основном приурочено к нижней части

апогеотропных побегов в благоприятных условиях среды (умеренные температуры, хорошая обеспеченность водой и элементами питания).

У *Alopecurus geniculatus* L. (лисохвоста коленчатого) стебель коленчато приподнимающийся и недостаточно прочный, склонен к полеганию. На увлажненных почвах, где обычно произрастает лисохвост коленчатый, стеблевые узлы растения, соприкасаясь с почвой, особенно вследствие пастьбы животных, начинают укореняться и растение при этом усиленно ветвится и разрастается. Наблюдались случаи пучкового ветвления (когда из пазухи одного листа образовалось два-три побега), а при укоренении узла — целый пучок из 4–7 боковых побегов. Ветвление было внутривлагалищное.

Таким образом, ветвление надземных побегов свойственно и лисохвосту коленчатому и происходит оно в очень сильной степени в период созревания или осыпания семян. У лисохвоста коленчатого встречается пучковое ветвление, особенно при укоренении надземных фитомеров.

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что ветвление злаков имеет большое биологическое значение, поэтому должно более полно, всесторонне и глубже изучаться. Необходимо ветвление побега злаков характеризовать количественными показателями — степенью, характером, интенсивностью, состоянием, пучковым и повторным ветвлением. Совместно с видовой и сортовой принадлежностью должны приводиться эти количественные показатели. Также необходимо более подробно указывать условия произрастания и состояние растений.

Представленные материалы повлияют на качество ботанического образования на 1 и 2 уровнях высшего образования — «бакалавриат» и «магистратура».

Результаты проведенных нами исследований имеют практическую значимость, заключающуюся в возможности дополнения соответствующих разделов дисциплин «Ботаника», «Общая экология», «Экология», «Растительный мир России» по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование», профиль «Биология. Химия», профиль «Биология. География» экспериментальными данными, которые могут быть использованы в образовательном процессе высших учебных заведений.

Содержащиеся в этой работе данные позволят студентам, аспирантам и ученым, занимающимся названной выше проблемой через усвоение, анализ и получение новых сведений по этому вопросу влиять на повышение качества образования по упомянутым направлениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчакова А. Ю., Новое о ветвлении злаков / А. Ю. Горчакова, В. В. Коммодов // Бюллетень Ботанического сада Кубанского государственного аграрного университета. 2003. № 21. С. 39–40.
2. Горчакова А. Ю. О влиянии условий вегетации на ветвление побегов у злаков / А. Ю. Горчакова // Бюллетень Ботанического сада Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 22. С. 238–260.
3. Горчакова А. Ю. О сезонном развитии злаков Республики Мордовия / А. Ю. Горчакова // Ботан. журн. 2013. Т. 98. № 5. С. 605–621.
4. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М., Наука, 1971. — 358 с.
5. Цвелев Н. Н. Злаки СССР. Л., Наука, 1976. — 788 с.
6. Gorchakova A. Yu. On Rhythm-Types in the Development of Boreal Cereals / A. Yu. Gorchakova // World Applied Sciences Journal [Электронный ресурс]: электрон. научный журнал. — 2013. — № 26 (11). — Р. 1520–1525. Режим доступа: <http://www.idosi.org/wasj/wasj26%2811%292013.htm>. (Дата обращения: 10.02.2017)
7. Gorchakova A. Yu. About features of grass brunching / A. Yu. Gorchakova, I. S. Belyuchenko // Ciencia e Tecnica vitivinicola [Электронный ресурс]: электрон. научный журнал. — 2014. — Vol. 29. — № 8. — Р. 80–98. Режим доступа: <http://ciencia-e-tecnica.org/cien/index.php/acceptance/index/Mwb8W/1406482943>. (Дата обращения: 18.12.2018)
8. Gorchakova A. Yu. Some features of Cereals Regroth / A. Yu. Gorchakova // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture [Электронный ресурс]: электрон. научный журнал. — 2014. — Vol. 8. — № 6. — Р. 43–48. Режим доступа: <http://www.aensiweb.com/old/aejsa/May%202014/43-48.pdf>. (Дата обращения: 08.12.2015)

© Горчакова Альфия Юнеровна (goralfiya@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



СЕНСИТИЗАЦИЯ НИКОТИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ АЦЕТИЛХОЛИНА ПОЧВЕННОЙ НЕМАТОДЫ CAENORHABDITIS ELEGANS МАУРАС ИОНАМИ Cu^{2+} И Cd^{2+}

SENSITIZATION OF NICOTINIC ACETYLCHOLINE RECEPTORS OF SOIL NEMATODE CAENORHABDITIS ELEGANS MAUPAS BY Cu^{2+} AND Cd^{2+} IONS

**A. Egorova
T. Kalinnikova
R. Kolsanova
M. Gainutdinov
R. Shagidullin**

Summary. In experiments with soil nematodes *C. elegans* it was shown that short-term exposition of nematodes to Cu^{2+} and Cd^{2+} ions (30–60 μM) caused sensitization of nicotinic acetylcholine receptors. This sensitization revealed in the increase of the sensitivity of swimming, as induced by mechanical stimulus, to agonist of nicotinic receptors levamisole and was a consequence of activation of nociceptive sensory neurons by Cu^{2+} and Cd^{2+} ions. Sensitization of nicotinic cholinergic receptors caused activation of cholinergic transmission, which revealed in rise of sensitivity of nematodes behavior to partial inhibition of acetylcholinesterase by aldicarb.

Keywords: *Caenorhabditis elegans*, nicotinic acetylcholine receptors, copper and cadmium ions, behavior.

Егорова Анастасия Васильевна

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

Калинникова Татьяна Борисовна

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

Колсанова Руфина Рифкатовна

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

Гайнутдинов Марат Хамитович

*Д.б.н., с.н.с., Институт проблем экологии
и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань
tgainutdinov@gmail.com*

Шагидуллин Рифгат Роальдович

*Д.х.н., Институт проблем экологии
и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань
shagidullin@mail.ru*

Аннотация. В экспериментах с почвенными нематодами *C. elegans* показано, что кратковременная экспозиция нематод к ионам Cu^{2+} и Cd^{2+} (30–60 мкМ) вызывает сенситизацию никотиновых рецепторов ацетилхолина. Эта сенситизация проявляется в увеличении чувствительности плавания, индуцированного механическим стимулом, к агонисту никотиновых рецепторов левамизолу и является следствием активации ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} ноцицептивных сенсорных нейронов. Сенситизация никотиновых рецепторов вызывает активацию холинергической синаптической трансмиссии, проявляющейся в увеличении чувствительности поведения нематод к частичному ингибированию ацетилхолинэстеразы алдикарбом.

Ключевые слова: нематода *Caenorhabditis elegans*, никотиновые рецепторы ацетилхолина, ионы меди и кадмия, поведение.

Введение

Медь и кадмий являются поллютантами с токсическим действием на организмы человека и животных. Нервная система рассматривается как самая чувствительная мишень действия тяжелых металлов на многоклеточные организмы человека и животных [1–3]. В то же время известно, что информация

об опасных или потенциально опасных факторах окружающей среды и внутренней среды организма поступает в нервную систему организмов человека и животных через полимодальные ноцицептивные сенсорные нейроны, чувствительные к токсикантам, экстремальным изменениям температуры и другим неблагоприятным факторам среды [4–7]. В связи с консерватизмом эволюции молекулярных механизмов функций нервной систе-

мы и чрезвычайной сложностью организации нервных систем млекопитающих удобной моделью для изучения механизмов процессов, происходящих в нервной системе в норме и при патологии, является нервная система свободноживущей почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans* [8–10]. У гермафродитов *C. elegans* нервная система состоит всего из 302 нейронов, более половины из которых являются холинергическими [11]. Известно, что ионы Cu^{2+} и Cd^{2+} вызывают у *C. elegans* адаптивную реакцию избегания сред с высоким содержанием этих тяжелых металлов в результате активации полимодальных ноцицептивных нейронов ADL, ASE и ASH [3, 12]. Холинергическая система играет ключевую роль в регуляции всех основных функций в организмах человека и животных. У *C. elegans* как командные, так и моторные нейроны являются холинергическими [11]. Сигналы, поступающие из ноцицептивных нейронов, потенциально могут оказывать влияние на холинергическую трансмиссию в синапсах между нейронами или между моторными нейронами и мышцами тела [6] для увеличения скорости избегания сред с тяжелыми металлами. В пользу этого предположения свидетельствует активация холинергической синаптической трансмиссии неблагоприятным повышением температуры окружающей среды [13], которое, так же, как и тяжелые металлы, стимулирует ноцицептивные сенсорные нейроны [14–17]. Поэтому целью работы явилась проверка гипотезы, предполагающей, что формирование реакции избегания *C. elegans* опасного или потенциально опасного содержания ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} включает в себя адаптивную активацию холинергической синаптической трансмиссии. Для достижения этой цели был использован фармакологический анализ плавания *C. elegans*, индуцированного механическим стимулом, с использованием ингибитора ацетилхолинэстеразы (АХ-эстеразы) алдикарба и агониста никотиновых рецепторов ацетилхолина (н-холинорецепторов) нематод левамизола.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили в сентябре–ноябре с *C. elegans* линии дикого типа N2, предоставленной Caenorhabditis Genetics Center. Нематод выращивали при 22 °С в чашках Петри со стандартной средой выращивания нематод и *E. coli* OP50 для кормления [18]. Эксперименты проводили с нематодами трехдневного возраста, инкубированными индивидуально в 1 мл NG буфера [18] при температуре 22 °С. Нарушения поведения, вызванные действием ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} , регистрировали с использованием стереоскопического микроскопа SMZ-05. Показателями нарушения поведения нематод были среднее время проявления ошибок моторной программы плавания, индуцированного механическим стимулом (встряхиванием пробирки с *C. elegans*) и среднее время потери нематодами способности к плаванию, ин-

дуцированному механическим стимулом. Ошибки моторной программы плавания, индуцированные ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} , проявлялись в нарушениях координации сокращения и расслабления мышц, необходимой для синусоидальных движений тела при плавании и в способности поддерживать плавание в течение 10 секунд после механического стимула. Статистическую обработку результатов проводили с использованием углового преобразования Фишера ϕ^* .

Результаты

Для выяснения вопроса о возможном влиянии ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} на холинергическую систему *C. elegans* были проведены эксперименты, в которых исследовалось влияние этих ионов на чувствительность плавания нематод, индуцированного механическим стимулом, к действию ингибитора АХ-эстеразы алдикарба. Частичное ингибирование АХ-эстеразы вызывает дозозависимые нарушения моторной программы плавания, индуцированного механическим стимулом [13]. Эти нарушения первоначально проявляются в нарушениях координации сокращения и расслабления мышц тела, необходимой для синусоидальных движений тела при плавании [13], но при увеличении срока экспозиции к алдикарбу и его концентрации наступает паралич нематод (полная потеря способности к локомоции) [19–21]. Как показано в табл. 1–2, введение в среду CuSO_4 или $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ вызывает снижение порога концентрации алдикарба, нарушающей моторную программу плавания после 15-минутной экспозиции к алдикарбу. В контрольных экспериментах 15-минутная экспозиция нематод к CuSO_4 или $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ не вызывала изменений поведения *C. elegans* (табл. 1–2).

Частичное ингибирование АХ-эстеразы нарушает локомоцию *C. elegans* в результате аномального увеличения концентрации ацетилхолина (АХ), которое вызывает гиперактивацию н-холинорецепторов в нейронах и мышцах тела [19–21]. Поэтому двумя возможными причинами сенситизации поведения *C. elegans* к действию алдикарба ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} являются увеличение скорости секреции АХ холинергическими нейронами и сенситизация никотиновых рецепторов АХ в нейронах и мышцах.

В каждом варианте эксперимента, проводившегося в трех повторностях, использовано не менее 50 нематод

В каждом варианте эксперимента, проводившегося в трех повторностях, использовано не менее 50 нематод

Одним из самых эффективных агонистов н-холинорецепторов нематод является левамизол, действие которого на плавание, индуцированное механическим стимулом, сходно с действием алдикарба. Так же, как

Таблица 1. Влияние ионов Cu^{2+} на чувствительность поведения *C. elegans* к левамизолу и алдикарбу

| Условия эксперимента | Доля нематод с нарушениями моторной программы плавания после 15-минутной экспозиции к левамизолу или алдикарбу (%) | | | | | | | |
|-------------------------|--|------|------|------|---------------|------|------|------|
| | Левамизол, мкМ | | | | Алдикарб, мкМ | | | |
| | 0 | 15 | 30 | 60 | 0 | 20 | 40 | 80 |
| Без добавок | 0 | 0 | 7±1 | 22±2 | 0 | 0 | 11±1 | 29±2 |
| 30 мкМ CuSO_4 | 0 | 0 | 17±2 | 36±2 | 0 | 0 | 15±1 | 36±2 |
| 60 мкМ CuSO_4 | 0 | 21±1 | 35±2 | 62±3 | 0 | 14±1 | 28±2 | 44±3 |
| 120 мкМ CuSO_4 | 0 | 26±2 | 37±2 | 64±3 | 0 | 21±1 | 45±2 | 58±2 |

Таблица 2. Влияние ионов Cd^{2+} на чувствительность поведения *C. elegans* к левамизолу и алдикарбу

| Условия эксперимента | Доля нематод с нарушениями моторной программы плавания после 15-минутной экспозиции к левамизолу или алдикарбу (%) | | | | | | | |
|------------------------------------|--|------|------|------|---------------|------|------|------|
| | Левамизол, мкМ | | | | Алдикарб, мкМ | | | |
| | 0 | 15 | 30 | 60 | 0 | 20 | 40 | 80 |
| Без добавок | 0 | 0 | 11±1 | 26±2 | 0 | 0 | 15±1 | 33±1 |
| 30 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 0 | 24±2 | 41±3 | 0 | 0 | 21±1 | 42±2 |
| 60 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 24±1 | 43±2 | 61±2 | 0 | 23±1 | 34±2 | 51±2 |
| 120 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 25±2 | 46±2 | 65±3 | 0 | 29±2 | 43±3 | 56±2 |

Таблица 3. Влияние ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} на токсическое действие левамизола на организм *C. elegans*

| Условия эксперимента | Доля нематод, полностью утративших способность к плаванию, индуцированному механическим стимулом, после 90-минутной экспозиции к левамизолу (%) | | | |
|------------------------------------|---|------|------|------|
| | Концентрация левамизола, мкМ | | | |
| | 0 | 30 | 60 | 120 |
| Без добавок | 0 | 0 | 15±1 | 35±2 |
| 35 мкМ CuSO_4 | 0 | 12±1 | 31±2 | 52±2 |
| 70 мкМ CuSO_4 | 0 | 21±2 | 53±3 | 65±3 |
| 140 мкМ CuSO_4 | 0 | 23±1 | 60±2 | 69±3 |
| 35 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 10±1 | 35±2 | 56±2 |
| 70 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 18±1 | 59±3 | 66±2 |
| 140 мкМ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ | 0 | 22±1 | 67±3 | 77±3 |

и алдикарб, левамизол первоначально вызывает нарушения моторной программы плавания с сохранением способности нематод к плаванию, но при продлении экспозиции нематод к левамизолу они теряют способность к локомоции. Как показано в табл. 1, в экспериментах с 15-минутной экспозицией нематод к левамизолу и CuSO_4 ионы Cu^{2+} вызывают увеличение чувствительности поведения к гиперактивации н-холинорецепторов левамизолом. Сходное действие на чувствительность плавания *C. elegans*, индуцированного механическим стимулом, оказывают ионы Cd^{2+} (табл. 2).

В каждом варианте эксперимента, проводившегося в трех повторностях, использовано не менее 50 нематод.

В следующей серии экспериментов исследовалось влияние ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} на чувствительность поведения *C. elegans* к длительной (90 мин) экспозиции к алдикарбу и левамизолу, которая вызывает не нарушения моторной программы плавания, а паралич нематод. Как показано в табл. 3, и в этих условиях ионы Cu^{2+} и Cd^{2+} вызывают увеличение чувствительности поведения *C. elegans* к частичному ингибированию АХ-эстеразы и гиперактивации н-холинорецепторов. Диапазоны концентраций Cu^{2+} и Cd^{2+} , эффективные для усиления нарушений моторной программы плавания при кратковременной экспозиции к левамизолу и ускорения паралича нематод длительной экспозицией к левамизолу, в основном совпадают (табл. 3).

Обсуждение

Организмы беспозвоночных животных способны переносить действие на них широкого спектра неблагоприятных факторов среды, как природных, так и антропогенного происхождения, благодаря наличию у них поведенческих и физиологических адаптивных реакций на эти факторы. Самой чувствительной мишенью действия экстремальных факторов среды, таких как сильное превышение физиологического оптимума температуры и токсиканты, на организмы беспозвоночных в большинстве случаев является нервная система [3, 9, 10, 13]. В то же время одной из функций нервной системы является восприятие сенсорной информации об опасных для организма изменениях окружающей среды и использование ее для формирования адаптивных реакций организма, как поведенческих, так и физиологических [4, 13–15]. Холинергическая система играет ключевую роль в регуляции всех основных функций организма *C. elegans*, так как в простой нервной системе этой нематоды более половины из 302 нейронов являются холинергическими [11].

Результаты этой работы свидетельствуют о том, что быстрой (15 мин) реакцией *C. elegans* на появление в среде ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} является активация холинергической синаптической трансмиссии. Эта активация проявляется в сенситизации локомоции к частичному ингибированию АХ-эстеразы алдикарбом и гиперактивации н-холинорецепторов левамизолом (табл. 1–2). Фармакологический анализ локомоции с использованием алдикарба и левамизола широко используется при изучении механизмов функций холинергической синаптической трансмиссии *C. elegans* методами молекулярной генетики [19–21]. Результаты этих исследований показали, что увеличение чувствительности локомоции к алдикарбу в результате мутаций генов, регулирующих функции холинергических синапсов, свидетельствует об активации холинергической синаптической трансмиссии. Эта активация может происходить в результате увеличения скорости секреции АХ нейронами или сенситизации н-холинорецепторов в нейронах или мышцах тела. В связи с тем, что ионы Cu^{2+} и Cd^{2+} вызывают увеличение чувствительности локомоции к агонисту н-холинорецепторов нематод левамизолу (табл. 1–2), очевидно, что механизмом активации холинергической синаптической трансмиссии ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} в наших экспериментах является сенситизация н-холинорецепторов.

Активация холинергической системы ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} может быть проявлением токсического действия этих тяжелых металлов на организм *C. elegans* или адаптивной реакцией организма на появление токсикантов в окружающей среде. Факты, свидетельствующие

о том, что эта активация не является следствием токсического действия Cu^{2+} и Cd^{2+} сводятся к следующему:

1. Кутикула *C. elegans* обладает чрезвычайно низкой проницаемостью как для тяжелых металлов, так и для многих других токсикантов и лекарств. Поэтому при изучении нарушений поведения *C. elegans*, индуцированных ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} , используются длительный экспозиции нематод (4–6 часов при концентрациях 50–200 мкМ) [3, 22]. В наших экспериментах действие 30–60 мкМ Cu^{2+} и Cd^{2+} на холинергическую систему *C. elegans* проявлялось уже через 15 мин (табл. 1–2).

2. В контрольных экспериментах без алдикарба или левамизола 15-минутная экспозиция к Cu^{2+} и Cd^{2+} не вызвала нарушений моторной программы плавания (табл. 1–2).

3. В условиях наших экспериментов (кратковременная экспозиция к ионам Cu^{2+} и Cd^{2+}) ионы Cu^{2+} и Cd^{2+} индуцируют такую адаптивную форму поведения, как избегание локальных сред, содержащих эти катионы в концентрациях выше 10 мкМ [4].

В связи с тем, что избегание высоких концентраций токсикантов, потенциально опасных для организма, является адаптивной формой поведения, очевидно, что активация холинергической синаптической трансмиссии ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} также адаптивна. Регуляция локомоции *C. elegans* осуществляется системой нейронов, включающих в себя холинергические командные нейроны, холинергические моторные нейроны, сигналы из которых (АХ) вызывают сокращение мышц тела, и ГАМК-ергические нейроны, сигналы из которых (γ -аминомасляная кислота — ГАМК), напротив, расслабляют мышцы тела, принимающие участие в локомоции [11]. Одной из основных особенностей этой системы нейронов является то, что холинергические моторные нейроны дополнительно выполняют функции интернейронов, так как они иннервируют не только мышцы, но и ГАМК-ергические моторные нейроны [11]. Гены н-холинорецепторов экспрессируются как в нейронах, так и в мышцах тела [11]. Гиперактивация этих рецепторов в мышцах вызывает паралич нематод из-за нарушения холинергической трансмиссии в нервно-мышечных синапсах. При кратковременной (15 минут) экспозиции *C. elegans* к алдикарбу или к левамизолу нарушения моторной программы плавания происходят при сохранении способности нематод к плаванию. Поэтому очевидно, что в этих условиях Cu^{2+} и Cd^{2+} вызывают усиление холинергической трансмиссии в синапсах между нейронами, а не между моторными нейронами и мышцами.

Активация холинергической синаптической трансмиссии у *C. elegans* происходит при действии на орга-

низм не только ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} , но и умеренного теплового стресса, переносимого организмом [13]. Эта активация рассматривается как механизм увеличения скорости избегания нематодами локальных сред с неблагоприятной высокой температурой. Поэтому и в средах с ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} активация холинергической синаптической трансмиссии может быть необходима для увеличения скорости избегания потенциально опасного действия тяжелых металлов на организм *C. elegans*. Известно, что избегание *C. elegans* сред с высокими концентрациями ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} индуцируется этими ионами без их проникновения во внутреннюю среду организма нематод через кутикулу в результате активации полимодальных ноцицептивных сенсорных нейронов ADL, ASE и ASH, контактирующих с окружающей средой [4]. Стимуляция этих нейронов ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} является единственно возможным объяснением активации холинергической синаптической трансмиссии в системе нейронов, регулирующей плавание *C. elegans* (табл. 1–2).

При действии левамизола и алдикарба на поведение *C. elegans* нарушения моторной программы плавания объясняются нарушением холинергической трансмиссии в межнейронных синапсах, но паралич нематод, напротив, рассматривается как следствие прекращения нервно-мышечной передачи [19–21]. Поэтому увеличение ионами Cu^{2+} и Cd^{2+} чувствительности к действию левамизола, проявляющемуся в полном обездвиживании нематод после длительной (90 минут) экспозиции к левамизолу или к левамизолу и тяжелому металлу (табл. 3) свидетельствует об активации холинергической транс-

миссии в нервно-мышечных синапсах. Результаты этих экспериментов показывают, что адаптация ноцицептивных нейронов *C. elegans* к ионам Cu^{2+} и Cd^{2+} является достаточно длительным процессом, так как действие этих ионов на организм *C. elegans* сохраняется десятки минут в условиях 90-минутной экспозиции нематод к ионам Cu^{2+} и Cd^{2+} в среде с левамизолом (табл. 3).

Ранее нами было показано, что активация холинергической синаптической трансмиссии в организме *C. elegans* индуцируется умеренным тепловым стрессом, переносимым организмом [13]. Результаты этой работы свидетельствуют о большом сходстве активации холинергической синаптической трансмиссии высокой температурой и тяжелыми металлами. Во-первых, в обоих случаях эта активация происходит в результате сенситизации н-холинорецепторов (табл. 1–2) [13]. Во-вторых, сенситизация н-холинорецепторов выявляется уже через 15 минут после увеличения температуры среды или экспозиции к ионам Cu^{2+} и Cd^{2+} (табл. 1–2) [13]. Информация как о потенциально опасной концентрации тяжелых металлов, так и о неблагоприятном превышении физиологического оптимума температуры (выше 26 °C) у *C. elegans* воспринимается ноцицептивными сенсорными нейронами и используется для формирования адаптивной реакции избегания локальных сред с высокой температурой или с высокой концентрацией тяжелых металлов [4, 14–17]. Этим объясняется неспецифичность активации холинергической синаптической трансмиссии стрессовыми условиями среды, выявляющаяся при действии ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} (табл. 1–2) или высокой температуры [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang B., Du Y. Cadmium and its neurotoxic effect // *Oxid. Med. Cell Longev.* 2013. V. 2013. P. 898034:1–898034:12.
2. Mendez-Armenta M., Rios C. Cadmium neurotoxicity // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2007. V. 23. P. 350–358.
3. Zhang Y., Ye B., Wang D. Effects of metal exposure on associative learning behavior in nematode *Caenorhabditis elegans* // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2010. V. 59. P. 129–136.
4. Sambongi Y., Nagae T., Liu Y., Yoshimizu T., Takeda K., Wada Y., Futai M. Sensing of cadmium and copper ions by externally exposed ADL, ASE, and ASH neurons elicits avoidance response in *Caenorhabditis elegans* // *NeuroReport.* 1999. V. 10. P. 753–757.
5. Miura S., Takahashi K., Imagawa T., Uchida K., Saito S., Tominaga M., Ohta T. Involvement of TRPA1 activation in acute pain induced by cadmium in mice // *Mol. Pain.* 2013. V. 9. P. e7.
6. Hilliard M. A., Bargmann C. I., Bazzicalupo P. C. *C. elegans* responds to chemical repellents by integrating sensory inputs from the head and the tail // *Curr. Biol.* 2002. V. 12. P. 730–734.
7. Tracey W. D. Nociception // *Curr. Biol.* 2017. V. 27. P. R129–R133.
8. Chen P., Martinez-Finley E. J., Bornhorst J., Chakraborty S., Aschner M. Metal-induced neurodegeneration in *C. elegans* // *Front. Aging Neurosci.* 2013. V. 5. Article 18.
9. Kalinnikova T. B., Kolsanova R. R., Gainutdinov M. Kh. *Caenorhabditis elegans* as a convenient model organism for understanding heat stress effects upon intact nervous system // In: *Heat Stress: Causes, Treatment and Prevention* / Eds. Stanislas Josipovich and Elias Ludwig. NY: Nova Science Publishers, 2012. P. 113–140.
10. Kalinnikova T. B., Shagidullin R. R., Kolsanova R. R., Osipova E. B., Zakharov S. V., Gainutdinov M. Kh. Acetylcholine deficiency in *Caenorhabditis elegans* induced by hyperthermia can be compensated by ACh-esterase inhibition or activation of GAR-3 mAChRs // *Environ. Nat. Resour. Res.* 2013. V. 3. P. 98–113.
11. Pereira L., Kratsios P., Serrano-Saiz E., Sheftel H., Mayo A. E., Hall D. H., White J. G., LeBoeuf B., Garcia L. R., Alon U., Hobert O. A cellular and regulatory map of the cholinergic nervous system of *C. elegans* // *eLife.* 2015. V. 4. P. e12432.
12. Hilliard M. A., Apicella A. J., Kerr R., Suzuki H., Bazzicalupo P., Schafer W. R. In vivo imaging of *C. elegans* ASH neurons: cellular response and adaptation to chemical repellents // *The EMBO J.* 2005. V. 24. P. 63–72.

13. Kalinnikova T. B., Kolsanova R. R., Belova E. B., Shagidullin R. R., Gainutdinov M. Kh. Opposite responses of the cholinergic nervous system to moderate heat stress and hyperthermia in two soil nematodes // *J. Therm. Biol.* 2016. V. 62. P. 37–49.
14. Schafer W. R. Tackling thermocompensation with multidimensional phenotyping // *BMC Biol.* 2012. V. 10. P. e91.
15. Glauser D. A., Chen W. C., Agin R., MacInnis B.L., Hellman A. B. Garrity P. A., Tan M.-W., Goodman M. B. Heat avoidance is regulated by transient receptor potential (TRP) channels and a neuropeptide signaling pathway in *Caenorhabditis elegans* // *Genetics*. 2011. V. 188. P. 91–103.
16. Chatzigeorgiou M., Yoo S., Watson J. D., Lee W.-H., Spencer W. C., Kindt K. S., Hwang S. W., Miller III D.M., Treinin M., Driscoll M., Schafer W. R. Specific roles for DEG/ENaC and TRP channels in touch and thermosensation in *C. elegans* nociceptors // *Nat. Neurosci.* 2010. V. 13. P. 861–868.
17. Smith C. J., Watson J. D., Spencer W. C., O'Brien T., Cha B., Albeg A., Treinin M., Miller III D. M. Time-lapse imaging and cell-specific expression profiling reveal dynamic branching and molecular determinants of a multi-dendritic nociceptors in *C. elegans* // *Dev. Biol.* 2010. V. 345. P. 18–33.
18. Brenner S. The genetics of *Caenorhabditis elegans* // *Genetics*. 1974. V. 77. P. 71–94.
19. Chan J. P., Hu Z., Sieburth D. Recruitment of sphingosine kinase to presynaptic terminals by a conserved muscarinic signaling pathway promotes neurotransmitter release // *Genes Dev.* 2012. Vol. 26. P. 1070–1085.
20. Mahoney T. R., Luo S., Nonet M. L. Analysis of synaptic transmission in *Caenorhabditis elegans* using an aldicarb-sensitivity assay // *Nat. Protoc.* 2006. Vol. 1. P. 1772–1777.
21. Jospin M., Qi Y. B., Stawicki T. M., Boulin T., Schuske K. R., Horvitz R., Bessereau J.-L., Jorgensen E. M., Jin Y. A neuronal acetylcholine receptor regulates the balance of muscle excitation and inhibition in *Caenorhabditis elegans* // *PLoS Biology*. 2009. Vol. 7. e1000265.
22. Anderson G. L., Boyd W. A., Williams P. L. Assessment of sublethal endpoints for toxicity testing with nematode *Caenorhabditis elegans* // *Environ. Toxicol. Chem.* 2001. V. 20. P. 833–838.

© Егорова Анастасия Васильевна (egorovanastassia@gmail.com), Калининкова Татьяна Борисовна (tbkalinnikova@gmail.com),
Колсанова Руфина Рифкатовна (rufina@kolsanova.com),
Гайнутдинов Марат Хамитович mgainutdinov@gmail.com), Шагидуллин Рифгат Роальдович (shagidullin@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Казань

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ *DACTYLIS GLOMERATA*

Ельчева Ирина Олеговна

Аспирант, Российский государственный социальный
университет (Москва)
elcheva-irina@mail.ru

Зубкова Валентина Михайловна

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

THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE CHEMICAL COMPOSITION *DACTYLIS GLOMERATA*

**I. Elcheva
V. Zubkova**

Summary. The article presents data on the content and migration of heavy metals (HM) in the soil-plant system on the example of *Dactylis glomerata* in order to establish the degree of ecological balance in the urban district of Istra. It was found that the accumulation of HM in plants is determined primarily by the type of element, its biofilm and occurs by acropetal type. The content of individual elements in plants depending on soil conditions changed in 1,1–48,9 times. Given the bioecological features of *Dactylis glomerata* in the accumulation of TM, low coefficients of their biological absorption, it can be recommended for use in feed production.

Keywords: heavy metals, correlation analysis, acropetal coefficient (AK), indicators of biological absorption intensity.

Аннотация. В статье приводятся данные по содержанию и миграции тяжелых металлов (ТМ) в системе почва-растение на примере *Dactylis glomerata* в целях установления степени экологического равновесия на территории городского округа Истра. Установлено, что накопление ТМ в растениях определяется, прежде всего, видом элемента, его биофильностью и происходит по акропетальному типу. Содержание отдельных элементов в растениях в зависимости от почвенных условий изменялось в 1,1–4,25 раза. Учитывая биоэкологические особенности *Dactylis glomerata* в накоплении ТМ, низкие коэффициенты их биологического поглощения, можно рекомендовать ее для использования в кормопроизводстве.

Ключевые слова: тяжелые металлы, корреляционный анализ, акропетальный коэффициент (АК), интенсивность биологического поглощения.

С началом формирования туристического кластера «Русская Палестина» на территории городского округа Истра в результате увеличения туристического потока с каждым годом повышается рекреационная нагрузка на территорию и увеличивается общий техногенный поток элементов. При усилении антропогенного воздействия на природную среду в биогеоценозах происходят глубокие изменения, приводящие к нарушению экологического равновесия, и в особо серьезных случаях — к полной деградации экосистем.

В качестве метода, при помощи которого можно оценить комплексное антропогенное воздействие как на природные объекты, так и на территории урбо- и агроландшафтов, выступает биоиндикационный метод. В соответствии с ним химический состав биоты изменяется аналогично уровню загрязнения среды и отражает состояние и свойства всех абиотических компонентов ландшафта: подстилающих горных пород, почв, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха, а также климатические особенности территории. Сравнение содержаний поллютантов в растениях фоновых и антропогенно нарушенных местообитаний дает качественную и количественную оценку характера загрязнения [4].

Целью нашего исследования является оценка содержания и миграции ТМ в системе почва-растения на примере *Dactylis glomerata*, произрастающей на территории г. Истра.

Dactylis glomerata — вид многолетних травянистых растений рода Ежа (*Dactylis*) семейства Злаки, или Мятликовые (*Poaceae*). Растение является компонентом травостоев лугов почти всех районов, встречается на лесных полянах, в разреженных лесах, антропогенных местообитаниях, часто растет в посевах злаков, широко используется в сельском хозяйстве в качестве многолетнего кормового растения, широко введено в культуру. *Dactylis glomerata* может давать по 2–3 укоса в год, поедается всеми видами скота, но особенно крупным рогатым скотом. *Dactylis glomerata* используется также в официальной медицине в аллергологии. Разновидности *Dactylis glomerata* используются в декоративных целях в парках и на газонах [2].

Поэтому сравнение содержаний поллютантов в фоновых и антропогенно нарушенных местообитаниях, позволяющее дать качественную и количественную оценку характера загрязнения для *Dactylis glomerata* имеет особое практическое значение [4].

Таблица 1. Функциональные зоны города Истра

| № участка | Место отбора проб |
|---------------------------|---|
| Рекреационная зона | |
| 3 | Новый Иерусалим (р. Истра) |
| 4 | Новый Иерусалим (монастырь) |
| 5 | Городской парк «Истра» |
| Селитебная зона | |
| 2 | Детский сад на ул. Панфилова, д.61 |
| 6 | ул. Ленина, д.89 (Центр) |
| 7 | ул. Босова, д.7 |
| Промышленная зона | |
| 1 | ул. Панфилова, д.51 (около АО Новатор) |
| 8 | КРКА (ул. Песочная) |
| 9 | Новоиерусалимский кирпичный завод (ОАО НИКЗ) (пригород) |

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в *Dactylis glomerata*, мг/кг

| № участка | Часть растения | Тяжелые металлы | | | | |
|---------------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | Cd | Zn | Pb | Cu | Ni |
| Рекреационная зона | | | | | | |
| 3 | надземная | 0,036±0,014 | 9,0±1,9 | 0,35±0,12 | 2,3±0,5 | 0,53±0,17 |
| | подземная | 0,146±0,051 | 33,6±7,0 | 1,8±0,60 | 4,4±1,0 | 3,55±0,81 |
| 4 | надземная | 0,015±0,006 | 18,2±3,8 | 0,28±0,10 | 2,0±0,5 | 1,13±0,30 |
| | подземная | 0,145±0,051 | 30,4±6,4 | 1,5±0,50 | 3,9±0,9 | 2,65±0,65 |
| 5 | надземная | 0,021±0,008 | 21,8±4,6 | 0,25±0,09 | 2,4±0,5 | 0,55±0,20 |
| | подземная | 0,200±0,072 | 49,4±10,4 | 7,3±0,51 | 8,5±1,9 | 2,83±0,70 |
| Селитебная зона | | | | | | |
| 2 | надземная | 0,017±0,007 | 6,3±2,2 | 0,89±0,31 | 2,0±0,5 | 0,70±0,28 |
| | подземная | 0,203±0,071 | 28,5±6,0 | 6,3±2,21 | 8,4±1,9 | 3,41±0,75 |
| 6 | надземная | 0,030±0,012 | 30,3±6,4 | 0,45±0,16 | 2,3±0,5 | 1,31±0,32 |
| | подземная | 0,266±0,091 | 108,0±6,2 | 13,7±4,80 | 9,5±2,2 | 7,86±2,80 |
| 7 | надземная | 0,057±0,023 | 22,6±4,7 | 0,21±0,07 | 2,7±0,6 | 1,31±0,33 |
| | подземная | 0,389±0,136 | 64,0±8,4 | 2,3±0,83 | 8,2±1,9 | 3,57±0,90 |
| Промышленная зона | | | | | | |
| 1 | надземная | 0,046±0,018 | 29,2±6,1 | 0,42±0,15 | 2,2±0,5 | 1,59±0,45 |
| | подземная | 0,097±0,039 | 69,3±2,8 | 10,4±3,11 | 7,5±1,7 | 2,29±0,72 |
| 8 | надземная | 0,019±0,008 | 26,3±5,5 | 0,34±0,12 | 2,8±0,6 | 0,26±0,10 |
| | подземная | 0,146±0,051 | 121,0±9,0 | 1,9±0,70 | 7,6±1,8 | 4,04±0,90 |
| 9 | надземная | 0,100±0,004 | 24,0±5,0 | 0,18±0,06 | 2,6±0,6 | 1,31±0,31 |
| | подземная | 0,141±0,049 | 62,8±1,4 | 4,2±1,51 | 12,8±2,7 | 4,03±1,10 |

Химический состав растений *Dactylis glomerata* характеризуется наличием таких макроэлементов как магний, натрий, железо, особенно необходимо отметить высокое содержание марганца и калия, а также микроэлементов — меди, цинка, кобальта, йода [1, 8]. В состав растения входит большое количество углеводов, биологических экстрактивных веществ, витаминов — В₁ — тиамин, В₂ — рибофлавин, В₃ — пантотеновая кислота, В₄ — холин, В₅ — никотиновая кислота, D — кальциферол, E — токоферол, каротин.

Эколого-геохимические исследования проводили в 2017–2018 гг. в городе Истра Московской области, территория которого была разбита на три функциональные зоны: рекреационную, селитебную и промышленную (табл. 1).

В каждой функциональной зоне отбирали пробы почв и растений. В растениях общее содержание ТМ определяли согласно методике ГОСТ 30692–2000 [3] в Испытательной лаборатории ООО «Центр сертификации

Таблица 3. Акропетальные коэффициенты

| Точка отбора | Тяжелые металлы | | | | |
|---------------------------|-----------------|------|-------|------|-------|
| | Cd | Zn | Pb | Cu | Ni |
| Рекреационная зона | | | | | |
| 3 | 4,05 | 3,73 | 5,14 | 1,91 | 6,70 |
| 4 | 9,67 | 1,67 | 5,36 | 1,95 | 2,35 |
| 5 | 9,52 | 2,27 | 29,20 | 3,54 | 5,15 |
| Селитебная зона | | | | | |
| 2 | 11,94 | 4,52 | 7,08 | 4,20 | 4,87 |
| 6 | 8,87 | 3,56 | 30,44 | 4,13 | 6,00 |
| 7 | 6,82 | 2,83 | 10,95 | 3,04 | 2,73 |
| Промышленная зона | | | | | |
| 1 | 2,11 | 2,37 | 24,76 | 3,41 | 1,44 |
| 8 | 7,68 | 4,60 | 5,59 | 2,71 | 15,54 |
| 9 | 1,41 | 2,62 | 23,33 | 4,92 | 3,08 |

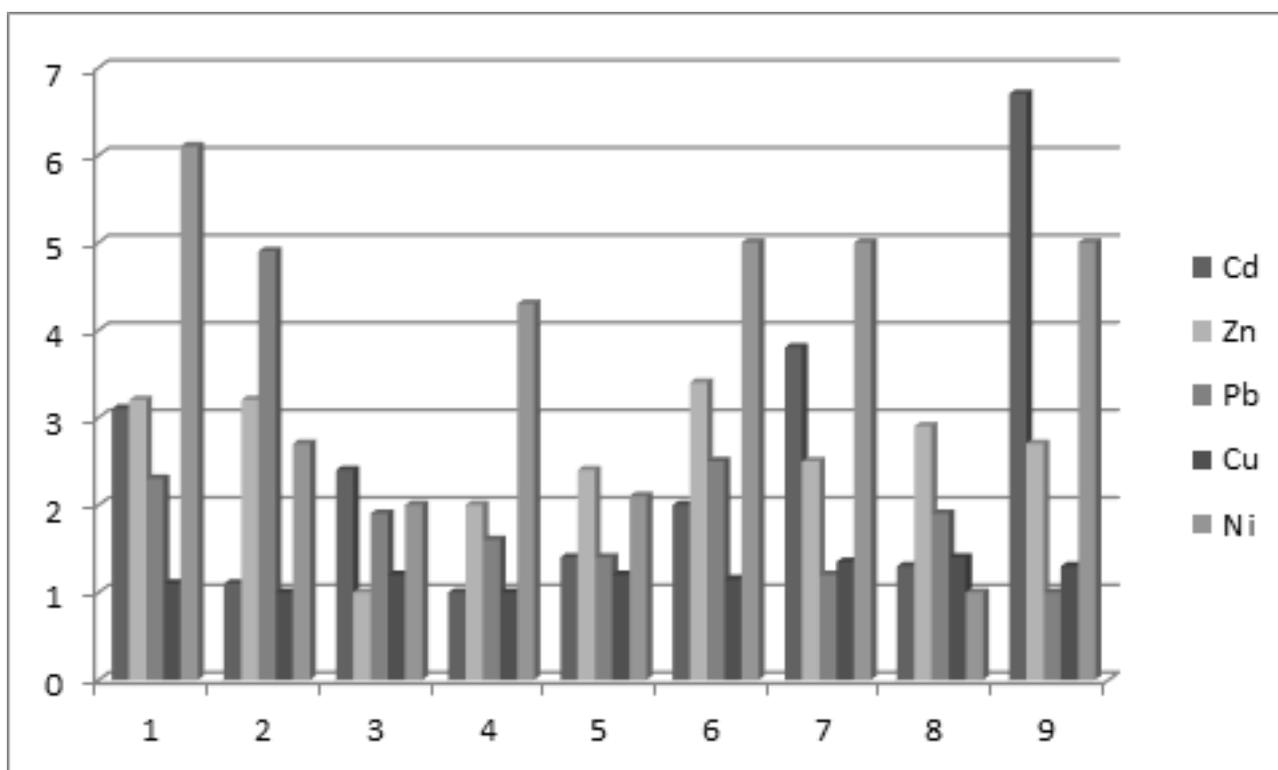


Рис. 1. Коэффициенты превышения минимальных содержаний элементов в надземной фитомассе.

и экологического мониторинга агрохимической службы «Московский» отдельно в надземной и подземной (корни) частях. Методика отбора и исследования почв приведена нами в работе [5]. Для исследования структуры взаимосвязей изучаемых элементов при поступлении их в растения использовали корреляционный анализ.

Результаты исследований показали, что содержание ТМ в *Dactylis glomerata* определяется, прежде всего, ви-

дом элемента и органом растений (табл. 2). В надземной части растений ряд содержания ТМ во всех функциональных зонах выглядит следующим образом: $Cd < Pb < Ni < Cu < Zn$; в подземной части в среднем по зонам отмечено некоторое преобладание свинца по сравнению с никелем.

Существенно большим содержанием ТМ отличались растения, отобранные на ул. Ленина, д. 89 (в центре города).

Таблица 4. Коэффициенты биологического поглощения ТМ растениями *Dáctylis glomeráta**

| Место отбора | КБП ТМ |
|---------------------------|--|
| Рекреационная зона | |
| 3 | Zn (0,214) > Cu (0,209) > Cd (0,069) > Ni (0,047) > Pb (0,029) |
| | Zn (0,80) > Cu (0,40) > Ni (0,31) > Cd (0,28) > Pb (0,15) |
| 4 | Zn (0,417) > Cu (0,146) > Ni (0,086) > Pb (0,026) > Cd (0,027) |
| | Zn (0,697) > Cu (0,285) > Cd (0,264) > Ni (0,202) > Pb (0,143) |
| 5 | Zn (0,484) > Cu (0,198) > Ni (0,092) > Cd (0,084) > Pb (0,012) |
| | Zn (1,098) > Cd (0,8) > Cu (0,702) > Ni (0,472) > Pb (0,358) |
| Селитебная зона | |
| 2 | Cu (0,095) > Ni (0,073) > Zn (0,052) > Pb (0,047) > Cd (0,031) |
| | Cu (0,40) > Cd (0,369) > Ni (0,355) > Pb (0,335) > Zn (0,234) |
| 6 | Zn (0,312) > Ni (0,081) > Cu (0,069) > Cd (0,035) > Pb (0,018) |
| | Zn (1,11) > Ni (0,74) > Pb (0,533) > Cd (0,313) > Cu (0,287) |
| 7 | Zn (0,415) > Cd (0,228) > Cu (0,20) > Ni (0,168) > Pb (0,026) |
| | Cd (1,556) > Zn (1,176) > Cu (0,607) > Ni (0,458) > Pb (0,280) |
| Промышленная зона | |
| 1 | Zn (0,376) > Ni (0,177) > Cu (0,119) > Cd (0,045) > Pb (0,009) |
| | Zn (0,893) > Cu (0,405) > Ni (0,254) > Pb (0,230) > Cd (0,095) |
| 8 | Zn (0,701) > Cu (0,262) > Cd (0,054) > Pb (0,037) > Ni (0,029) |
| | Zn (3,227) > Cu (0,710) > Ni (0,449) > Cd (0,417) > Pb (0,207) |
| 9 | Zn (0,394) > Cd (0,102) > Ni (0,099) > Cu (0,092) > Pb (0,012) |
| | Zn (1,031) > Cu (0,451) > Ni (0,305) > Pb (0,276) > Cd (0,144) |

*В числителе — надземная масса; в знаменателе — корни.

Для сравнения степени накопления ТМ растениями в зависимости от мест обитания рассчитывали коэффициенты превышения минимального содержания элементов (рис. 1).

В среднем по функциональным зонам более высоким содержанием кадмия, как в надземных, так и в подземных органах выделяется селитебная зона; для остальных изучаемых элементов содержание характеризовалось следующим рядом: промышленная зона > селитебная зона > рекреационная зона.

Для выявления особенностей распределения микроэлементов по органам растений использовали акропетальный коэффициент (АК), определенный как отношение содержания в корневой системе к содержанию его в надземной фитомассе [6, 9]. Поступление микроэлементов в растения *Dáctylis glomeráta* протекает по акропетальному типу (табл. 3).

Содержание Cd, Zn, Pb, Cu, Ni в корнях более чем в 1, 4; 1,7; 5,6; 1,9; 1,4 раза соответственно превышало содержание этих элементов в надземной массе.

Максимальное превышение содержания Cd в корнях по сравнению с надземной массой выявлено на участке

2; Pb — на участке 6; Cu — на участке 9; Zn и Ni — на участке 8.

Универсальными показателями интенсивности биологического поглощения элементов в ландшафтах являются коэффициенты и ряды биологического поглощения. Коэффициент биологического поглощения (КБП) рассчитывали как отношение содержания элемента в золе растений к содержанию элемента в горной породе или почве, на которых произрастают данные растения [10] (табл. 4).

Растения *Dáctylis glomeráta* почти во всех функциональных зонах не проявили накопительной способности по отношению ко всем изучаемым элементам. Только на пятом, шестом, восьмом и девятом участках БПК по Zn и на седьмом по Cd превышали 1, что обусловлено, очевидно, повышенной миграцией этого элемента в растения при сложившихся сочетаниях других элементов.

Главным фактором, обеспечивающим нормальный рост, развитие и функционирование растений, является соблюдение правильного баланса химических составляющих в питательной среде и в самом растении. Всем растениям, в зависимости от их жизненного цикла, генотипических особенностей, их биохимического состава

| Элемент | Pb | Cd | Cu | Zn | Ni |
|---------|-------|------|-------|------|----|
| Pb | 1 | | | | |
| Cd | -0,46 | 1 | | | |
| Cu | -0,58 | 0,44 | 1 | | |
| Zn | 0,39 | 0,02 | 0,04 | 1 | |
| Ni | -0,22 | 0,59 | -0,15 | 0,23 | 1 |

Рис. 2. Корреляционная матрица взаимосвязи между микроэлементами при поступлении их в надземную часть *Dáctylis glomeráta*

| Элемент | Pb | Cd | Cu | Zn | Ni |
|---------|------|------|------|------|----|
| Pb | 1 | | | | |
| Cd | 0,04 | 1 | | | |
| Cu | 0,39 | 0,18 | 1 | | |
| Zn | 0,64 | 0,27 | 0,30 | 1 | |
| Ni | 0,62 | 0,35 | 0,31 | 0,94 | 1 |

Рис. 3. Корреляционная матрица взаимосвязи между микроэлементами при поступлении их в корни *Dáctylis glomeráta*

и окружающей среды, требуется определенное соотношение питательных элементов. Этот баланс имеет более важное значение, чем фактическая концентрация отдельных элементов в питательном растворе. Элементы, находящиеся в составе питательного раствора, могут вступать между собой в антагонистические и синергические взаимодействия [7].

Антагонизм между элементами возникает в том случае, если их общее участие в химических реакциях приводит к ухудшению действия одного из них. Корреляционный анализ позволил выявить среднюю обратную связь между содержанием для таких пар микроэлементов в надземной части *Dáctylis glomeráta* как Cd — Pb и Cu — Pb, коэффициенты корреляции составляли -0,46, -0,58 (рис. 2).

В отличие от антагонизма синергизм представляет собой комплексное действие элементов (двух или более), при котором достигается усиление их поступления в растения. В наших исследованиях явление синергиз-

ма при поступлении элементов в растения характерны, прежде всего, для корней (рис. 3). Средняя положительная связь характерна для таких пар как Zn — Pb и Ni — Pb, сильная — Ni — Zn.

Таким образом, накопление ТМ в *Dáctylis glomeráta* определяется, прежде всего видом элемента, его биофильностью. В фотосинтезирующих органах растений (надземная масса) накапливается существенно меньше ТМ по сравнению с корнями, что свидетельствует о наличии физиолого-биохимических барьеров при поступлении ТМ в растения. Учитывая биоэкологические особенности в накоплении ТМ нельзя рассматривать растения *Dáctylis glomeráta* в качестве фиторемедианта, но акропетальный характер распределения тяжелых металлов и низкая накопительная способность растений по отношению к ним даже в условиях повышенной антропогенной нагрузки позволяет рекомендовать *Dáctylis glomeráta* для асортимента растений, используемых в кормопроизводстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюцкий Н. П. Необходимые микроэлементы растений. — СПб.: Изд-во ДАЕН, 2005. — 256 с.
2. Бухарина И. Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография / И. Л. Бухарина, А. А. Двоглазова. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2010. — 184 с.
3. ГОСТ 30692–2000. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 10 с.
4. Грановский, Э. И. Современные методы определения тяжелых металлов и их применение для биологического мониторинга [Текст]: аналит. обзор / Э. И. Грановский, Б. А. Неменко. — Алма-Ата: [б. и.], 1990. — 96 с.

5. Ельчева И. О. Оценка уровня загрязнения почв города Истра: статья //И.О.Ельчева, В. М. Зубкова, А. В. Гапоненко. — Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. — 2018. — № 1. — 128с
6. Золотарева, Б. Н. Распределение и трансформация соединений тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) в экосистемах [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра физ.-мат.наук:03.00.16 / Б. Н. Золотарева. — М., 1994. — 54 с.
7. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. — Новосибирск: Наука, 1991. — 151 с
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
9. Никитина М. В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урбандшафтов г. Архангельска: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. хим. наук: 03.02.08/ М. В. Никитина. — Архангельск, 2011. — 22 с
10. Рылова Н. Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска): Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук: 03.00.16/ Н. Г. Рылова. — Ижевск, 2003. — 20 с.

© Ельчева Ирина Олеговна (elcheva-irina@mail.ru), Зубкова Валентина Михайловна (vmzubkova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



СИСТЕМНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ

SYSTEMATIC ANALYSIS
OF ECOLOGICAL TERM

A. Zorina

Summary. The article describes the features of practical application of system approach stages and principles on the example of ecological "body weight" term study. The new definition of the concept was formulated in accordance with the stated goal: to ensure the health or normal life and reproduction of the individual. The authors present their own definition of the term: body weight — a specific quantitative indicator of organism health, the variability of which is determined by its physiological state and the stage of ontogenesis. A theoretical model of the investigated system is presented in the form of a flowchart.

Keywords: ecology, scientific knowledge, methodology, system approach, flowchart, body weight.

Зорина Анастасия Александровна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Петрозаводский
государственный университет», г. Петрозаводск
zor-nastya@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности практического применения этапов и принципов системного подхода на примере исследования экологического термина «масса тела». Новая дефиниция понятия формулировалась в соответствии с заявленной целью: обеспечение здоровья или нормальной жизнедеятельности и воспроизводства особи. Представлено собственное определение термина: масса тела особи — видовой количественный показатель здоровья организма, изменчивость которого определяется его физиологическим состоянием и стадией онтогенеза. В виде блок-схемы представлена теоретическая модель исследованной системы.

Ключевые слова: экология, научное познание, методология, системный подход, блок-схема, масса тела.

Введение

В настоящее время экология трактуется как наука о закономерностях, а отсутствие общей теории свидетельствует и об отсутствии фундаментальных законов [3, 8, 9]. Одно из возможных решений теоретической неопределенности в экологии — это смена идеологии и методологии научного познания (на которых основаны «типичные» естественные науки, такие как физика, химия, математика), когда значимость абстрактных конструкций будет определяться целями конкретного исследования.

Смена научного познания за счет совместного использования формальной и диалектической логики основана на общенаучной методологии системного подхода («прикладной диалектики» или «диалектической логики»). Этапы и принципы системного подхода используются от начальных стадий исследования до построения точных количественных моделей, при выявлении частных закономерностей [5, 6] и для теоретических построений экологии [2, 4, 5].

Системный подход направлен на осознание и оптимизацию процесса познания. Для наглядности в качестве системы используем экологический термин — «масса тела». Цель статьи — показать результативность системного исследования простого экологического понятия, методологию использования системного подхода для теоретических построений экологии.

Методология

Методология системного подхода основана на семи принципах или «приемов рационального мышления» [5]:

1. принцип системности отмечает возможность исследования объекта как системы и проведения ее декомпозиции;
2. пр. целесообразности подчеркивает значимость определения цели анализа — «Для чего проводим исследование?»;
3. пр. эмерджентности свидетельствует о наличии системных свойств, требующих исследования;
4. пр. структурно-функциональной организации позволяет объяснить, как происходит взаимодействие элементов и формируется эмерджентная функция;
5. пр. иерархичности определяет количество уровней при исследовании системы;
6. пр. целостности отмечает зависимость частей от целого;
7. пр. историзма рассматривает историю становления объекта.

Более того, диалектическая логика включает четыре этапа познания [5]: 1.— положение или тезис (объект, в частности термин, определяется в первом приближении и в результате формируется его первая дефиниция); 2.— анализ или отрицание (проводится декомпозиция понятия, которое исследуется во всех своих проявлениях — частях, связях, этапах, функциях; результат — на-

копление информации); 3.— синтез или отрицание отрицания (все разрозненные знания о понятии сводятся в единую (динамическую) систему; результат — агрегация данных и модель понятия); 4.— апробация и отбор (сопоставление знаний с реальностью, проверка идей и моделей на практике; результат — решение проблемы, формулировка более полной дефиниции).

Системное исследование экологического понятия «масса тела» включает последовательное применение четырех этапов познания на основе семи принципов рационального мышления. Задача заключается не в создании новой дефиниции понятия, а в реализации теоретической методологии системного подхода на практике.

Системное исследование экологического понятия

1. Положение (тезис):

а. Термин для рассмотрения — «масса тела».

В соответствии с принципом системности любой объект природы можно рассматривать как систему (единство взаимосвязанных элементов). Остальные системные принципы показывают путь и этапы создания системного описания, предписывают эффективные алгоритмы моделирования. На данном этапе четко определяем объект исследования.

б. Объект исследования — «конкурентоспособность особи».

в. Цель (системная функция) — обеспечение здоровья (нормальной жизнедеятельности и воспроизводства) особи.

Границы, содержание и поведение системы определяются целью (принцип целесообразности). Система (термин) ограничивается выполняемой функцией, которая внешне выглядит как цель. Функция предписывает системе определенное строение и динамику (организацию). В состав термина включаются только те компоненты, которые на взгляд исследователя осуществляют системную функцию.

2. Анализ (отрицание):

Декомпозиция основана на двух принципах системного подхода — структурно-функциональной организации и иерархичности:

1). Выделяем ключевые слова — первичное выделение элементов системы. Пытаемся определить число уровней описания системы (не меньше трех).

2). Разделяем понятия на структурные и динамические. Статическая компонента (элемент, поток) имеет единицы измерения (экз., шт., кг, см, °С.) — это особь, популяция, пища и т.д. Динамическая компонента (связь, функции) — это факт воздействия на элемент, процесс преобразования потока. Она безразмерна, но по отношению ко времени оценивается единицами пропускной способности, скорости (что-то/час): растет, отравляет...

3). Составляем ТДСК — таблицу декомпозиции статических (структурных) компонент (элементов). Проводим деление понятий до предела их элементарности или до выхода за рамки поставленной цели. При этом используем три способа декомпозиции — в пространстве, во времени и по статусу. Элементы одного уровня взаимодействуют непосредственно.

4). Составляем ТДДК — таблицу декомпозиции динамических компонент (связей) как совокупность блоков ЭСЭ=ЭПЭ=ЭФЭ (элемент — связь (процесс, поток, функция) — элемент): «донор–воздействие–акцептор» или «поток–переработка–поток». Элементы одного уровня взаимодействуют непосредственно (за исключением сложных размытых понятий, которые негласно присутствуют на каждом уровне, например, биоразнообразие). То есть, в ТДДК устанавливаются связи между компонентами только в пределах одного уровня.

Проведем декомпозицию статических компонент (ТДСК) нашего понятия, где укажем языки описания и единицы измерения (табл. 1).

Проведем декомпозицию динамических компонент (ТДДК). Из-за большого количества компонент в ТДСК для ТДДК сократим описание третьего уровня иерархии (табл. 2).

Конкретизацию связей из ТДДК рассмотрим на количественных примерах из литературы по следующему плану:

1. Указывается зависимость (в соответствии с ТДДК) «элемент — связь — элемент».
2. Отмечается тенденция изменения параметров друг относительно друга в соответствии с таблицей ФОР для динамических компонент (ФОР: фактор → объект (процесс в объекте) → признак). Составляется ФОР–таблица как множество частных, элементарных реализаций связи, представленной в ТДДК (фактор → элемент → признак; причина → объект=детерминант → следствие; ресурс → производитель → продукт; сигнал → реципиент → реакция). Блоки ФОР, представленные количественно, — это готовый шаблон для расчета коэффициентов корреляции или уравнений

Таблица 1. ТДСК термина «масса тела»*

| Ур1 | Ур2 | Ур3 |
|--|---|---|
| Конку-рентоспособность особи1 (Nэмб., экз) | Масса тела особи (m , г.) | Масса печени (m_h , г.), почек (m_r , г.), сердца (m_c , г.), желудочно-кишечного тракта ($m_{жкт}$, г.) и т.д. |
| | Морфометрия (L : мм, см, м) | Длина тела (L : мм, см, м), хвоста (L_c : мм, см, м), стопы (L_p : мм, см), уха (L_a : мм, см), бедра (F : мм, см) и т.д. |
| | Видовая принадлежность (s, U, C, H) | Особь 1, 2 и т.д. (n, N , экз., шт.) |
| | Онтогенез (стадия) | возраст (кол-во лет), зрелость / половозрелость (стадия) |
| | Физиологическое состояние особи (t_m , °C; пульс, уд/мин; кровяное давление, мм рт. ст.; т.д.) | Пол (♀ или ♂), питание (степень насыщения,%; $m_{жкт}$, г.), стрессовое состояние (пульс, уд/мин; кровяное давление, мм рт. ст.; резорбция эмбрионов, экз; и т.д.), и т.д. |
| Экологические факторы | Климатические (t , °C; освещенность, люкс; влажность, г/л,%; P — давление, Па; и т.д.), Химические ($m_{в-ва}$, г;%), Физические (S территории, км), Биологические (N, U, C, H, p и т.д.), Атропогенные ($m_{в-ва}$, кг, тонны;%; LD_{50} ; LCt_{50} и т.д.) | |
| Конкурентоспособность особи2 ... | | |

*Примечание: n — номер особи, N — количество особей, экз., шт., s — число видов на территории, U — мера разнообразия видов, C — мера сходства видовых списков территорий; коэффициент общности Сьёренсена; коэффициент Жаккара, H — индекс Шеннона; индекс видового богатства, p — индекс доминирования; t_m — температура тела особи, °C, LD_{50} — средняя доза вещества, вызывающая гибель половины членов испытываемой группы; LCt_{50} — сравнительные измерения, которые показывают соотношение смертельной дозы вещества к массе тела.

Таблица 2. ТДДК термина «масса тела»

| Ур1 | Ур2 | Ур3* |
|---|---|---|
| Особь1—производит—плодовитоопотомство, особь1—доминирует над (вытесняет) — особь2 | Морфометрия особи — влияет на — ее массу, Видовая принадлежность — влияет на — массу тела особи, Стадия онтогенеза — определяет — массу тела особи, Физиологическое состояние особи — влияет на — массу ее тела, Экологические факторы — влияют на — массу тела особи | Возраст — влияет на — длину тела, Питание — влияет на — массу желудочно-кишечного тракта, и т.д. |
| | Видовая принадлежность — влияет на — морфометрию особи, Стадия онтогенеза — определяет — морфометрию особи, Физиологическое состояние особи — влияет на — ее морфометрию, Экологические факторы — влияют на — морфометрию особи | |
| | Морфометрия особи — влияет на — ее физиологическое состояние, Масса тела особи — влияет на — ее физиологическое состояние, Стадия онтогенеза — определяет — физиологическое состояние особи, Экологические факторы — влияют на — физиологическое состояние особи | |
| | Видовая принадлежность — влияет на — онтогенез особи | |

*Примечание: описаны связи, необходимые для дальнейшего исследования

Таблица 3

| Фактор (масса тела особи, кг) | Процесс в Объекте | Признак (площадь индивидуального участка, га) |
|-------------------------------|-------------------|---|
| 0.08 | влияет на | 10 |
| 1 | | 100 |
| 7 | | 1000 |
| 90 | | 10000 |

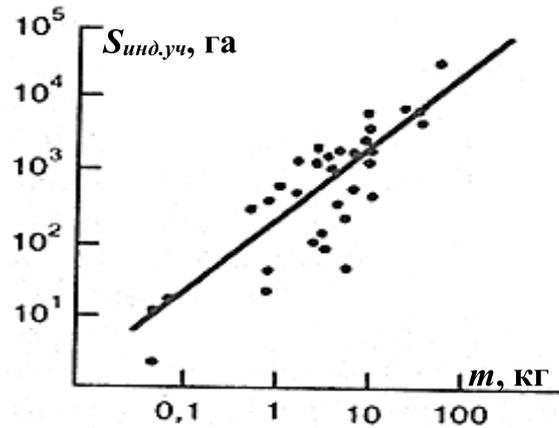


Рис. 1. Зависимость площади участка обитания от массы тела у хищных млекопитающих [1]

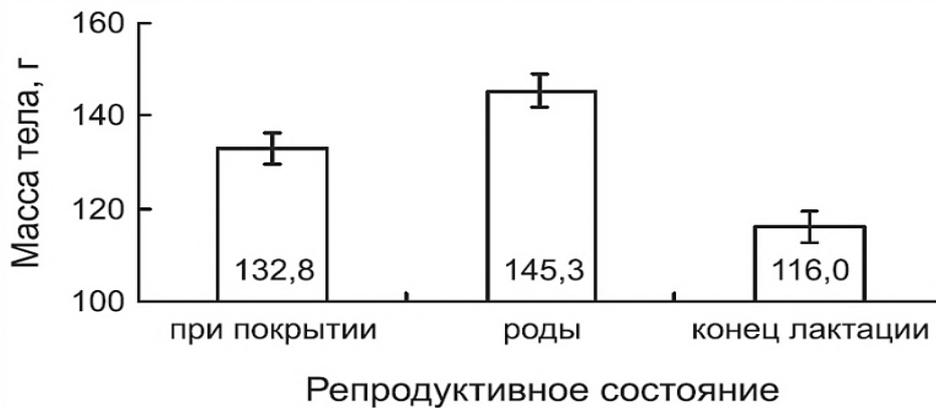


Рис. 2. Изменение массы тела самок водяной полевки на разных фазах репродуктивного цикла [7]

регрессии тех зависимостей, на основе которых строится блок-схема.

3. Предоставляется сам график (диаграмма) в соответствии с ФОР.
4. Объясняется зависимость в виде краткого вывода или заключения.

Диаграммы зависимостей или реализация связей ТДК представлены на трех примерах из литературы для разных уровней иерархии.

Пример 1.

1. Связь из ТДК: особь1 → доминирует над (вытесняет) → особь2 (ур.1)
2. Таблица ФОР (в дальнейшем таблицу ФОР будем пропускать, т.к. ее данные отражены на диаграмме (таблица 3)).
3. Диаграмма в соответствии с ФОР (рис. 1).
4. Вывод: чем больше масса тела, тем выше конкурентоспособность особи, что в конкретном случае

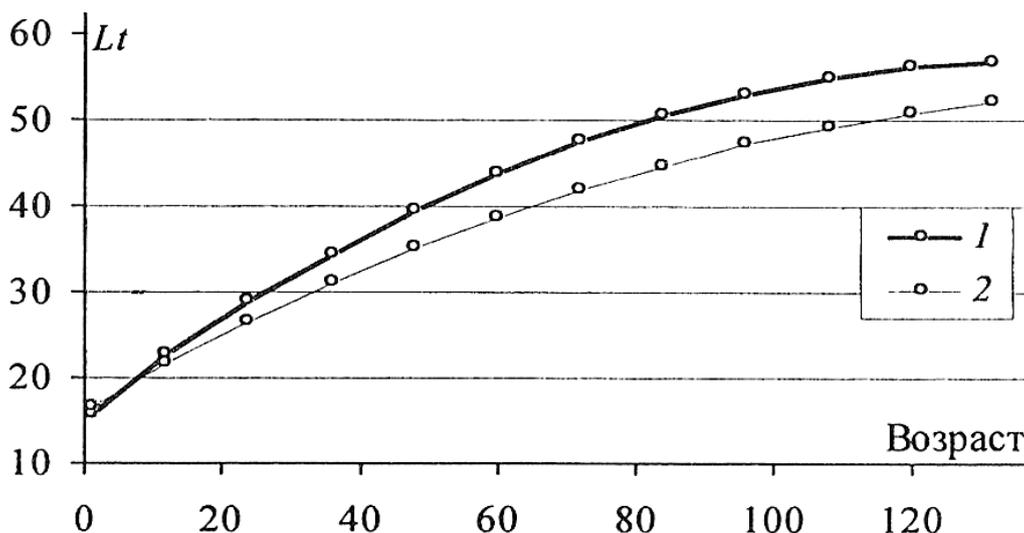


Рис. 3. Динамика увеличения размеров тела (Lt, см) самок (1) и самцов (2) гадюки; возраст выражен в месяцах [6]

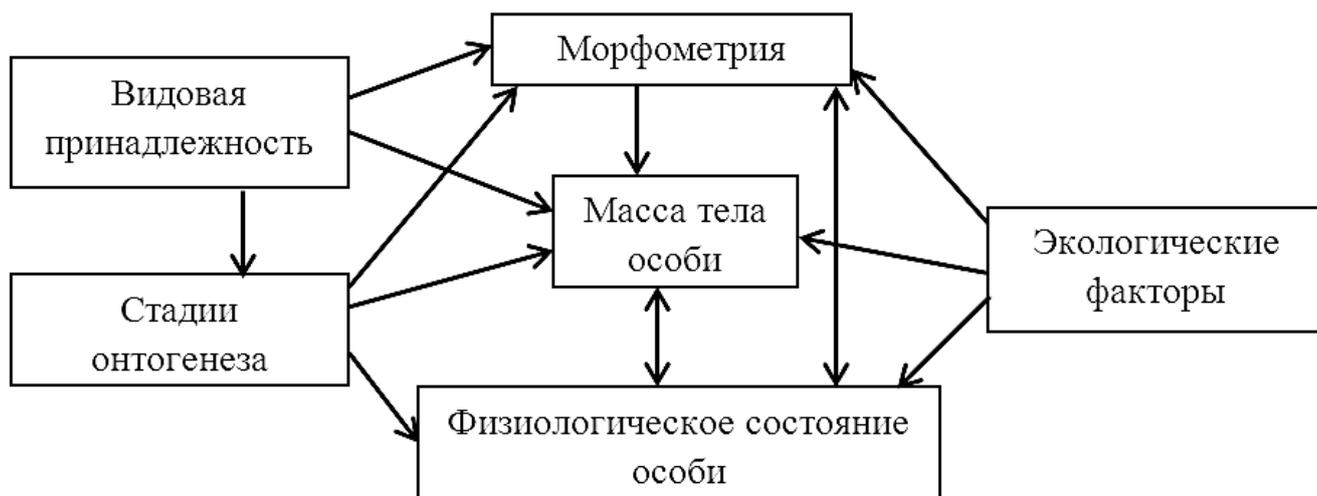


Рис. 4. Рабочий вариант блок-схемы термина «масса тела»

проявляется в увеличении размера индивидуального участка млекопитающего.

Пример II.

Связь из ТДДК: Физиологическое состояние особи (репродуктивное состояние) → влияет на → массу ее тела (ур.2). Данные таблицы ФОП отражены на диаграмме (рис. 2).

Вывод: на массу тела особи влияет ее репродуктивное состояние, что, в частности, у водяной полевки связано с изменением массы их жировых депо [7].

Пример III:

Связь из ТДДК: Возраст → влияет на → длину тела (ур.3). Данные таблицы ФОП отражены на диаграмме (рис. 3).

Вывод: зависимость длины тела от возраста описывается степенной функцией: с возрастом увеличение длины тела животных замедляется.

3. Синтез (отрицание отрицания):

Формируется блок-схема для термина по всем названным связям.

С системных позиций развитие (принцип историзма) проявляется в дифференциации системы (усложнение организации: рост числа элементов и связей) и в усилении ее интеграции (структурирование: усиление взаимозависимости частей системы, ведущее к усилению эмерджентных качеств). В блок-схеме устанавливаются связи между элементами одного уровня, элементы разных уровней смешиваются только для сложных экологических понятий. Представим блок-схему термина «масса тела» (рис. 4) по всем названным связям в соответствии с таблицами декомпозиции (табл. 1, 2).

Приведем пример новой, собственной дефиниции термина на основе блок-схемы термина: масса тела особи — видовое количественное свойство организма, изменчивость которого определяется его морфометрическими показателями, физиологическим состоянием, стадией онтогенеза и влиянием экологических факторов среды.

4. Апробация (факт, практика):

С учетом того, что экологические факторы влияют на массу тела опосредованно через изменение физиологического состояния особи, а изменение морфометрических характеристик связано изо- или алло- метрическими зависимостями с весом тела в процессе развития организма, то пример более точной дефиниции термина можно сформулировать следующим образом:

Масса тела особи — видовой количественный показатель здоровья организма, изменчивость которого определяется его физиологическим состоянием и стадией онтогенеза.

Заключение и выводы

Практика указывает на принципиальную неполноту любого знания. Завершение исследования есть начало нового его этапа. Изучение системы можно продолжать бесконечно, и в то же время завершение исследования определяется его целью. Принцип целесообразности позволяет сформулировать промежуточные выводы по нашему исследованию:

1. Практическое использование этапов и принципов системного подхода рассмотрено на примере простого эколого-биологического понятия «масса тела»;

2. В соответствии с поставленной целью сформулировано новое определение термина: масса тела особи — видовой количественный показатель здоровья организма, изменчивость которого определяется его физиологическим состоянием и стадией онтогенеза.

3. Теоретическая модель системы «масса тела» представлена в виде блок-схемы для дальнейшей более точной фактической ее апробации с помощью количественных построений в экологических исследованиях.

Благодарности

Автор благодарит Андрея Викторовича Коросова, доктора биологических наук, профессора кафедры зоологии и экологии ПетрГУ за помощь в теоретической проработке материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиляров А. М. Популяционная экология: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГУ. — 1990. — 191 с.
2. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. — М.: Мир. — 1981. — 256 с.
3. Ивантер Э.В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Учебное пособие для студентов биологические специальности. — Петрозаводск: ПетрГУ. — 2003. — 302 с.
4. Колесников Л. А. Основы теории системного подхода. — Киев: Наук. Думка. — 1988. — 171 с.
5. Коросов А. В. Имитационное моделирование в среде MS Excel (на примерах из экологии). — Петрозаводск: ПетрГУ. — 2002. — 212 с.
6. Коросов А. В. Экология обыкновенной гадюки (*Vipera berus* L.) на Севере (факты и модели). — Петрозаводск: ПетрГУ. — 2010. — 264 с.
7. Назарова Г.Г., Евсиков В. И. Эволюционная экология плодовитости животных: адаптивные возможности потомков предопределяются условиями их пренатального развития (на примере водяной полевки, *Arvicola terrestris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 15. № 3. — 2011. — С. 485–492.
8. Розенберг Г.С. О путях построения теоретической экологии // Успехи современной биологии. Т. 125. № 1. — 2005. — С. 14–27.
9. Турчин П. В. Есть ли общие законы в популяционной экологии? // Журнал общей биологии. Т. 63. № 1. — 2002. — С. 3–14.

© Зорина Анастасия Александровна (zor-nastya@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АССОЦИАЦИЯ ПОЛИМОРФИЗМОВ –262 С>Т ГЕНА САТ И G/A ГЕНА PDE7B С РИСКОМ МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ

ASSOCIATION OF POLYMORPHISMS –262 C >T OF CAT GENE AND G/A OF PDE7B GENE WITH THE RISK OF MALE INFERTILITY

**G. Myandina
H. Alhejoi
N. Kulchenko**

Summary. The paper studies the effect of polymorphisms –262 C >T of cat catalase gene and g/a of pde7b phosphodiesterase gene on the development of pathospermia among infertile men in the Moscow region. Infertility affects 10–15% of couples worldwide and in 50% of cases is caused by fertility disorders in men [1]. Despite significant advances in reproductive technologies and diagnostic methods, the etiology of 50% of male infertility cases remains unknown. Since more than 2,300 genes are involved in spermatogenesis, polymorphisms in many as yet unidentified genes may affect sperm quality and male reproductive function. In this article, a study was conducted in which 138 men participated. During the study, a genetic analysis of DNA isolated from the peripheral blood leukocytes of infertile and fertile men was carried out. All DNA samples studied for the presence of polymorphisms using the methods of polymerase chain reaction (PCR) of DNA synthesis in real time (Real-Time-PCR). Ready-made sets for polymorphism determination were used for PCR ("Sintol" company).

Keywords: male infertility, genetic factor, gene CAT, PDE7B, polymorphism.

Мяндина Галина Ивановна

Д.б.н., профессор, Российский университет дружбы народов
myandina_gi@pfur.ru

Альхеджой Хасан Мохаммад Хасан

Аспирант, Российский университет дружбы народов
alhejoj_hasan@mail.ru

Кульченко Нина Геннадиевна

К.м.н., врач уролог, врач ультразвуковой диагностики, старший преподаватель, Российский университет дружбы народов
kle_kni@mail.ru

Аннотация. В данной статье изучено влияние полиморфизмов –262 С >Т гена каталазы САТ и G/A гена фосфодиэстеразы PDE7B на развитие патоспермии среди бесплодных мужчин Московского региона. Бесплодие поражает 10–15% пар во всем мире и в 50% случаев обусловлено нарушением фертильности у мужчин [1]. Несмотря на значительные успехи в репродуктивных технологиях и диагностических методах, этиология 50% случаев мужского бесплодия остается неизвестной. Поскольку в сперматогенезе участвуют более 2300 генов, полиморфизмы многих, еще не идентифицированных генов, могут влиять на качество спермы и репродуктивную функцию мужчин. В данной статье проведено исследование, в котором приняли участие 138 мужчин. В ходе исследования был проведен генетический анализ ДНК, выделенной из лейкоцитов периферической крови бесплодных и фертильных мужчин. Все образцы ДНК изучали на наличие полиморфизмов с использованием методов полимеразной цепной реакции (ПЦР) синтеза ДНК в режиме реального времени (Real-Time-PCR). Для ПЦР использовали готовые наборы для определения полиморфизмов (компания «Синтол»).

Ключевые слова: мужское бесплодие, генетические факторы, ген САТ, PDE7B, полиморфизм, патоспермия.

По оценкам, бесплодие влияет на 10–15% пар, в 50% случаев обусловлено нарушением фертильности у мужчин [1]. Несмотря на значительные успехи в репродуктивных технологиях и диагностических методах, этиология около 50% случаев мужского бесплодия остается неизвестной [2]. Было высказано предположение, что генетические факторы определяют 15–30% случаев бесплодия среди мужчин [3]. Доказанные генетические факторы, связанные с мужским бесплодием, включают микроделеции Y-хромосомы, хромосомные или моногенные нарушения, мутации митохондриальной ДНК, нарушения импринтинга или эндокринные нарушения генетического происхождения [4]. Нарушение сперматогенеза является наиболее распространенной формой мужского бесплодия, и многие генетические факторы участвуют в нарушении сперматогенеза как ключевого этапа репродуктивной функции мужчин [4, 5].

Реактивные формы кислорода (ROS) представляют собой свободные радикалы, имеющие, по меньшей мере, один неспаренный электрон и включают молекулы, такие как гидроксильный ион (OH), супероксидный ион (O₂), пероксидный радикал (RO₂) или перекись водорода (H₂O₂). ROS происходят из клеточных реакций в качестве побочных продуктов метаболизма кислорода и обычно нейтрализуются гомеостатической антиоксидантной системой. ROS, присутствующие в семенной плазме, могут происходить как из эндогенных, так и из экзогенных источников; эндогенные источники могут быть получены из-за большого числа лейкоцитов в семенной плазме и переизбытка незрелых сперматозоидов (сперматозоидов с остаточной цитоплазмой) в эякуляте пациентов с варикоцеле [17, 18]. ROS в семенной плазме может также происходить из экзогенных источников, таких как воздействие ионизирующего из-

лучения, цитотоксинов или вредных привычек, включая курение сигарет или чрезмерное потребление алкоголя [19].

Присутствие ROS в семенной плазме обычно сбалансировано с помощью гомеостатических антиоксидантных систем, которые обеспечивают соответствующий уровень ROS, необходимый для нормальных физиологических процессов, таких как гиперактивация, акросомная реакция и слияние сперматозоидов. В некоторых случаях может возникнуть несбалансированный потенциал REDOX (окислительно-восстановительный потенциал, мера окислительного стресса, определяемая как все известные и неизвестные доноры окислительного стресса) из-за повышенного содержания ROS, которое превышает способность противостоять антиоксидантным системам. В таких условиях высокие уровни ROS в семенной плазме могут не только вызывать повреждение сперматозоидов, но также перекисное окисление липидов, снижение текучести мембран и апоптоз [20, 21].

Когда гомеостаз между генерацией и устранением ROS нарушается, реактивные молекулы могут привести к повреждению ДНК [6], поэтому погашение избытка ROS является обязательным условием для нормального сперматогенеза и оплодотворения. Повреждение ДНК в сперматозоидах, по-видимому, связано с уменьшением скорости оплодотворения, нарушением преимплантации и увеличением частоты выкидышей и заболеваемости у потомства [7–13].

Ферментативные антиоксидантные системы в семенной плазме представляют собой группу ферментов, которые включают супероксиддисмутазу марганца (SOD2), каталазу (CAT), глутатионпероксидазу 1 (GPX1) и глутатион-S-трансферазу (GST) [22]. SOD2 представляет собой фермент, который катализирует детоксикацию супероксидных радикалов в митохондриях [23]. CAT способен детоксифицировать H_2O_2 , превращая его в H_2O и O_2 [25]. Фермент GPX1 связан с конечным переносчиком электронов и нейтрализует пероксидные радикалы в H_2O , тогда как GST катализирует конъюгацию глутатиона с токсическими метаболитами и радикалами экзогенных повреждающих веществ, причем глутатион нейтрализует их токсичность [26].

В исследованиях М.В. Быковой с соавт. (2008) было установлено, что у русских мужчин с патоспермией происходит интенсификация процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) как в семенной плазме, так и в спермиях по сравнению с нормозооспермией [27]. Патоспермия сопровождается снижением активности большинства антиоксидантных ферментов (каталазы, глутатионпероксидазы, глутатион-S-трансферазы) и уменьшением содержанием восстановленного глута-

тиона в спермиях и семенной плазме на фоне повышения активности супероксиддисмутазы.

Фермент CAT, локализован в хромосоме 11p13 и является основным ферментом при детоксикации H_2O_2 до H_2O . Полиморфизмный локус $-262C>T$ (rs1001179) находится в области промотора гена CAT и влияет на уровень экспрессии гена CAT и активность фермента [31]. Перекись водорода H_2O_2 вызывает перекисное окисление липидов, что сопровождается снижением текучести мембраны, которое приводит к снижению подвижности сперматозоидов [28]. Было показано, что семенная плазма бесплодных пациентов имеет более высокую концентрацию H_2O_2 и более низкую активность CAT, чем у здоровых мужчин [29]. Недавние исследования также показали, что внешняя добавка с CAT к криоконсервирующей сперме улучшает подвижность и жизнеспособность сперматозоидов [30].

Циклические нуклеотидные фосфодиэстеразы (PDE) — это суперсемейство ферментов, которое разделяется на 11 семейств (PDE1–11), которые играют ключевую роль в метаболизме циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) и циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ). PDE функционируют совместно с аденилатциклазами (АЦ) и гуанилатциклазами (ГЦ) в регуляции амплитуды и продолжительности внутриклеточных сигнальных механизмов, опосредованных через цАМФ и цГМФ. Как было показано в работе Dimitriadis, F.D. et al. (2008), увеличение уровня внутрицитозольного цАМФ приводит к повышению подвижности и жизнеспособности сперматозоидов. Стимуляции цГМФ низкими дозами оксида азота (NO) приводит к улучшению или поддержанию подвижности сперматозоидов, тогда как более высокие концентрации оказывают неблагоприятное влияние на параметры сперматозоидов [14]. В литературе отсутствуют данные, указывающие на влияние полиморфизма G/A (rs7774640) гена PDE7B на мужскую фертильность, однако, учитывая важную роль этого фермента в регуляции внутриклеточных сигнальных механизмов и инактивировании протеин киназы А, представляется весьма вероятной ее роль в регуляции сперматогенеза.

Цель исследования: изучить влияние полиморфизмов $-262C>T$ гена каталазы CAT T (rs1001179) и G/A гена фосфодиэстеразы PDE7B (rs7774640) на развитие патоспермии среди бесплодных мужчин Московского региона.

Материалы и методы

Для решения поставленных перед научным исследованием задач, было обследовано 138 человек из них 70 больных (1-я группа) с патоспермией (средний возраст 30 ± 2) и 68 (2-я группа) фертильных мужчин (средний

Таблица 1. Распределение частот генов и генотипов (CAT C262T и PDE7B G/A) среди пациентов с бесплодием и фертильных мужчин

| SNP | Генотип | Инфертильные % (n) | Контроль % (n) | χ^2 | Odd ratio | 95% ДИ | Значение P |
|---------|----------|--------------------|----------------|----------|-----------|-----------|------------|
| | CC | 0.5 (35) | 0.69 (47) | | | | |
| CAT C\T | CT | 0.4 (28) | 0.28 (19) | 6.2296 | 4.7 | 3.06–6.33 | 0.044 |
| | TT | 0.10 (7) | 0.02 (2) | | | | |
| | CT+TT | 0.50 (35) | 0.30 (21) | 5.2282 | 2.23 | 1.54–2.93 | 0.022 |
| | Аллель C | 0.70 | 0.83 | | | | |
| | Аллель T | 0.30 | 0.17 | 4.700 | 2.09 | 1.41–2.76 | 0.030 |
| PDE7b | GG | 0.39 (27) | 0.46 (31) | | | | |
| | GA | 0.42 (30) | 0.43 (29) | 1.45 | 1.86 | 0.84–2.88 | 0.483 |
| | AA | 0.19 (13) | 0.11 (8) | | | | |
| | GA+AA | 0.61 (43) | 0.54 (37) | 0.69 | 1.33 | 0.65–2.01 | 0.40 |
| | Аллель G | 0.60 | 0.67 | | | | |
| | Аллель A | 0.40 | 0.33 | 1.0570 | 1.35 | 0.77–1.93 | 0.303 |

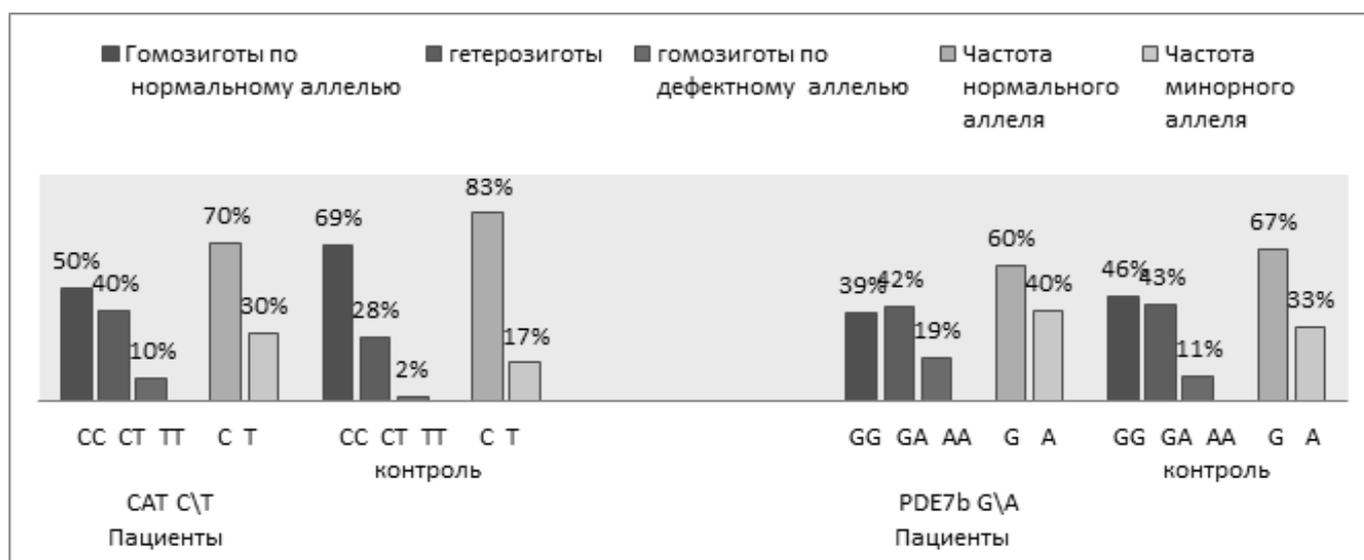


Рис. 1. Выраженность частот генотипов и аллелей генов CAT и PDE7B у пациентов с патоспермией и фертильных мужчин

возраст 29± 4). В исследуемую группу включали пациентов, репродуктивная состоятельность жен которых была подтверждена клинически.

В качестве ДНК-матрицы использовали геномную ДНК, полученную из лейкоцитов крови с использованием набора «ДНК-ЭКСТРАН-1-кровь» производства ООО «Синтол» (Россия). Образцы ДНК изучали на наличие полиморфизмов с использованием методов полимеразной цепной реакции (ПЦР) синтеза ДНК в режиме реального времени (Real-Time-PCR). Для ПЦР использовали готовые наборы для определения полиморфизмов

(компания «Синтол»). ПЦР выполнили на амплификаторе CFX96 (Bio-Rad) с программным обеспечением CFX Manager™.

Сравнение частот встречаемости аллелей исследуемых SNP в популяциях проводили с помощью критерия χ^2 , OR (отношение шансов), 95% ДИ (доверительный интервал) и программы Statistica 6.0. тест на соответствие распределения генотипов в выборках равновесию Харди-Вайнберга — с использованием точного критерия (Exact test). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Гомозиготный генотип 262CC обнаружен у 35 больных, что составляет 50%; гетерозиготный генотип 262CT зарегистрирован у 28 пациентов, что составляет 40%; у 7 пациентов выявлен генотип 262TT, что составляет 10%. Частота носителей аллеля 262T (генотипы СТ+ТТ) в исследуемой группе пациентов с патоспермией составляет 0.50, в группе фертильных мужчин — 0.30 ($p=0.022$).

Анализ распределения частоты минорного аллеля 262T гена CAT среди пациентов с патоспермией и в контрольной группе составляет 0.30 и 0.17, соответственно ($p=0.044$).

Для полиморфизма A/G гена PDE7B частота гомозигот GG в группе мужчин с патоспермией составляет 39%; гетерозиготы PDE7B GA выявлены в 42%; частота гомозигот AA составила 19%. В группе фертильных мужчин частоты генотипов GG, GA и AA составили 0.46, 0.41 и 0.11, соответственно ($p=0.48$). Частоты носителей генотипов (GA+AA) среди бесплодных мужчин составляет 0.61, среди фертильных — 0.54 ($p=0.40$). Среди пациентов с патоспермией и мужчин контрольной группы частота аллельного варианта **A** гена PDE7B составляет 0.40 и 0.33, соответственно ($p>0.05$). Распределение частот генов и генотипов (CAT C262T и PDE7b G/A) среди пациентов с бесплодием и фертильных мужчин Московского региона представлено в таблице 1 и на рис. 1.

Обсуждение и выводы

Каталаза (CAT), ключевой фермент для выведения H_2O_2 , совместно с супероксидом дисмутаза (SOD) и глутатионпероксидазой (GPX), составляет основную ферментативную антиоксидантную систему. Фермент каталаза играет важную роль в семенной антиоксидантной защите и присутствует в семенной плазме в высоких концентрациях. Низкие концентрации фермента каталазы в семенной плазме связаны с мужским бесплодием [6]

Согласно базе данных <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/?term=CAT>, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/?term=PDE7B> частоты аллеля 262T CAT по Global MAF составляют 0.85–0.1, частоты аллеля A PDE7B составляют 0.64–0.35 в разных популяциях. В наших исследованиях частоты аллелей 262T и A PDE7B в группе фертильных

мужчин составляет 17% и 33%, что согласуется с частотами этих аллелей по Global MAF. Распределения генотипов CC, CT, TT, GG, GA и AA в контрольной группе фертильных мужчин составляет 69%; 28%, 2%, 46%, 43%, и 11%, и соответствует равновесию Харди-Вайнберга

Исследования роли полиморфизма 262T гена CAT (rs1001179) в развитии патоспермии показали, что распределение генотипов гена CAT C262T среди мужчин с патоспермией статистически значимо отличалось от распределения частот генотипов в группе фертильных мужчин ($p=0.044$). Частота носителей аллеля 262T в группе бесплодных мужчин с патоспермией почти в полтора раза выше, чем в группе фертильных мужчин и составляет 0.30 и 0.17, что статистически достоверно значимо ($p=0.03$). Результаты нашей работы согласуются с результатами исследований, проведенных другими авторами в испанской и австрийской популяциях [15, 16].

В литературе нет данных указывающих на влияние полиморфизма G/A (rs7774640) гена PDE7B на мужскую фертильность. Исследования полиморфизм G/A (rs7774640) гена PDE7B в Российской Федерации не проводились. Представляется весьма актуальным изучение ассоциации данного полиморфизма с развитием патоспермии среди мужчин московского региона. Анализ частот генов и генотипов по полиморфному локусу G/A гена PDE7B(rs7774640) не выявил статистически значимых различий среди пациентов с патоспермией и фертильных мужчин ($p>0.05$). возможно, исследования роли полиморфизма G/A гена PDE7B(rs7774640) следует провести на большей выборке пациентов с патоспермией.

Заключение

Аллель –262T гена каталазы CAT может рассматриваться как генетический фактор риска развития патоспермии у мужчин с бесплодием. Не выявлена ассоциация полиморфизма G/A гена фосфодиэстеразы PDE7B с развитием патоспермии у мужчин с бесплодием.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Информация о финансировании. Публикация подготовлена при поддержке Программы РУДН «5–100».

ЛИТЕРАТУРА

1. Lu C, Zhang J, Li Y, Xia Y, Zhang F, Wu B, et al. The b2/b3 subdeletion shows higher risk of spermatogenic failure and higher frequency of complete AZFc deletion than the gr/gr subdeletion in a Chinese population. *Hum Mol Genet.* 2009;18(6):1122–30.
2. Patrizio P, Leonard DG, Chen KL, Hernandez-Ayup S, Trounson AO. Larger trinucleotide repeat size in the androgen receptor gene of infertile men with extremely severe oligozoospermia. *J Androl.* 2001;22(3):444–8.

3. Ferlin A, Raicu F, Gatta V, Zuccarello D, Palka G, Foresta C. Male infertility: role of genetic background. *Reprod BioMed Online*. 2007;14(6):734–45.
4. Shamsi MB, Kumar K, Dada R. Genetic and epigenetic factors: Role in male infertility. *Indian J Urol IUU J Urol Soc India*. 2011;27(1): 110–20.
5. Chen H, Pu XY, Zhang RP, A ZC. Association of common SNP rs1136410 in PARP1 gene with the susceptibility to male infertility with oligospermia. *J Assist Reprod Genet*. 2014.
6. De Lamirande, E.; Gagnon, C. Human sperm hyperactivation and capacitation as parts of an oxidative process. *Free Radic. Biol. Med.* 14:157–166; 1993.
7. Borini, A.; Tarozzi, N.; Bizzaro, D.; Bonu, M. A.; Fava, L.; Flamigni, C.; Coticchio, G. Sperm DNA fragmentation: paternal effect on early post-implantation embryo development in ART. *Hum. Reprod.* 21:2876–2881; 2006.
8. Lewis, S. E.; Aitken, R. J. DNA damage to spermatozoa has impacts on fertilization and pregnancy. *Cell Tissue Res*. 322:33–41; 2005.
9. Carrell, D. T.; Liu, L.; Peterson, C. M.; Jones, K. P.; Hatasaka, H. H.; Erickson, L.; Campbell, B. Sperm DNA fragmentation is increased in couples with unexplained recurrent pregnancy loss. *Arch. Androl.* 49:49–55; 2003.
10. Seli, E.; Gardner, D. K.; Schoolcraft, W. B.; Moffatt, O.; Sakkas, D. Extent of nuclear DNA damage in ejaculated spermatozoa impacts on blastocyst development after in vitro fertilization. *Fertil. Steril.* 82:378–383; 2004.
11. Aitken, R. J.; De Iulii, G. N.; McLachlan, R. I. Biological and clinical significance of DNA damage in the male germ line. *Int. J. Androl.* 32:46–56; 2009.
12. Zini, A.; Boman, J. M.; Belzile, E.; Ciampi, A. Sperm DNA damage is associated with an increased risk of pregnancy loss after IVF and ICSI: systematic review and meta-analysis. *Hum. Reprod.* 23:2663–2668; 2008.
13. Barratt, C. L.; Aitken, R. J.; Bjorndahl, L.; Carrell, D. T.; de Boer, P.; Kvist, U.; Lewis, S. E.; Perreault, S. D.; Perry, M. J.; Ramos, L.; Robaire, B.; Ward, S.; Zini, A. Sperm DNA: organization, protection and vulnerability: from basic science to clinical applications — a position report. *Hum. Reprod.* 25:824–838; 2010.
14. Dimitriadis, F. D. et al. Effects of phosphodiesterase 5 inhibitors on sperm parameters and fertilizing capacity. *Asian J Androl* 2008; 10 (1): 115–133.
15. Garcia-Rodriguez. et al. CAT-262CT Genotype shows higher catalase activity in seminal plasma and lower risk of male infertility. *Mgene* (2018), doi:10.1016/j.mgene.2018.07.011.
16. Anaís García Rodríguez et al. Association of polymorphisms in genes coding for antioxidant enzymes and human male infertility. *Ann Hum Genet*. 2018;1–10.
17. Agarwal A, Makker K, Sharma R (2008) Clinical relevance of oxidative stress in male factor infertility: an update. *Am J Reprod Immunol* 59:2–11.
18. Allamaneni SSR, Naughton CK, Sharma RK, Thomas AJ, Jr., Agarwal A. Increased seminal reactive oxygen species levels in varicocele patients correlate with varicocele grade, not testis size. *Fertil Steril* 2004.
19. Agarwal A, Virk G, Ong C, du Plessis SS. Effect of oxidative stress on male reproduction. *World J Mens Health* 2014;32:1–17.
20. Aitken RJ, Gibb Z, Baker MA, Drevet J, Gharagozloo P. Causes and consequences of oxidative stress in spermatozoa. *Reprod Fertil Dev*. 2016;28:1–10.
21. Aitken RJ, Smith TB, Jobling MS, Baker MA, De Iulii GN. Oxidative stress and male reproductive health. *Asian J Androl*. 2014;16:31–38.
22. O'Flaherty C. Peroxiredoxins: hidden players in the antioxidant defence of human spermatozoa. *Basic Clin Androl*. 2014;24:4.
23. Yan L, Guo W, Wu S, Liu J, Zhang S, Shi L, et al. (2014) Genetic Variants in Nitric Oxide Synthase Genes and the Risk of Male Infertility in a Chinese Population: A Case-Control Study. *PLoS ONE*9(12): e115190.
24. Sabouhi S, Salehi Z, Bahadori M H, M ahdavi M (2014) Human catalase gene polymorphism (CAT C-262T) and risk of male infertility. *Andrologia*. doi:10.1111/and.12228.
25. Tefik T., Kucukgergin C., Sanli O., Oktar T., Seckin S., Ozsoy C. Manganese superoxide dismutase Ile58Thr, catalase C-262T and myeloperoxidase G-463A gene polymorphisms in patients with prostate cancer: relation to advanced and metastatic disease. *BJU Int* 2013; 112: 4: E406—E414.
26. Olshan AF, Luben TJ, Hanley NM, Perreault SD, Chan RL, et al. Preliminary examination of polymorphisms of GSTM1, GSTT1, and GSTZ1 in relation to semen quality. *Mutat Res* 2010; 688: 41–6.
27. Быкова М.В., Титова Н. М., Маркова Е. В., Светлаков А. В. Про-антиоксидантный статус в сперматозоидах и семенной плазме мужчин при патоспермии // Проблемы Репродукции. — 2008. — № 3. — С. 63 — 67.
28. Kemal Duru N, Morshedi M, Oehninger S. Effects of hydrogen peroxide on DNA and plasma membrane integrity of human spermatozoa. *Fertil Steril*. 2000; 74 (6): 1200–7.
29. Zelen I., Mitrović M., Jurisic-Skevin A., Arsenijević S. Activity of superoxide dismutase and catalase and content of malondialdehyde in seminal plasma of infertile patients. *Medicinski Pregled*. 2010;63(9–10):624–629.
30. Moubasher AE, El Din AM, Ali ME, El-sherif WT, Gaber HD. Catalase improves motility, vitality and DNA integrity of cryopreserved human spermatozoa. *Andrologia*. 2013; 45:135–9.
31. Forsberg L., Lyrenas L., de Faire U., Morgenstern R. A common functional C-T substitution polymorphism in promoter region of human catalase gene influences transcription factor binding, reporter gene transcription and is correlate to blood catalase levels// *Free Radical Biology and medicine*. 2001.vol.30(5): P. 500–505.

© Мяндина Галина Ивановна (myandina_gi@pfur.ru), Альхеджой Хасан Мохаммад Хасан (alhejoj_hasan@mail.ru),
Кульченко Нина Геннадиевна (kle_kni@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ АБОНЕНТСКОГО ТЕРМИНАЛА СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

MODEL OF THE SYSTEM OF FORMATION OF IMAGES OF THE USER TERMINAL OF MODERN INFORMATION-TELECOMMUNICATION NETWORKS

V. Bessoltsev

Summary. This scientific article is devoted to the description of the imaging model of subscriber terminals displayed in modern web browsers.

Keywords: web browser, subscriber terminal, information and telecommunications network.

Бессольцев Виталий Евгеньевич

Адъюнкт, Военно-космическая академия имени

А. Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург)

v.bessoltsev@gmail.com

Аннотация. Данная научная статья посвящена описанию модели формирования изображений абонентских терминалов, выводимых в современных веб-обозревателях.

Ключевые слова: веб-обозреватель, абонентский терминал, информационно-телекоммуникационная сеть.

Стремительное развитие современных информационно-коммуникационных сетей неизбежно влечет за собой создание и модернизацию существующих стандартов и протоколов передачи, и представления данных. Так, несколько лет назад было анонсировано и практически всеми веб-обозревателями оперативно осуществлена поддержка стандарта HTML5. В настоящее время разработчики активно используют возможности этого стандарта для улучшения уровня поддержки мультимедиа-технологий.

Самым важным новым инструментом для расширенных приложений HTML5 [1] является поверхность для рисования — Canvas, на которой при помощи кода на JavaScript происходит отрисовка графического изображения. При использовании Canvas с сервера загружается не картинка, а набор точек (или алгоритм прорисовки), по которым веб-обозреватель прорисовывает картинку.

Таким образом, Canvas, является средством программирования, которое позволяет рисовать как простейшие графические примитивы — линии, фигуры, текст, так и создавать различные эффекты мультимедиа, такие как игры, картографические инструменты и динамические графики, музыкально-световые представления и эмуляторы физических процессов.

Отрисовка изображений в Canvas возможна при наличии в веб-обозревателе поддержки WebGL — кроссплатформенного API для работы с графикой в веб-

обозревателе. То есть, WebGL — это программный интерфейс для доступа к графическому оборудованию в рамках веб-обозревателя, причём без установки каких-либо дополнительных расширений. Основанный на OpenGL, он позволяет программисту определить объекты и операции для создания высококачественных графических изображений, в частности цветных изображений трёхмерных объектов.

Рассмотрим модель формирования изображений в веб-обозревателях абонентских терминалов современных информационно-телекоммуникационных сетей (рисунок 1).

При передаче запроса на сервер в веб-обозреватель поступают данные [2] совместно с кодом на отрисовку изображения $I_{[L,L]}$ в Canvas (рисунок 2).

В веб-обозревателе происходят преобразования полученных данных для передачи на следующий уровень обработки, при этом учитываются параметры Φ_1 , которые зависят от конкретной реализации веб-обозревателя (движок веб-обозревателя).

В любой компьютерной системе взаимодействия прикладных программ с аппаратным обеспечением реализуется при помощи операционной системы.

Веб-обозреватель с целью получения вычислительных ресурсов для обработки полученного изображения $I_{[L,L]}$, которое представлено исходным кодом шейдера,

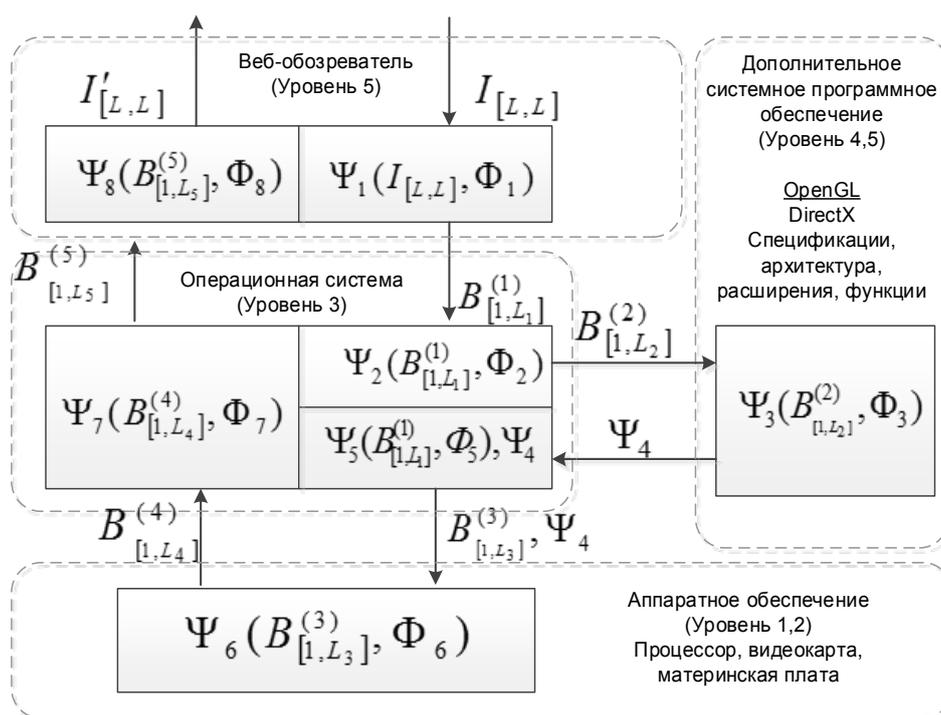


Рис. 1. Модель программно-аппаратной системы обработки графических изображений абонентского терминала ИКС

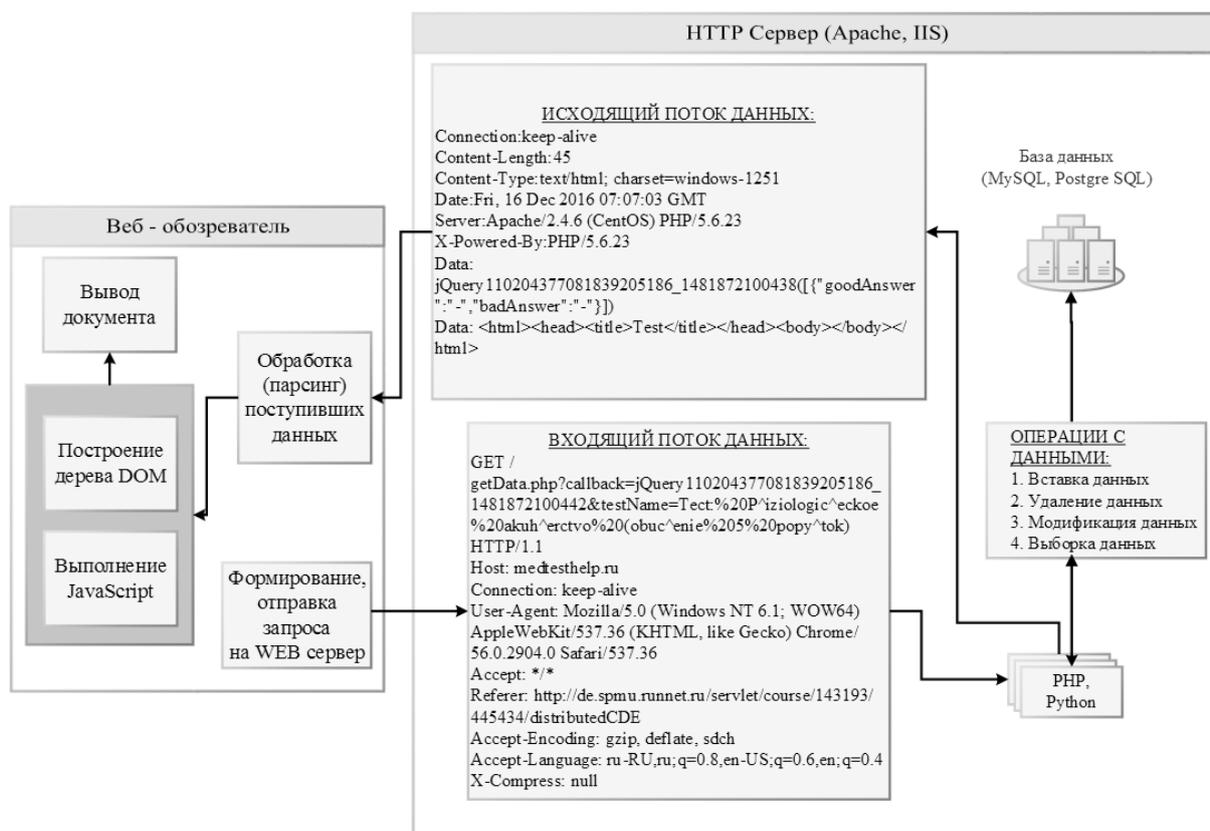


Рис. 2. Схема взаимодействия веб-обозревателя абонентского терминала с веб-сервером

создает запрос к операционной системе. Запрос содержит обработанные веб-обозревателем данные и последовательность команд для процессора $B_{[1,L_1]}^{(1)}$. Операционная система преобразовывает поступившие данные и команды и формирует процедуры взаимодействия с дополнительным системным программным обеспечением $\Psi_2(B_{[1,L_1]}^{(1)}, \Phi_2)$, при этом учитываются функционал и параметры операционной системы Φ_2 . Сформированная последовательность, включающая набор необходимых действий над изображением, и преобразованные данные изображения $B_{[1,L_2]}^{(2)}$ поступают на следующий уровень обработки.

Дополнительное системное программное обеспечение предназначенное для работы с изображениями представлено спецификациями OpenGL и DirectX [3], определяющими независимый от языка программирования программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику. Производители оборудования на основе этих спецификаций создают реализации — библиотеки функций, соответствующих набору функций спецификации.

На уровне 4,5 производится выработка инструкций для аппаратного оборудования $\Psi_3(B_{[1,L_2]}^{(2)}, \Phi_3)$, а именно определяется алгоритм вычислительных операций для получения из исходного кода шейдера последовательности данных для отрисовки графического изображения. При этом на итоговый алгоритм Ψ_4 влияют особенности реализации спецификаций конкретными производителями Φ_3 .

Операционная система на основании Ψ_4 формирует последовательность команд Φ_5 для аппаратного оборудования и определяет порядок взаимодействия до-

полнительного системного программного обеспечения с видеокарты $\Psi_5(B_{[1,L_1]}^{(1)}, \Phi_5), \Psi_4$ [4].

Множество возможных реализаций аппаратной части абонентского терминала и отсутствие строгой стандартизации технологического процесса их производства и использования комплектующих деталей порождает множество параметров Φ_6 которые влияют на параметры формируемого графического изображения. При этом производитель может применять фирменные алгоритмы обработки Ψ_6 поступающих данных $B_{[1,L_3]}^{(3)}$, но при этом должны учитываться правила обработки Ψ_4 сформированные на вышележащих уровнях.

После вычислительных операций $\Psi_6(B_{[1,L_3]}^{(3)}, \Phi_6)$ обработанные данные $B_{[1,L_4]}^{(4)}$ передаются операционной системе, которая выполнив соответствующие преобразования $\Psi_7(B_{[1,L_4]}^{(4)}, \Phi_7)$ передает их приложению выполнившему запрос, то есть, веб-обозревателю. Веб-обозреватель, в свою очередь, выводит в Canvas итоговое графическое изображение.

Таким образом, современный абонентский терминал информационно-коммуникационных сетей представляет собой сложную многоуровневую систему, которая в результате обработки поступающего изображения производит поэтапные процедуры преобразования данных. При этом, на каждом этапе происходит внесение некоторых изменений, обусловленных программно-аппаратной реализацией конкретного абонентского терминала. Множество возможных реализаций в совокупности с многоэтапностью преобразований [5] позволяет сделать вывод об уникальности системы формирования изображений абонентского терминала современных информационно-телекоммуникационных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы HTML5 — URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wahtml5fundamentals/index.html> (дата обращения: 14.01.2019).
2. Идентификация абонентов анонимных компьютерных сетей посредством выявления уникальных параметров веб-обозревателя / К. В. Сазонов и др. // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. — СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2018. — Вып. 665. — С. 99–111.
3. Кулаков В. Г., Программирование на аппаратном уровне: специальный справочник, 2003. — 847с.
4. Алгоритмы антиальсинга в реальном времени — URL: <https://habr.com/ru/post/343876/> (дата обращения: 12.01.2019).
5. Вероятностные алгоритмы. — URL: <http://datareview.info/article/veroyatnostnyie-algoritmyiveroyatno-eto-rabotaet-chast-2> (дата обращения: 24.12.2018).

© Бессольцев Виталий Евгеньевич (v.bessoltsev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАБОТА С ПОТОКАМИ В QT 5 И ОБРАБОТКА КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В МНОГОПОТОЧНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

THREADING IN QT 5 AND TREATMENT OF CRITICAL SITUATIONS IN MULTI-THREADED APPLICATIONS

**R. Bondarenko
A. Romanenkov**

Summary. The Development of multithreaded cross-platform and productive applications is particularly relevant today, as modern services and resource-intensive methods due to their efficiency. High productivity is one of the main factors that affects the quality of the product sold. The speed of the application is directly related to the speed of execution of tasks, which can be increased by parallelizing them using multiple threads. When working with threads, there are many different subtleties. Some of them are working with threads under different operating systems, thread synchronization, memory access control. Their knowledge and understanding in the development is the key to a successful final product.

Keywords: Flow, Multithreading, Qt Framework 5, cross-Platform, Bystrodeistviya, Performance.

Бондаренко Роман Николаевич

Национальный Исследовательский Университет,
Московский авиационный институт, Москва
rnikbond@gmail.com

Романенков Александр Михайлович

К.т.н., доцент, Национальный Исследовательский
Университет, Московский авиационный институт,
Москва
romanaleks@gmail.com

Аннотация. Разработка многопоточных кроссплатформенных и производительных приложений сегодня особо актуальна, так как современные сервисы и методы ресурсоемки в силу своей эффективности. Высокая производительность является одним из основных факторов, который влияет на качество реализуемого продукта. Быстродействие приложения прямо связано со скоростью выполнения поставленных задач, которую можно увеличить за счет их распараллеливания, используя несколько потоков. При работе с потоками существует много различных тонкостей. Некоторые из них — это работа с потоками под различными операционными системами, синхронизация потоков, управление доступа к памяти. Их знание и понимание при разработке является залогом успешного конечного продукта.

Ключевые слова: Поток, Многопоточность, Фреймворк Qt 5, Кроссплатформенность, Быстродействие, Производительность.

Введение

Быстродействие — это один из важнейших критериев любого современного приложения. Сбалансированные алгоритмы с максимальной производительностью повышают скорость работы приложения, но чаще всего они выполняются последовательно, в одном потоке. Используя несколько потоков в одном приложении можно значительно увеличить его производительность за счет распараллеливания выполняемых задач. Иными словами, перемещая задачи в отдельные потоки, от этой обязанности освобождается главный поток, в следствии чего работа происходит параллельно, что позволяет уменьшить необходимое время для выполнения задач и, тем самым, увеличить производительность. Приложения, в которых работает два и более потоков, называются многопоточными. Но, помимо положительной стороны — увеличения производительности, есть и другая сторона — сложность разработки и отладки при синхронизации потоков, управлением одновременного доступа к памяти из нескольких потоков и использованием потоков под различными операционными системами. Фреймворк Qt 5.* является одним из лучших на сегодняшний день для реализации производительного и кроссплатформенного приложения.

Потоки в Qt 5.* и их реализация

Существует два типа потоков: *thread* и *stream*. При создании многопоточного приложения, ориентированного на быстродействие, используются потоки типа *thread*. Поток (*thread*) — это независимая задача, которая выполняется внутри процесса и разделяет вместе с ним общее адресное пространство, код и глобальные данные. Каждый поток имеет свой собственный стек с протоколом выполнения, содержащим по одному фрейму для каждой вызванной, но еще не возвратившей управление процедуры и регистры, в которых содержатся текущие рабочие переменные [1]. В отличие от процессов, потоки используют одно и то же адресное пространство (*список адресов в памяти, с которыми происходит работа*).

В Qt 5.* существует несколько классов, которые позволяют создавать потоки и управлять ими. *QThread* — это основной класс для работы с потоками, в котором реализован весь необходимый функционал, позволяющий управлять потоками независимо от платформы, на которой работает приложение. Данный класс уже включает в себя оболочку над более низкоуровневой реализацией протоколов, что значительно упрощает ра-

боту с ними. Рассмотрим несколько способов создания нового потока.

Первый способ — это наследование от класса *QThread*. Новый поток начинает работу после вызова функции *start(Priority)*. Для более детального понимания этого способа ниже приведен фрагмент исходного кода функции *start(...)*, в которой поток создается и начинает свою работу [2]:

```

/// — qthread.h —///  

class Q_CORE_EXPORT QThread: public QObject {  

    ...  

    // Приоритет потока  

    enum Priority {  

        IdlePriority, // 0 — Планируется тогда, когда другие потоки не запущены.  

        LowestPriority, // 1 — Запланировано реже, чем LowPriority.  

        LowPriority, // 2 — Запланировано реже, чем NormalPriority.  

        NormalPriority, // 3 — Приоритет по умолчанию операционной системы.  

        HighPriority, // 4 — Запланировано чаще, чем NormalPriority.  

        HighestPriority, // 5 — Запланировано чаще, чем HighPriority.  

        TimeCriticalPriority, // 6 — Запланировано как можно чаще.  

        InheritPriority // 7 — Используйте тот же приоритет, что и поток созданы  

    };  

/// — qthread.cpp —///  

void QThread:: start(Priority priority) {  

    Q_D(QThread);  

    QMutexLocker locker(&d->mutex);  

if (d->isInFinish) {  

    locker.unlock();  

    wait();  

    locker.relock();  

}  

if (d->running) return;  

    d->running = true;  

    d->finished = false;  

    d->exited = false;  

    d->returnCode = 0;  

    d->interruptionRequested = false;  

    d->handle = CreateThread(NULL, d->stackSize,  

        reinterpret_cast<LPTHREAD_START_ROUTINE>(QThreadPrivate:: start),  

        this, CREATE_SUSPENDED, reinterpret_cast<LPDWORD>(&d->id));  

if (!d->handle) {  

    qErrnoWarning("QThread:: start: Failed to create thread");  

    d->running = false;  


```

```

    d->finished = true;  

return;  

}  

int prio;  

    d->priority = priority;  

switch (d->priority) {  

case IdlePriority: prio = THREAD_PRIORITY_IDLE; break;  

case LowestPriority: prio = THREAD_PRIORITY_LOWEST; break;  

case LowPriority: prio = THREAD_PRIORITY_BELOW_NORMAL; break;  

case NormalPriority: prio = THREAD_PRIORITY_NORMAL; break;  

case HighPriority: prio = THREAD_PRIORITY_ABOVE_NORMAL; break;  

case HighestPriority: prio = THREAD_PRIORITY_HIGHEST; break;  

case TimeCriticalPriority: prio = THREAD_PRIORITY_TIME_CRITICAL; break;  

case InheritPriority:  

default: prio = GetThreadPriority(GetCurrentThread()); break;  

}  

if (! SetThreadPriority(d->handle, prio))  

    qErrnoWarning("QThread:: start: Failed to set thread priority");  

if (ResumeThread(d->handle) == (DWORD) -1)  

    qErrnoWarning("QThread:: start: Failed to resume new thread");  

}

```

В функции *start(Priority priority)* поток создается при помощи вызова функции *CreateThread(...)*, которая реализована в библиотеке *windows.h* операционной системы *Windows*, или при помощи вызова функции *pthread_create(...)*, реализованной в библиотеке *pthread.h*, если разработка происходит в системе *unix*. В реализации функции также используется переменная *d* — объект класса *QThreadPrivate*, при обращении к членам которой устанавливаются свойства потока.

Ниже представлен прототип функции *CreateThread(...)*, где третьим параметром передается функция потока [3]:

```

HANDLE CreateThread (  

LPSECURITY_ATTRIBUTES, // дескриптор защиты  

SIZE_T, // начальный размер стека  

LPTHREAD_START_ROUTINE, // функция потока  

LPVOID, // параметр потока  

DWORD, // опции создания  

LPDWORD // идентификатор потока  

);

```

Таблица 1. Приоритеты потока

| Название приоритета | Значение приоритета |
|-------------------------------|---|
| THREAD_PRIORITY_IDLE | Уровень приоритета 1. Поток работает только тогда, когда операционная система простаивает. Поток с таким приоритетом также его можно назвать «простаивающим». |
| THREAD_PRIORITY_LOWEST | Уровень приоритета 2. Самый низкий уровень. Такой приоритет характерен для потоков, работающих в фоновом процессе. Устанавливая такой приоритет потоку, при нагрузке процессора операционная система приостановит его для выполнения потоков с наиболее высшим приоритетом. |
| THREAD_PRIORITY_BELOW_NORMAL | Уровень приоритета 3. Приоритет ниже нормального. Такой приоритет также характерен для потоков процесса, работающего в фоновом режиме. |
| THREAD_PRIORITY_NORMAL | Уровень приоритета 4. При указании такого приоритета новый поток будет создан с таким же приоритетом, как и у потока, создавшего его. |
| THREAD_PRIORITY_ABOVE_NORMAL | Уровень приоритета 5. Такой приоритет выше нормального. |
| THREAD_PRIORITY_HIGHEST | Уровень приоритета 6. Наивысший приоритет потока. |
| THREAD_PRIORITY_TIME_CRITICAL | Уровень приоритета 15. Максимальный приоритет потока. |

В представленной выше реализации функции `QThread::start(...)` при вызове функции `CreateThread(...)` третьим параметром передается статический метод `QThreadPrivate::start(...)`, объявление и реализация которого представлена ниже.

```
class QThreadPrivate: public QObjectPrivate {
...
static unsigned int __stdcall start(void *) Q_DECL_NOEXCEPT;
...
}
unsigned int __stdcall QT_ENSURE_STACK_ALIGNED_FOR_SSE QThreadPrivate::start(void *arg) Q_DECL_NOEXCEPT {
    QThread *thr = reinterpret_cast<QThread*>(arg);
    ...
    emit thr->started(QThread::QPrivateSignal());
    QThread::setTerminationEnabled(true);
    thr->run(); // Вызов функции run()
    finish(arg);
    return 0;
}
```

В реализации метода `QThreadPrivate::start(void *arg)` обратим внимание на подчеркнутую строку в коде — в этой строке происходит вызов функции `run()`, в которой и заключается основная идея описываемого способа создания и использования нового потока.

После наследования от класса `QThread` нужно переопределить функцию `run()` и реализовать в ней тот функционал, который должен выполняться в новом потоке.

Также важным свойством является приоритет потока. Это свойство передается в виде параметра при

вызове функции `start(Prioritet prioritet)` и устанавливается в функции `SetThreadPriority(...)`, которая реализована в библиотеке `windows.h`. Прототип функции `SetThreadPriority(...)` представлен ниже:

```
BOOL SetThreadPriority (
HANDLE hThread,
int nPriority
);
```

Функция принимает два параметра: `HANDLE hThread` — дескриптор потока, значение приоритета которого должно быть установлено и `int nPriority` — определяет значение приоритета для потока. Перечисление `enum Priority`, объявленное в классе `QThread`, и является лишь оберткой над названиями приоритетов, что показано в конструкции `switch` реализации функции `start(...)` класса `QThread`. В этой конструкции объект `d` класса `QThreadPrivate` принимает значение приоритет (`prio`) одного из макросов, представленных в таблице 1.

Приоритет для потока нужно устанавливать исходя из той задачи, для которой он предназначен. Приоритеты до `THREAD_PRIORITY_NORMAL` следует устанавливать для потоков, которые выполняют задачи, незначительно влияющие на быстродействие и работоспособность приложения. Обычно такие задачи называют фоновыми. Более внимательно следует относиться при установке приоритета начиная с `THREAD_PRIORITY_HIGHEST`. Если поток выполняется с наивысшим уровнем приоритета в течение долгого времени, то для других потоков операционная система не сможет выделить процессорное время для выполнения. Если несколько потоков, принадлежащих одному процессу, имеют высокий приоритет, то произойдет потеря эффективности, и, как следствие, производительности, поскольку опера-

ционная система будет приостанавливать каждый из потоков по очереди для назначения процессорного времени для выполнения поставленной задачи. Высокий приоритет должен быть определен для потоков, которые должны реагировать на критичные по времени события (например, обработка пользовательского ввода). Если поток в приложении выполняет одну высокоприоритетную задачу, а остальные потоки имеют обычный приоритет выполнения, то в этом случае стоит временно повысить приоритет потока. Затем, когда поток выполнит поставленную задачу, приоритет следует понизить как минимум до `THREAD_PRIORITY_NORMAL`.

Понижение приоритета не означает, что поток всегда будет последним, выбранным для получения временного интервала. Для каждого потока предназначено процессорное время, зависящее от его приоритета. Поток с высоким приоритетом будет выполняться дольше и чаще по сравнению с потоком, у которого низкий приоритет. Кроме того, при изменении состояния основного потока в режим ожидания, в это время будут запущены другие потоки, даже если процессорное время основного потока не еще вышло. При использовании многоядерного процессора, операционная система распределит нагрузку между ядрами процессора. Независимо от того, насколько высокий приоритет имеет поток, он будет работать только на одном ядре.

Второй способ создания нового потока — это использование функции `moveToThread(...)`. Эта функция реализована в классе `QObject`. Пример реализации может быть следующего вида:

```
QObject* newThread = new QObject;
Worker* worker = new Worker; // Worker — класс,
наследуемый от QObject
worker->moveToThread(newThread);
newThread ->start();
```

В данном примере создается объект класса `QObject`. Важное примечание — объект, перемещаемый в отдельный поток не должен иметь родительского объекта [2]:

```
void QObject:: moveToThread(QObject*targetThread)
{
...
if (d->threadData->thread == targetThread) //
object is already in this thread
return;
if (d->parent!= 0) {
qWarning("QObject:: moveToThread: Cannot move
objects with a parent");
return;
}
```

```
if (d->isWidget) {
qWarning("QObject:: moveToThread: Widgets
cannot be moved to a new thread");
return;
}
...
}
```

Как видно из фрагмента исходного кода реализации функции `moveToThread(...)`, перемещение объекта в новый поток не произойдет по трем условиям:

1. Если объект уже находится в этом потоке.
2. Если у перемещаемого объекта есть родительский поток, что реализовано в строке `if (d->parent!= 0) {...; return;}`. Данное условие необходимо по следующей причине — объект, который перемещается в новый поток, больше не принадлежит потоку, создавшего его. Если же перемещаемый объект будет иметь родительский объект, то при удалении родительского объекта он будет должен удалить все дочерние объекты. Как следствие, при наличии родительского объекта он удалит дочерний объект, который находится в другом потоке, что может привести к нарушению логики работы программы, и, как следствие, ее некорректной работе.
3. Если объект наследован от класса `QWidget`, поскольку работа с объектами графического интерфейса `GUI` возможна только из главного потока приложения.

При создании объекта происходит выделение памяти под него. Поскольку память была выделена — ее нужно освободить. Так как объект, перемещаемый в новый поток, не имеет родительского объекта, то при его удалении автоматически дочерний объект не будет удален. Для избежания утечки памяти следует использовать конструкцию соединения сигнала `quit()` со слотом `deleteLater(): connect(newThread, SIGNAL(quit()), newThread, SLOT(deleteLater()))`.

Когда поток завершит свое выполнение, он будет удален, и будут удалены объекты, которые ему принадлежат.

При использовании таймеров необходимо обратить внимание на то, что все активные таймеры для объекта при его перемещении в новый поток будут сброшены. Таймеры сначала останавливаются в текущем потоке и перезапускаются с тем же интервалом в новом потоке. В результате, если постоянно перемещать объект между потоками, то может произойти ситуация, когда события таймера постоянно будут откладываться.

Оба описанных способа создают новый поток, и при использовании любого из них приложение будет уже являться многопоточным. Очевидно, что создание различ-

Таблица 2. Значения `priv_ptr`

| Значение <code>priv_ptr</code> | Смысловое значение |
|--------------------------------|---|
| 0x0 | Мьютекс разблокирован |
| 0x1 | Мьютекс заблокирован и нет потоков, ожидающих разблокировку |
| Другой адрес | Указатель на существующий <code>QMutexPrivate</code> |

ного функционала с одинаковым результатом смысла не имеет, поэтому есть существенное различие, которое необходимо учитывать при разработке.

Различие при использовании этих способов заключается в использовании системы слотов(*slots*) и сигналов(*signals*). Сигналы *Qt* создают события типа *QMetaCallEvent*. Сигнало-слотовая система по-разному работает в разных потоках.

Как известно, для связывания сигнала и слота используется статическая функция *connect(...)*, реализованная в классе *QObject*, одним из аргументов которой является перечисление типа *Qt:: ConnectionType*. Прототип данной функции представлен ниже.

```
QObject::connect(
    const QObject* sender,
    const char* signal,
    const QObject* receiver,
    const char* slot,
    Qt:: ConnectionType type = Qt:: AutoConnection
);
```

При связывании слота и сигнала, которые находятся в разных потоках, важны два элемента перечисления: *DirectConnection* и *QueuedConnection*. При использовании *DirectConnection*, когда испускается сигнал, то немедленно вызывается в каждый связанный с ним слот. Данная схема аналогична обычному вызову функции. В случае же использования *QueuedConnection*, при испускании сигнала будет создано событие при помощи метода *postEvent(...)*, в результате чего оно поместится в очередь событий, и связанный с сигналом слот будет вызван только тогда, когда до него дойдет очередь.

При использовании первого способа — наследование от класса *QThread* и переопределении метода *run()*, используется тип соединения *QueuedConnection*. При использовании второго способа — *moveToThread(...)*, используется тип соединения *DirectConnection*.

При реализации многопоточного приложения необходимо обратить внимание на безопасную работу с ресурсами. Поскольку все потоки приложения используют единое адресное пространство процесса, то может возникнуть конфликтная ситуация, когда несколько по-

токов обращаются к одной области памяти. Например, два потока одновременно изменяют значение одной и той же переменной. Такие операции довольно проблематично отслеживаются в процессе отладки. Для избежания подобного рода конфликтов используется класс *QMutex*.

Класс *QMutex* блокирует одновременный доступ к ресурсам из нескольких потоков, в следствии чего критическая секция будет использоваться только одним потоком. Блокировка ресурсов осуществляется в методе класса *QMutex:: lock()*. Разблокировка доступа к памяти осуществляется в методе этого же класса *unlock()*. Также в классе *QMutex* есть метод *tryLock()*, в котором проверяется, заблокирован ли в данный момент ресурс.

```
class QMutex
{
    ...
    QAtomicPointer<QMutexPrivate> *priv_ptr;
    ...
};
```

В примере реализации выше класса *QMutex* показана самая идейная часть класса — указатель *priv_ptr*. Суть заключается в том, что этот указатель не всегда указывает на существующий *QMutexPrivate*. Данный указатель может принимать значения, перечисленные в таблице 2 ниже.

Блокировка ресурсов в классе *QMutex*. Разница между методами *lock()* и *tryLock()* заключается в том, что при вызове метода *lock()*, если ресурс заблокирован, то поток приостанавливает свою работу до тех пор, пока ресурс не освободится. Метод *tryLock()* не переводит поток к режим ожидания, если ресурс заблокирован, и он продолжает свою работу, пропуская заблокированный ресурс. Если же ресурс находится в разблокированном состоянии, методы *lock()* и *tryLock()* работают одинаково.

Разблокировка ресурсов в классе *QMutex*. Для разблокировки ресурсов используется метод *unlock()*. В этом методе происходит атомарное изменение значения *priv_ptr* на *0x0*, и, что самое важное, возобновление работы потоков, ожидающих доступа к ресурсам. Пер-

вый поток, получивший доступ к ресурсам, установит *priv_ptr* в значение, отличное от *0x0*, а остальные потоки снова будут приостановлены.

Управление памятью. Для управления доступа к памяти используется техника подсчета ссылок, чтобы быть уверенными, что во время освобождения указателя *QMutexPrivate* ресурс не используется ни одним потоком. Но сам указатель *QMutexPrivate* никогда не удаляется. Он используется повторно, поскольку *QMutexPrivate* нужен только для блокировки и разблокировки ресурсов в многопоточном приложении, и, как следствие, таких объектов не может больше, чем самих потоков.

Практический пример

Рассмотрим пример многопоточного клиент-серверного приложения обмена сообщениями, в котором реализованы оба описанных метода создания потоков. В данном приложении каждый экземпляр программы является одновременно как клиентом, так и сервером, что является удобным при использовании в одной локальной сети, поскольку приложение не требует наличия базы данных и каких-либо настроек, кроме установки. Для работы приложения используется 3 потока:

1. Главный поток, через который происходит взаимодействие с *GUI* (далее — поток 1).
2. Поток, созданный при помощи первого описанного метода — создание класса, наследованного *QThread* (далее — поток 2).
3. Поток, созданный при помощи второго описанного метода, создание которого происходит при помощи функции *QObject:: moveToThread(...)* (далее — поток 3).

В потоке 2 реализован метод поиска доступных серверов-клиентов. Ниже представлена реализация класса.

```
class NetworkScan: public QThread {
...
public:
NetworkScan(QObject *parent = nullptr);
protected:
void run();
signals:
void AddNewHost(QString IP);
```

```
};
void NetworkScan:: run()
{
while(true)
{
// Connected To Host
}
}
```

В переопределенном методе *run()* реализована проверка доступа к клиенту при помощи методов класса *QAbstractSocket*. В случае, если клиент будет доступен, произойдет испускание сигнала: *emit AddNewHost(IP)*, который связан со слотом в потоке 1, в следствии чего будет установлено соединение с клиентом при помощи методов класса *QTCPSocket*. Как было сказано ранее, сигналы, испускаемые в потоках, созданных данным способом, преобразуются в события *QMetaObject* и обрабатываются в цикле обработки событий. При создании потока также был установлен приоритет *THREAD_PRIORITY_LOWEST* для того, чтобы проверка доступности новых клиентов происходила в фоновом режиме.

Поток 3 используется для получения и отправки сообщений. Поскольку быстродействие при использовании данного приложения является важным критерием, ожидание обработки событий для отправки и получения сообщения является неприемлемым. Именно поэтому данный функционал был реализован при помощи метода *QObject:: moveToThread(...)*, так как сигналы такого потока обрабатываются немедленно (*DirectConnection*).

Заключение

Каждый описанный метод создания потока подходит для решения множества задач, решение которых необходимо для любого современного приложения, нацеленного на быстродействие. Для достижения наилучшего результата необходимо тщательное планирование архитектуры многопоточного приложения, в процессе которого нужно знать и учитывать особенности работы каждого из методов. Как следствие, обоснованные и правильно реализованные способы создания потоков позволяют приложению работать в такой связке, как быстродействие и стабильность, что является залогом успешного современного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. НИЯУ «МИФИ» Процессы и потоки: [Электронный ресурс]. 2016. URL: [http://ftp.csdep.mephi.ru/kiselev/CAI%202017/Module%2001/ OS_course/OS_course/OS-05_K.pdf](http://ftp.csdep.mephi.ru/kiselev/CAI%202017/Module%2001/OS_course/OS_course/OS-05_K.pdf). (Дата обращения: 02.02.2019).
2. Qt5 module: [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://github.com/qt/qt5>. (Дата обращения: 20.01.2019).

3. Функция CreateThread: [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/api/processthreadsapi/nf-processthreadsapi-createthread>. (Дата обращения: 25.01.2019).
4. QThread — потоки в Qt: [Электронный ресурс]. 2011–2012. URL: <http://qt-doc.ru/qthread-potoki-v-qt.html>. (Дата обращения: 10.02.2019).
5. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 1072 с.: ил. — (В подлиннике)
6. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. Пер. с англ. Слинкин А. А. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 672с.: ил.

© Бондаренко Роман Николаевич (rnikbond@gmail.com), Романенков Александр Михайлович (romanaleks@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ К ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

FEATURES OF APPLICATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGY TO THE TASK OF MONITORING THE SECURITY OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS

A. Vershinin

Summary. In outlining the scope of the NS, it should be taken into account that the capabilities of the network largely depend on the type of the NSM. The results of research indicate that the development of modern NS is by adapting the basic architecture to the solution of practical problems. At the same time, a number of architectures have already lost their leading positions and are used only as auxiliary ones.

Keywords: signal of the neuron, corrective communication, calculation.

Вершинин Александр Николаевич

Старший преподаватель, МИРЭА —
Российский технологический университет
ve.sa.2009@mail.ru

Аннотация. Очерчивая сферу применения НС следует учесть, что возможности сети в значительной степени зависят от вида НСМ. Результаты исследований указывают на то, что развитие современных НС идет путем приспособления базовых архитектур к решению практических задач. При этом ряд архитектур уже потеряли свои передовые позиции и используются только в качестве вспомогательных.

Ключевые слова: сигнал нейрона, корректирующие связи, расчет.

Под термином НС понимают сеть элементов (искусственных нейронов), связанных между собой синаптическими связями [5, с. 12]. Основными конструктивными параметрами НС является количество входящих, скрытых и выходных нейронов, структура связей (топология сети), правила распространения и комбинирования сигналов, правила исчисления выходного сигнала нейрона и правила обучения, корректирующие связи в сети. Совокупность указанных параметров определяют (архитектуру НС) вид НСМ.

Методы разработаны в рамках нейросетевой технологии обнаружения сетевых компьютерных атак с помощью программного комплекса «Snort», описанной в работе [13, с. 60]. Технология предусматривает применение двух нейросетевых методов обнаружения атак — простой классификации (ПСК) и семантической классификации (ССК). В качестве входных параметров используются параметры сетевых пакетов транспортного уровня стека протоколов TCP/IP. В методе ПСК используется МСП с 10 входными нейронами и 2 нейронами в выходном слое. Для оптимизации количества скрытых нейронов предлагается применение конструктивных алгоритмов. Приведенное выражение для расчета коррекции весовых коэффициентов нейронов выходного слоя:

$$\Delta m_{jk}(i) = -\eta(y_n(i) - f(x_i))\varphi'(v_n(i))y_n \quad (1)$$

где η — коэффициент скорости обучения,

n — номер нейрона в выходном слое,
 i — номер учебной итерации,
 v_n — информационное поле, полученное на входе функции активации,
 y_n — выходной сигнал n -го выходного нейрона,
 φ — производная функции активации,
 $f(x_i)$ — желаемый отклик n -го нейрона.

Отметим отсутствие детального описания процесса оптимизации структуры МСП. В методе ССК предлагается использование топографической ТК, выбор которой обосновывается ее невысокой ресурсоемкостью. В обоих методах предусмотрена обработка входных параметров с целью уменьшения количества входных параметров НС.

Метод нейросетевой фильтрации спама (НФС), приведен в работе [11, с. 210]. Доказывается оптимальность использования аддитивных НС. Вид НСМ избран с позиций максимизации точности распознавания, возможности автоматизации обучения и возможности представления результатов в графическом виде. То есть использована процедура многокритериальной оптимизации процесса определения архитектуры НС. В качестве входных параметров НСМ использованы частоты встречи в спаме и в целевых электронных письмах информативных слов. Также предложена процедура многокритериальной оптимизации параметров НС, в которой использовано критерии максимизации вычислительной мощности и минимизации срока обучения.

Метод определения фрагментов программного кода (ОФПК), описан в работе. Метод применяется для определения перечня и оценки значений входных параметров НС, используемых в системах детектирования вредоносного программного обеспечения. Также в работе приведено описание и результаты экспериментов по распознаванию ВПО, проведенных с помощью МСП. Анализ приведенных результатов подтверждает перспективность предложенного метода. Можно сделать вывод об использовании в методе процедуры предварительной обработки входных параметров НС, которая повышает их информативность.

Нейросетевые системы обнаружения вторжений (НСОВ), описаны в работе. Система ориентирована на использование МСП для распознавания сетевых атак. Приведены результаты экспериментов, подтверждающие эффективность системы при распознавании атак, сигнатуры которых представлены в базе KDD-99. Выбор типа НС обоснован с позиций максимальной вычислительной мощности. Также проведена однокритериальная оптимизация архитектуры МСП.

Нейросетевой подход выявления SQL-инъекций (НПВИ) представлен в работе. Предложено рассматривать проблему определения вредоносных SQL-запросов в виде проблемы прогнозирования временных рядов. Согласно указанного предложения предлагается использовать рекуррентные НС типа Джордана и Элмана. То есть тип НС избран в соответствии с критерием апробированности в задачах прогнозирования временных рядов. Также приведена процедура предварительной обработки входных параметров и процедура однокритериальной оптимизации структуры НС. Используются критерий максимизации вычислительной мощности. Приведенные результаты экспериментальных исследований на основе данных портала Php-Nuke, подтверждают перспективность предложенного подхода.

Бинарный нейросетевой метод (БНС), описан в работе [10, с. 50]. Метод применяется для решения задачи обнаружения сетевых атак. В основе метода лежит специальная бинарная нейронная сеть, которая имеет два важных свойства. Во-первых, модель приспособлена для решения задач, в которых входная информация имеет сложную, многосвязную и даже фрактальную структуру. Во-вторых, метод обучения модели является прямой вычислительной процедурой и не сводится к поиску глобального экстремума сложной нелинейной функции, не накладывает никаких принципиальных ограничений на размерность задачи. Таким образом, в методе предусмотрен выбор вида НСМ по критерию апробированности в задачах определенного типа и по критерию минимизации продолжительности обучения. К сожалению,

в работе отсутствуют экспериментальные данные, что затрудняет сравнительный анализ [11, с. 210].

Метод выделения сетевых атак с типичного сетевого трафика описан в работе. Метод применяется для распознавания сетевых атак. Предложено применение МСП с 2 ССН. ВШ такого МСП состоит из 9 нейронов, а СВ — из 1 нейрона. Отмечено, что выбор МСП с такой структурой объясняется требованиями гибкости и функциональности. То есть использована многокритериальная оптимизация структуры НС. Указано на предварительную обработку статистики, используемой для учебной и тестовой выборки.

Способ обнаружения DDoS-атак приведен в работе [8, с. 536]. Предложено использование нечетких НС. Предложение основывается на перспективности НС такого типа. Акцент ставится на распознавании DDoS-атаки типа SYN Flood. Для формализации знаний экспертов о DDoS-атаки было создано 5 лингвистических переменных, каждая из которых характеризует одну из компонент вектора параметров сетевого трафика, которая используется для формирования входных параметров НС. К указанным лингвистическим переменным относятся: X_1 — время получения пакетов, X_2 — процент пакетов из различных внешних ip-адресов, X_3 — процент пакетов с разных портов, X_4 — процент пакетов с поврежденными заголовками, S — степень уверенности. Разработаны предикатные правила вида: Если $X_1 =$ «большой» $\rightarrow Y \rightarrow$ «высокий». Предложено представить нечеткий классификатор в виде НС с прямым распространением сигнала, который учится с помощью модифицированного алгоритма обратного распространения ошибки. Модификация заключается в приспособлении классического алгоритма к нечетким нейронам «И» и «ИЛИ». Таким образом, основным отличием способа обнаружения DDoS-атак является возможность его применения для обучения НС экспертным знаниям.

Метод использования нейронной сети гибридной структуры типа CounterPropagation (НСГС) описан в работе. Метод предназначен для обнаружения сетевых атак на веб-сервер. Особенностью сети CounterPropagation является комбинация ТК с МСП. Входными данными метода являются параметры сетевого трафика, передаваемого по протоколам IP, TCP, HTTP, HTTPS, CGI, SQLNet. В методе предусмотрена процедура предварительной обработки входных параметров НС за счет представления их в виде графических образов (пифограмм), которые используются в когнитивной графике. Целью предварительной обработки является минимизация размерности входных данных. Графическое представление определило необходимость применения в методе слоя Кохонена. Использование персептронного слоя обосновано с позиций вычислительной эффективно-

сти [12, с. 297]. Таким образом, в методе предусмотрена многокритериальная оптимизация вида и однокритериальная оптимизация параметров НСМ. Также в методе применена процедура оптимизации параметров обучения НС, которая позволяет в 10 раз уменьшить величину ошибки распознавания атак.

Метод построения совокупного классификатора трафика (ПСКТ). Метод предназначен для иерархической классификации компьютерных атак на информационно-телекоммуникационные сети. Особенностью ПСКТ является использование математического метода главных компонент для сжатия статистических данных, используемых в качестве обучающей выборки НС. В методе использовано объединение с 22 нейросетевыми детекторами, каждый из которых обучен распознавать определенный тип атаки, приведенный в базе данных KDD-99. Детектор представляет собой трехслойную НС с 12 входными нейронами и 2 выходными нейронами, один из которых отвечает за наличие, а второй за отсутствие атаки. В качестве СШН использован слой Кохонена. Отметим, что обоснование архитектуры и параметров нейросетевого детектора не приведены. При обнаружении детектором атаки выход первого выходного нейрона равен 1. Для предотвращения ситуации, когда несколько детекторов одновременно сигнализируют о собственном типе атаки, на второй выход каждого из них передается минимальное евклидово расстояние между входным образом (входными параметрами — x_i) и весовыми коэффициентами скрытых нейронов ($w_{i,j}$):

$$E_j = \min_i \sqrt{(x_i - w_{1,j})^2 + \dots + (x_{12} - w_{12,j})^2} \quad (2)$$

В дальнейшем классифицируется и атака, детектор которой имеет минимальное евклидово расстояние. В ПСКТ в неявном виде предусмотрена оптимизация обучения и функционирования нейросетевого детектора.

Нейросетевой подход к выявлению сетевых атак (ПВСА) на ИС. Акцент ставится на распознавание атак, сигнатуры которых представлены в БД KDD-99. Согласно данным этой БД, количество входных параметров — 41. Предложено использовать критерий выбора оптимального вида НСМ в виде минимума объема обучающей выборки. Путем анализа литературных источников определено, что к допустимым типам относятся ТК, МСП с одним скрытым слоем нейронов и РБФ. Отмечено, что для ТК минимальный объем обучающей выборки (L) должен в 2 раза превышать количество входных нейронов (n). То есть $L \geq 2n$. Для МСП и РБФ объем обучающей выборки рассчитывается так $L \approx W / \varepsilon$, где W — количество синаптических связей, ε — допустимая ошибка обучения. В дальнейшем в [6, с. 120] сделана попытка определить оптимальную структуру МСП. Заявлено, что определенное экспериментальным путем количество

скрытых нейронов равно $m = 10$. При этом количество выходных нейронов равно 2. Соответственно, необходимый объем обучающей выборки ТК составляет $L = 82$ примеры, а для МСП и РБФ при $\varepsilon = 0,1$, $L = (m(n + 3) + 2) / \varepsilon = 4420$. Поэтому оптимальным типом нейросетевой модели выбрана ТК. Отметим, что правильность рассчитанных величин вызывает сомнения, ведь, согласно теории НС [8, с. 536], при заданной точности обучения количество скрытых нейронов МСП напрямую зависит от величины стремительной выборки. В дальнейшем в [6, с. 108] проводится оптимизация структуры ТК. Неявно использован критерий максимизации точности обучения. Также использована аналогичная процедура предварительной обработки входных параметров.

Адаптивная система обнаружения атак (АСОА), описана в работе. Система предназначена для распознавания сетевых атак и базируется на совместной работе ТК и МСП, выполняющих задачи кластеризации и классификации данных [14, с. 102]. Обнаружение атак, которое проводится в несколько этапов, стало возможным благодаря тому, что в базу данных экспертной системы вносилась информация об изменениях в поведении конкретного объекта в течение некоторого отрезка времени. Доказывается, что оптимизация архитектуры позволит повысить точность и оперативность распознавания. В качестве входных данных использованы параметры сетевого трафика по протоколу ТСР. Для обработки входных данных использован метод скользящего временного окна. ТК использована для предварительной обработки данных, поступающих на вход МСП с целью их сжатия и повышения информативности. Приведено математическое выражение для расчета частоты определения нейрона в позиции (i, j) в качестве нейрона-победителя:

$$\beta_{i,j} = f_{i,j} + \sum_{x=1}^r \left(\frac{f_{i-x,j} + f_{i,j-x} + f_{i+x,j} + f_{i,j+x}}{1+x} \right) \quad (3)$$

где $f_{i,j}$ — количество раз когда нейрон в позиции (i, j) был нейроном-победителем.

r — расстояние между центрами кластеров,
 x — длина входного вектора.

В дальнейшем эта частота используется для определения центров и границ кластеров. Структура МСП оптимизирована с точки зрения соответствия объема контролируемых ресурсов.

Нейросетевая технология обнаружения и классификации сетевых атак (ОКСА), описана в работе. В технологии предложено использование трехслойной НС, что учится методом обратного распространения ошибки. При этом для распознавания каждого вида сетевой атаки применяется отдельная НС. Как входные параметры используются параметры сетевого трафика по стеку протоколов ТСР/IP. Для формирования обучающей вы-

борки предлагается использовать базу данных KDD-99. Приведены словесное описание и фрагменты программного кода для подготовки входных данных из этой базы данных к виду входных параметров НС. Одной из целей подготовки является уменьшение объема обучающей выборки НС. Описания подходов к оптимизации вида и параметров НСМ отсутствуют.

Система обнаружения аномального поведения вычислительных процессов (ОАВП), разработанная в работе [4, с. 280]. Система предназначена для обнаружения атак на компоненты информационной системы, функционирующие на базе микроядерных операционных систем. Подробно разработана методика сбора и подготовки входных параметров для НС. Предлагается использование ТК и МСП. Описания процедуры оптимизации вида и параметров НСМ не приведены.

Модель кибернейрона (МКН), разработанная и описанная в работе [15, с. 28]. Модель предлагается использовать для распознавания компьютерных вирусов. Основным отличием модели кибернейрона является отсутствие функции активации, вместо которой используется таблица подстановки, а основным преимуществом — потенциально высокая вычислительная мощность [9, с. 448]. Разработаны алгоритмы обучения кибернейрона. В качестве входных параметров используются или фрагменты подопытного файла или хэш-коды указанных фрагментов. Определение указанных фрагментов предлагается реализовать методом скользящего окна. Задачей НС является распознавание чистых и зараженных фрагментов. Следует отметить, что модель кибернейрона появилась относительно недавно, является практически не апробированной, а использование табличной активационной функции теоретически малообоснованно. Соответственно, применение кибернейрона в сфере защиты информации требует серьезной доработки.

Метод распознавания аномалий сетевого трафика (РАСТ), разработан в работе [1, с. 199]. Методом предусмотрено использование НС типа МСП. В качестве входных данных НС использованы параметры заголовков IP-дейтаграмм. Выбор архитектуры НС базируется на утверждении о высоких аппроксимационных возможностях МСП. МСП состоит из трех слоев нейронов. Количество нейронов ВС — 18, равно числу параметров заголовке IP-дейтаграммы. Количество нейронов в СВ 2. Выход нейрона № 1 отвечает за наличие аномалии, а выход нейрона № 2 за безопасное состояние сетевого трафика. Приведены выражения для расчета количества нейронов в ССН. Таким образом, методом предусмотрено оптимизация параметров архитектуры НС. Для упрощения создания репрезентативной выборки разработан метод уточняющих сигнатур, суть которого заключается

во введении дополнительных искусственно созданных сигнатур, что описывают априорно аномальный трафик [2, с. 10]. Таким образом, в методе в неявном виде возможно использовать экспертные данные о сетевых атаках.

Нейросетевая искусственная иммунная система (НИИС), описана в работе. НИИС предназначена для распознавания в сканированных файлах ВПО. Использованы НС типа ТК. Выбор забора НС обоснован по критерию минимизации допустимого объема обучающей выборки (L), который для ПК зависит только от количества нейронов ССН (m): $L \geq 2m$. Процедуры предварительной обработки входных параметров и оптимизации процесса обучения не предусмотрены.

Модель ТК для распознавания компьютерных вирусов (МТК), разработана в работе [3, с. 239]. Модель предназначена для использования в антивирусных сканерах. Предусмотрен блок предварительной обработки входных параметров. Выбор типа модели реализован путем сравнительных численных экспериментов. В качестве критерия сравнения использован срок обучения. Оптимизация параметров и процедуры обучения нейросетевой модели не проводилась.

Метод обнаружения несанкционированного доступа к базе данных (ОНДБД) разработан в работе. Предложено использование ДСП. ВС состоит из 4 нейронов, а СВ из 1. В качестве входных данных использованы: объем загружаемой информации в базу данных, количество транзакций за одну минуту, количество операций модификации за одну минуту, признаки обращений к словарию. Предварительная обработка входных параметров заключается в их ранжировании и нормализации.

Алгоритм преобразования параметров трафика (АППТ) описан в работе [7, с. 36]. Алгоритм предназначен для получения из сетевого трафика входных данных для нейросетевой системы обнаружения сетевых атак. В качестве входной информации указанного алгоритма используются параметры ТСП-сессии. Преобразование параметров трафика применяется с целью уменьшения количества входных параметров НС и увеличения их информативности и реализуется с помощью математического аппарата, основанный на методе главных компонент. В алгоритме оптимизация вида и параметров НСМ не предусмотрена.

Нейросетевая технология обнаружения сетевых атак (ТОСА) на информационные ресурсы описана в. В технологии предусмотрен модуль сжатия входных данных, который базируется на применении нейросетевого аналога метода главных компонент — рециркуляционной нейронной сети с двумя слоями нейронов. Путем чис-

Таблица 1. Базовые характеристики нейросетевых методов и моделей

| Метод | Распознавание | | | | Тип НС | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|-----|------|----|--------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----------|---|---|---|---|
| | ВПО | АБД | спам | СА | МП | КН | ТКК | ВНС | АНС | САРТ | БНМ | РНС | все типы | | | | |
| ВФПК | | | | | + | | | | | | | | | | | | |
| МКН | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| МТК | | | | | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| НИИС | | | | | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | |
| НПВИ | | | | | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | |
| ВНДБД | - | | | | + | | | | | | | | | | | | |
| НФС | - | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | | | | |
| АППТ | - | | | + | - | - | | - | - | - | - | - | + | | | | |
| ПСКТ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| НСВВ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТОКА | | | | | | | | | + | - | - | - | - | - | - | - | |
| ТОСА | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| РАСТ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| СКСА | | | | | | | | | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| НГС | | | | | - | - | - | + | + | - | + | - | - | - | - | - | - |
| ПСКТ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ПВСА | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| АСОА) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ВАПВП) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| СОДА | | | | | - | - | | - | - | + | - | - | - | | | | |
| БНС | | | | | - | - | | - | - | - | + | - | - | | | | |
| ТОКСА | | | | | - | - | | - | - | - | - | + | - | | | | |

Таблица 2. Величины критериев, характеризующих нейросетевые методы и модели

| Метод | Параметр f для НС | | | | | | | | | |
|-------|---------------------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----------|--|
| | МП | КН | ТКК | ВНС | АНС | САРТ | БНМ | РНС | все типы | |
| ВФПК | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | |
| МКН | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| МТК | 1 | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| НИИС | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| НПВИ | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| ВНДБД | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| НФС | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | |
| АППТ | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | |
| ПСКТ | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| НСВВ | 0 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| ТОКА | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| ТОСА | -1 | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | |
| РАСТ | 0 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | |
| СКСА | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| НГС | 1 | 1 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| ПСКТ | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| ПВСА | 1 | 1 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| АСОА | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| ВАПВП | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |
| СОДА | 0 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | |
| БНС | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | |
| ТОКСА | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | |

ленных экспериментов доказана возможность использования предложенной технологии для обнаружения сетевых атак, сигнатуры которых представлен в базе данных KDD-99.

Базовые характеристики проанализированных нейросетевых методов и моделей приведены в табл. 1.1. Анализ данных этой таблицы указывает на то, что большинство известных НСС предназначены для распознавания сетевых атак. При этом в качестве базовых видов НСС используются МСП и ТК.

Кроме того, в результате проведенного анализа установлено, что обеспечение эффективности современных нейросетевых методов и моделей идет путем обеспечения в них определенных возможностей, которые характеризуются с помощью следующих критериев: ϕ_{no} — предварительная обработка входящих параметров, $\phi_{опа}$ -однокритериальная оптимизация вида архитектуры, $\phi_{опа}$ — многокритериальная оптимизация вида архитектуры, $\phi_{опа}$ — однокритериальная оптимизация параметров архитектуры, $\phi_{опа}$ — многокритериальная оптимизация параметров архитектуры, $\phi_{опа}$ -оптимизация метода обучения, $\phi_{опа}$ — возможность использования экспертных правил. Приведенный перечень дополнен критериям $\phi_{опа}$ и $\phi_{опа}$, которые указывают на возможность применения в методе классических и перспективных видов НСМ и возможность принципиальной оценки целесообразности применения НС для решения поставленной задачи. Основой использования параметра $\phi_{опа}$ является приведенное утверждение о том, что в СЗИ, как и в большинстве известных приложений, развитие нейросетевых методов и моделей идет путем приспособления базовых и перспективных нейросетевых архитектур к условиям поставленных практических задач. Основой использования параметра $\phi_{опа}$ является объективная необходимость четкого определения области применения НС в СЗИ.

Величины предложенных критериев в первом приближении можно оценить так: критерий равен 1, когда соответствующая возможность в нейросетевом методе или модели не обеспечивается, 0 — когда обеспечивается опосредованно и 1 — когда обеспечивается непосредственно.

Для проанализированных случаев величины указанных критериев приведены в табл. 1. При этом для всех проанализированных методов $\phi_{опа} = \phi_{опа} = -1$. Только для АППТ $\phi_{опа} = 1$, а $\phi_{опа} = 0$.

То есть в большинстве из проанализированных методов нельзя использовать весь перечень классических и перспективных видов НСМ и ни в одном из методов (моделей) не предусмотрена оценка принципиальной

целесообразности его применения. Также отметим, что базовый перечень параметров может быть в дальнейшем расширен.

Практическая ценность данных табл. 1.2 заключается в обрисовке недостатков и перспектив совершенствования современных нейросетевых методов и моделей. Например, величины $\phi_{опа} = 0$, $\phi_{опа} = -1$ свидетельствуют о том, что к недостаткам метода НСОВ можно отнести недостаточную оптимизацию вида НСМ. Это свидетельствует о возможности соответствующего совершенствования указанного метода. При этом ни один из рассмотренных методов не предполагает полноценной оптимизации НСМ, согласно условий поставленной задачи и полноценного использования в такой модели экспертных правил.

Также в результате проведенного анализа показано, что в современных СВА в основном используются классические виды НСМ, которые в той или иной степени адаптированы к условиям поставленной задачи.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что важным и актуальным направлением повышения эффективности контроля защищенности автоматизированных информационных систем является применение нейросетевых моделей, методов и средств оценки параметров безопасности. Несмотря на определенные достижения в этой области, эффективному применению таких средств оценивания мешают ряд недостатков. Основными из них являются:

- ◆ недостаточная оперативность реагирования на новые виды кибератак;
- ◆ недостаточная адаптация к вариативности условий применения и действия при ограниченных вычислительных ресурсах;
- ◆ недостаточная точность распознавания кибератак;
- ◆ недостаточная взаимосвязь известных нейросетевых подходов, моделей и методов оценки параметров безопасности для обнаружения кибератак;
- ◆ отсутствие нейросетевых систем, которые на основе комплексной нейросетевой методологии позволяют решать наиболее актуальные задачи контроля защищенности ИАИС.

Для исправления этих недостатков определены два направления научных исследований:

1. Развитие теоретического базиса нейросетевого оценивания параметров безопасности.
2. Применение разработанных теоретических положений для последовательного создания нейросетевых моделей, методов и систем оценки параметров безопасности.

Определение направлений развития теоретического базиса основывается на следующих предпосылках:

- ◆ эффективное использование нейросетевых средств требует разработки типовых подходов к применению нейросетевых моделей для распознавания различных видов кибератак;
- ◆ отсутствие оперативности распознавания новых типов кибератак в основном связано с длительным накоплением статистических данных, необходимых для обучения нейронной сети. Для обеспечения оперативности возможно для обучения нейронной сети использовать экспертные данные;
- ◆ обеспечить приспособленность нейросетевых средств к вариативности условий применения возможно за счет оптимизации вида и параметров контроля защищенности автоматизированных информационных систем, что лежит в основе таких средств;
- ◆ для адаптации нейросетевых средств к функционированию при ограниченных вычислительных ресурсах необходимо как оптимизировать вид и параметры нейросетевой модели, так и априорно оценивать объем вычислительных ресурсов для ее реализации;
- ◆ использование нейросетевых средств связано с определенным набором условий и ограничений, определяемых условиями задачи оценки и характеристиками нейросетевой модели. Поэтому необходимо провести как определение принципиальной целесообразности применения нейросетевых средств, так и оценку эффективности их разработки;
- ◆ повысить точность распознавания кибератак возможно за счет адаптации математического обеспечения нейросетевых моделей до функциональных зависимостей, соответствующих процессам распознавания. Кроме того, для повышения точности распознавания длительных кибератак целесообразно использовать марковский шаблон поведения параметров безопасности, который позволяет частично нивелировать временную составляющую процесса распознавания;

- ◆ использование нейронных сетей в высокоответственных средствах распознавания кибератак требует теоретической верификации нейросетевых моделей оценивания параметров безопасности.

Решение второго направления исследований связано с комплексной разработкой моделей, методов и систем, основанных на предложенных теоретических решениях, которые учитывают особенности контроля защищенности АИС.

Таким образом, сформулированная в исследовании проблема создания комплексной методологии разработки широкодоступных эффективных нейросетевых средств контроля защищенности автоматизированных информационных систем на основе применения нейросетевых технологий декомпозируется на ряд следующих задач:

- ◆ анализ современных нейросетевых средств оценки параметров безопасности информационных систем;
- ◆ развитие теоретических положений построения нейросетевых средств оценивания параметров безопасности информационных систем, позволяющих учиться с помощью экспертных данных, уменьшать погрешности классификации, учитывать особенности современных видов кибератак, условия использования и верифицировать полученные решения;
- ◆ построение моделей, учитывающих предложенные теоретические решения и использующиеся в нейросетевых средствах оценки параметров безопасности;
- ◆ разработка методов создания нейросетевых средств оценивания параметров безопасности, учитывающих предложенные теоретические решения и построенные модели;
- ◆ разработка нейросетевых систем оценки параметров безопасности информационных систем, которые позволяют распознавать вредоносные программы, классифицировать электронную почту и распознавать сетевые кибератаки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Е. С. Разработка и исследование методов построения систем обнаружения атак. Таганрог. 2005.
2. Айтчанов Б.Х., Бапиев И. М. Разработка процедуры определения ожидаемого выходного сигнала нейросетевой модели распознавания кибератак // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 5–1.
3. Артеменко А.В., Головкин В. А. Анализ нейросетевых методов распознавания компьютерных вирусов. — Минск: ГУ «БелИСА». 2010.
4. Безобразов С. В. Алгоритмы искусственных иммунных систем и нейронных сетей для обнаружения вредоносных программ /Нейрониформатика. 2010. № 7.
5. Беляев А. Системы обнаружения аномалий: новые идеи в защите информации / Экспресс-Электроника. 2004. № 2.
6. Блюменану Д. И. Экстрагирование как один из подходов к автоматизации реферирования /НТИ. Сер.2. 1982. № 2.
7. Большев А. К. Алгоритмы преобразования и классификации трафика для обнаружения вторжений в компьютерные сети. СПб. 2011.

8. Бриллинджер Д. Р. Временные ряды. Обработка данных и теория. М.: Мир. 1980.
9. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука. 1979.
10. Ващук И.Н., Кин Е. А., Очерedyko O. O. Оценка рисков при проектировании и разработке автоматизированной информационной системы поддержки разработки проекта комплексной системы защиты // В сборнике: Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. Материалы I Всероссийской научной конференции: в 2 частях. Министерство образования и науки Российской Федерации; Тольяттинский государственный университет. 2017.
11. Вилков А. С. Информационная безопасность персональных ЭВМ и мониторинг компьютерных сетей. — М.: МИНИТ ФСБ России, 2005.
12. Гавриленко С.Ю., Бабенко О. С., Игнатов Е. Н. Разработка системы распознавания уровня программного обеспечения на основе нейронных сетей // В сборнике: Метрология, стандартизация, качество: теория и практика материалы Международной научно-технической конференции. 2017.
13. Гришин А. В. Нейросетевые технологии в задачах обнаружения компьютерных атак / Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 1.
14. Давидюк Н. В. Методика оценки требуемого уровня защищенности информационных ресурсов автоматизированных систем обработки информации и управления // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2016. № 4 (65).
15. Дьяконов М. Ю. Нейросетевая система обнаружения аномального поведения вычислительных процессов микроядерных операционных систем. Уфа. 2010.

© Вершинин Александр Николаевич (ve.sa.2009@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА

ПРИМЕНЕНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

APPLICATION OF WEB-TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT PROBLEMS SOLVING IN HEALTHCARE SERVICE

**E. Geger
O. Yurkova
S. Fedorenko**

Summary. The article describes the technologies of web service for remote consultation of patient. The advantages of implementing of interactive user interface of web-applications with the use of AJAX technology, which consists in «background» data-sharing browser from a web-server, are described. It is predicted that web-technology will formulate new criteria for the development of information technology and will create conditions for improving the quality of health services to the population.

Keywords: information technologies, medical information systems, web-technologies, web-services, cryptographic operations, data encryption.

Гегер Эмилия Владимировна

Д.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
naser@bkdc.ru

Юркова Ольга Николаевна

К.э.н., ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»
yurkova_olga@mail.ru

Федоренко Сергей Иванович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»
segonator@mail.ru

Аннотация. В статье описывается метод удаленного консультирования пациента на основе технологий web-сервисов. Рассматриваются преимущества реализации интерактивного пользовательского интерфейса web-приложений с применением технологии AJAX, заключающегося в «фоновом» обмене данными браузера с web-сервером. Отмечается, что web-технологии позволят сформулировать новые критерии развития информационных технологий и создадут условия для повышения качества, удобства и доступности медицинских услуг населению.

Ключевые слова: информационные технологии, медицинские информационные системы, web-технологии, web-сервисы, криптографические операции, шифрование данных.

Концепцией развития здравоохранения до 2020 года роли информатизации в здравоохранении отводится важная роль [1]. Развитие информационных технологий в медицине позволяет создавать единую информационную среду здравоохранения, которая должна опираться на телекоммуникационные, телемедицинские и web-технологии, реализовывать комплексную системную концепцию сбора и хранения данных [2,3,4]. В обеспечении качества и удобства оказания медицинских услуг одним из перспективных направлений является использование web-приложений в медицинских информационных системах (МИС) [5].

Создание сервиса, объединяющего врачей и пациентов и позволяющего обмениваться быстрыми сообщениями, является в настоящий момент важным элементом медицинских информационных систем, способствующим повышению качества оказания медицинской помощи.

Объект настоящего исследования — созданная и практически реализованная в Брянском клинко-диагностическом центре МИС «МАИС ДЦ».

Обзор основных составных частей информационной системы схематически можно изобразить следующим образом (рисунок 1):

В основе исследуемой МИС Брянского клинко-диагностического центра лежат следующие принципы:

- ◆ единая персонифицированная база данных пациентов, позволяющая оперативно получать достоверную информацию в различных аспектах в зависимости от поставленных задач;
- ◆ создание единого информационного пространства — единый справочный аппарат, функционирование которого осуществляется в рамках локальной вычислительной сети;
- ◆ использование клиент-серверных технологий для разработки компьютерной системы, как программной основы для построения единого информационного пространства.

Дальнейшее развитие компьютерных технологий и их применение в работе врача диктуют новые задачи, одна из которых — дистанционное взаимодействие пациента и врача. В этой связи нами был разработан



Рис. 1. Информатизация медицины

web-сервис для медицинской информационной системы.

Рассмотрим практическое применение web-сервисов в медицинской информационной системе «МАИС ДЦ», разработанной в Брянском клинично-диагностическом центре.

DocIM.ru — медицинский IT-сервис, объединяющий врачей и пациентов и позволяющий обмениваться мгновенными сообщениями. Сервис представляет собой web-приложение, позволяющие заменить социальные сети, электронную почту и мессенджеры. За счёт использования web-технологий сервис может быть доступен на большом количестве платформ. Данный сервис разработан в соответствии со стандартами нормативно-правовой базы создания информационных технологий в здравоохранении [6,7,8].

С помощью сервиса DocIM.ru врач может заниматься удаленным консультированием пациента. Это особенно важно для людей, которые не имеют возможность посетить медицинское учреждение в связи с территориальной удалённостью, имеющие хронические заболевания, нуждающиеся в регулярной консультации врача. Большое внимание при разработке сервиса уделено защите персональных данных, для чего применены дополнительные средства шифрования данных, включающие попадание на сервер сообщений в открытом (незашифрованном) виде, доступные только отправителю и получателю.

Для организации шифрования применены технологии WebCrypto API и TLS [9]. WebCrypto API — это

JavaScript API для выполнения базовых криптографических операций в web-приложениях WebCrypto. Основное преимущество использования WebCrypto API заключается в значительном повышении скорости по сравнению с JavaScript библиотеками, такими как SJCL, asmcrypto.js, CryptoJS и другими.

Технология TLS была реализована с использованием web-сервера nginx (Transport Layer Security — это протокол защиты транспортного уровня). Для функционирования технологии TLS необходим SSL сертификат. SSL сертификат — это цифровая подпись сайта (Secure Socket Layer — технология безопасности для обеспечения зашифрованного соединения между web-сервером и браузером). Для его получения использовался сервис «Let's Encrypt» [10], который бесплатно предоставляет такие сертификаты. Web-сервер был сконфигурирован в соответствии с рекомендациями «Mozilla Foundation» [11].

Мгновенный обмен сообщениями организован с помощью WebSocket — протокола полнодуплексной связи (возможности одновременной передачи и приема данных). Web-сервис представляет собой Single Page Application (SPA) — это web-приложение, размещенное на одной web-странице, которая для обеспечения работы загружает весь необходимый код вместе с загрузкой самой страницы.

Приложение такого типа появились с началом эры HTML5. SPA является типичным представителем приложений на HTML5. Применение подхода SPA сопряжено с использованием технологии AJAX. Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) — технология подразумевающая «фоновый» обмен данными браузера с web-сервером [12].

Разработка серверной части производилась на языке PHP 7. Серверная часть представлена набором API (application programming interface — программный интерфейс приложения) для взаимодействия с сервисом. Аутентификация пользователя реализована с помощью специального механизма сессий. Ключ сессии браузер пользователя получает при успешной авторизации по номеру телефона.

Результаты исследования позволили обозначить основные составные части информатизации медицины и наметить перспективы будущего развития данного направления. Как показала практика, изучение процесса информатизации медицинской организации поставило важную практическую задачу — необходимость дистанционного взаимодействия пациента и врача. Нами было рассмотрено применение информационных технологий на примере конкретного медицинского учреждения и проанализированы функции разработанной и внедренной в Брянском клинично-диагностическом центре медицинской информационной системы. Показана необходимость и практическое применение web-сервисов в МИС.

Такой сервис позволит общаться врачу и пациенту, которому уже была оказана очная консультация. Это может быть очень удобно в том случае если, например, пациент в данный момент находится в командировке или иные случаи. Общение при этом происходит с использованием защищённых каналов связи (используется криптография), обеспечивается идентификация пользователя.

Одним из основных требований к такому сервису является доступность на большом количестве устройств. Универсальный пользовательский web-интерфейс позволит использовать сервис как на смартфонах и планшетах, так и на персональных компьютерах. Авторизация пользователей будет осуществляться с помощью номера телефона.

Использование web-сервиса для общения врача и пациента будет помогать контролировать здоровье пациента и позволит выйти на новый, более качественный и перспективный уровень развития медицины.

Проведенный анализ существующей медицинской информационной системы и определение перспектив ее дальнейшего развития позволил сформулировать основные полученные выводы.

1. Обоснована целесообразность применения web-сервисов в МИС.
2. Разработан медицинский ИТ-сервис DocIM.ru, позволяющий врачу и пациенту обмениваться мгновенными сообщениями.
3. Показаны алгоритмы шифрования для защиты конфиденциальной информации.
4. Необходимость применения web-сервисов в медицинских информационных системах обусловлена перспективным развитием компьютерных технологий и их ролью в повышении качества обслуживания пациентов и доступности медицинских услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития системы здравоохранения в РФ до 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: http://nnoi.ru/uploads/files/Концепция_.pdf. (дата обращения 15.11.2018).
2. Гегерь Э.В. Информационные технологии в управлении качеством оказания медицинской помощи // Современные наукоемкие технологии. № 2. Ч. 1. 2016. С. 9–12.
3. Гегерь Э.В., Моисеева О.Д. Эффективность использования информационных технологий в медицине на примере Брянского клинично-диагностического центра. // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. С. 1679–1682.
4. Гегерь Э.В., Федоренко С.И. Информационные системы как способ повышения эффективности управления лечебными учреждениями // Известия Юго-Западного гос. университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. № 2 (19). 2016. С. 39–45.
5. Гусев А. В. Рынок медицинских информационных систем: обзор, изменения, тренды // Врач и информационные технологии. 2012. № 3. С. 6–15.
6. ФЗ № 63-ФЗ от 6.04.2011 г. «Об электронной подписи».
7. ФЗ № 152-ФЗ от 27.07.2006 «О персональных данных».
8. ГОСТ Р 52636–2006 «Электронная история болезни. Общие положения».
9. [Электронный ресурс]. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Web_Crypto_API. (дата обращения 15.11.2018).
10. Express for Node.js [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/expressjs/express> (дата обращения 5.12.2018).
11. MariaDB Foundation [Электронный ресурс] URL: <https://mariadb.org/> — (дата обращения 5.12.2018).
12. Update on Web Cryptography [Электронный ресурс]. URL: <https://webkit.org/blog/7790/update-on-web-cryptography/> (дата обращения 15.11.2018).

© Гегерь Эмилия Владимировна (naser@bkdc.ru),

Юркова Ольга Николаевна (yurkova_olga@mail.ru), Федоренко Сергей Иванович (segonator@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕОРГАНИЗАЦИИ СТРУКТУР СОЦИАЛЬНЫХ ИНСТИТУТОВ БАНГЛАДЕШ

**METHOD OF SUPPORTING DECISION
MAKING ON THE MANAGEMENT
OF THE SYSTEMATIZATION
OF REORGANIZATION PROCESS
OF THE STRUCTURES OF SOCIAL
INSTITUTES OF BANGLADASH**

**K. Ghosh
M. Shcherbakov**

Summary. This work relates to the task of research and management of the reorganization of the structures of social institutions. The paper deals with the actual problem of decision support in managing the reorganization of social institutions of the People's Republic of Bangladesh. The paper proposes a method for supporting decision making in managing the reorganization of social institutions, taking into account the characteristics of the system of social institutions, and developing its algorithm in the form of a clear sequence of steps that determines the relevance of the problem and the choice of its most optimal solution.

Keywords: process, reorganization of structures, management of reorganization, support of decision making.

Гхош Кингкар Просад

Аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный
технический университет
hon_kingkar@yahoo.com

Щербаков Максим Владимирович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный технический университет
maxim.shcherbakov@gmail.com

Данная работа относится к задаче исследования и управления реорганизации структур социальных учреждений. В работе рассматривается актуальная проблема поддержки принятия решения при управлении процессом реорганизации социальных институтов Народной Республики Бангладеш. В работе предлагается метод поддержки принятия решения при управлении реорганизацией социальных институтов, учитывающий особенности системы социальных институтов и разрабатывается его алгоритм в виде четкой последовательности этапов, определяющий актуальность проблемы и выбор наиболее оптимального её решения.

Ключевые слова: процесс, реорганизация структур, управления реорганизации, поддержки принятия решения.

Введение

В настоящее время повышенное внимание уделяется социальным вопросам в реализации политики государства. Развитие социальных институтов — государственная политика, так как это сказывается на уровне жизни людей и развитии общества. К таким социальным институтам относят различные учреждения, как правило, находящиеся на попечении государства и получающие от него финансирование. В условиях ограниченности ресурсов и большого числа учреждений возникает неизбежная проблема эффективного распределения ресурсов. Политика “равномерного” распределения зачастую не достигает целей из-за ограниченности финансирования и невозможности привлечения новых финансов из государственной канвы. Другой способ — реорганизация подобных социальных институтов с целью диверсификации доходов и снижения зависимости от субсидирования государства. Такая модель (государственно-частного) партнерства зарекомендовала себя с положительной стороны. Тем не менее возникает сложная научная задача — рационального

управления изменением структуры социальных институтов для минимизации зависимости от государства. Это сложный процесс, включающий проблемы принятия управленческих решений, который во многом зависит от опыта руководителя и его заинтересованности в конечном результате. Разработка научно-обоснованных методов управления реорганизацией структур социальных учреждений является актуальной научной задачей.

Материал и методы исследования

В работе представлены модели сети социальных институтов в виде ориентированных графов (рис. 1 и рис. 2). В представленной модели социальной сети в процессе реорганизации социальных институтов их объединение избавляет сеть от государственной финансовой зависимости и от пожертвований. Исходя из их формализации можно выделить следующие управленческие решения: оставить структуру сети в текущем состоянии, модифицировать существующую сеть, изменив внутреннюю структуру социальных институтов, добавить новые элементы (социальные институты) [2]. В этом

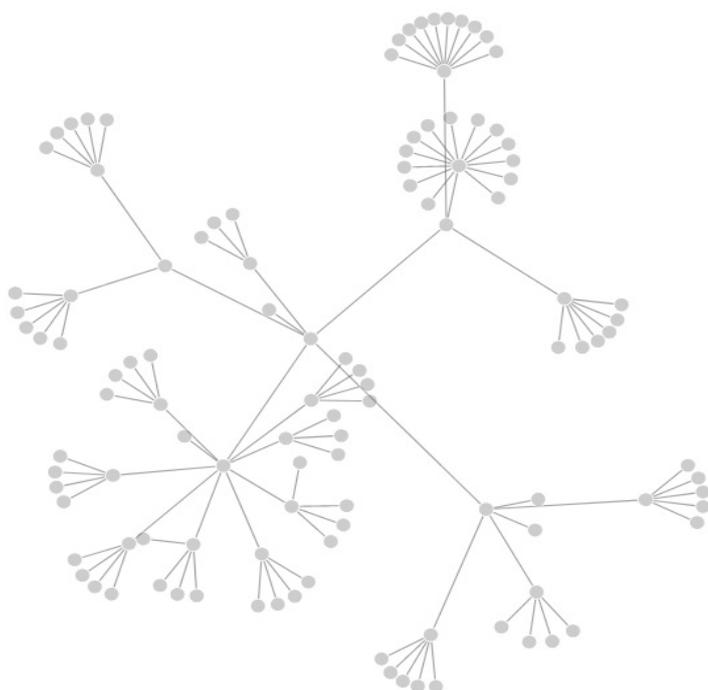


Рис. 1. Модель сети в виде дерева иерархии социальных институтов

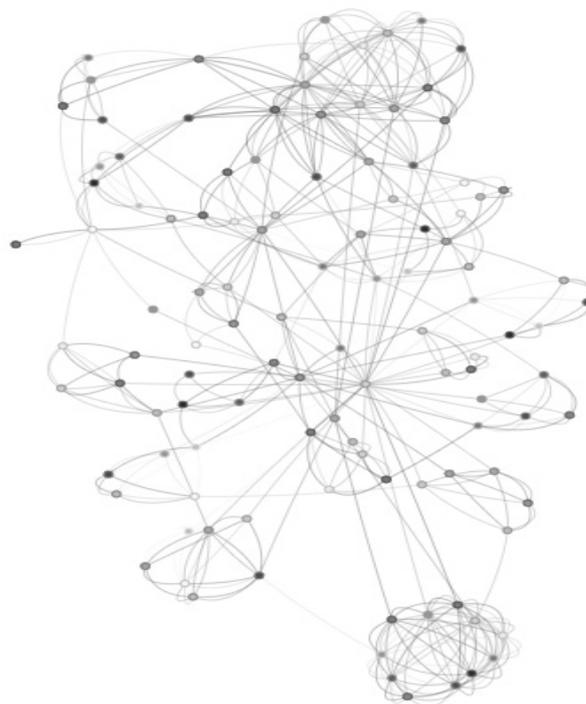


Рис. 2. Связи между институтами социальной сети и их отделениями в виде графа (НР Бангладеш)

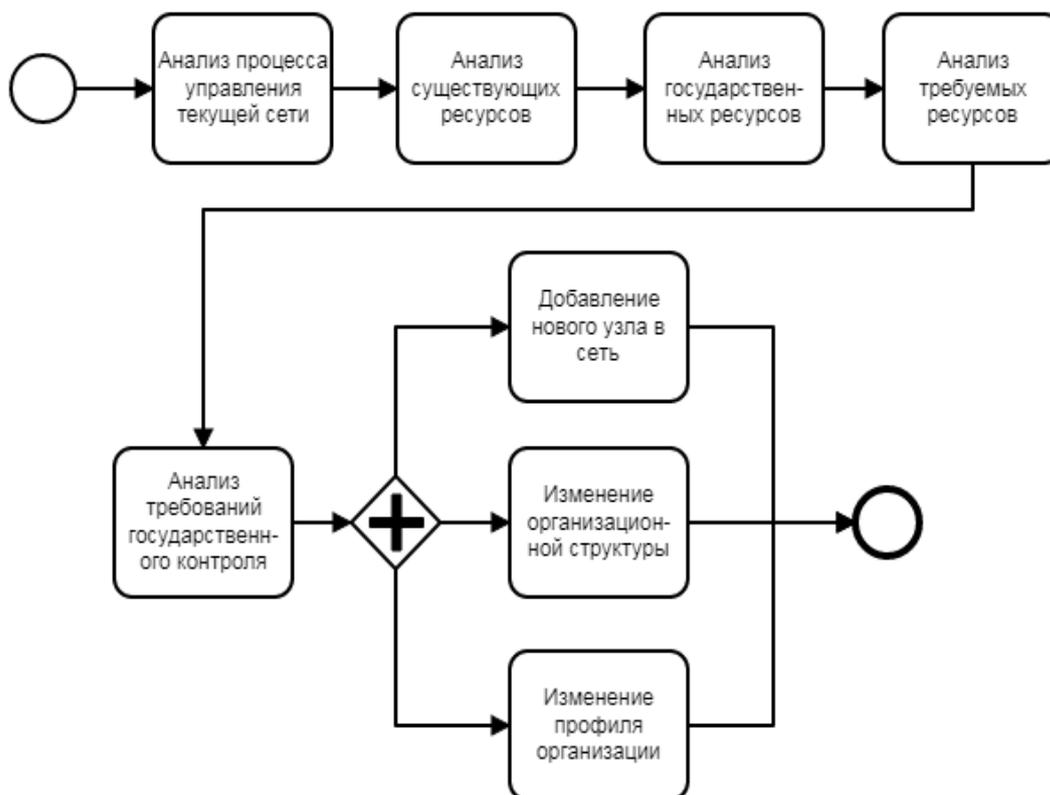


Рис. 3. Модель процесса управления реорганизацией структур социальных институтов

случае возникает два основных вопроса: 1) какое решение из перечисленных выше принять и 2) проработать детали реорганизации.

Так же в работе представлен бизнес-процесс управления реорганизацией социальных институтов, т.е. систематический подход к управлению, направленный на улучшение деятельности организации и ее процессов (рис. 3). Подход определяет возможность процесса реорганизации, его реализацию, повышает эффективность результата процесса и порядка его исполнения [4, 6].

Управление бизнес-процессом состоит из следующих фаз: первая фаза — анализ процесса управления текущей сети, где рассматривается управление сети «как есть» и планируется «как должно быть»; вторая фаза — анализ существующих ресурсов, т.е. рассматриваются административные, кадровые, экономические, материально-технические ресурсы и пр.; третья фаза — анализ государственных ресурсов, рассматриваются материально-финансовые ресурсы; четвертая фаза — анализ требуемых ресурсов, т.е. все аспекты требуемых ресурсов; пятая фаза — анализ требований государственного контроля и шестая фаза — поддержка принятия решения по выбору одного из трех способов модификации существующей сети: или добавление нового узла в сеть, или изменение организационной структуры существующего узла или изменение профиля организации. Ниже представлен метод поддержки принятия решения процесса реорганизации для добавления нового узла в сеть.

Метод поддержки принятия решения процесса реорганизации

Один из методов принятия решений — изложение ситуации в письменном виде, подсказывающее различные альтернативы действий, а также оценки последствий этих альтернатив [1]. **Этапы принятия решений:** 1) определение и формулировка проблемы — сформулировать проблему, указывая, что препятствует её реализации; 2) формулировка желаемого решения — принять идеальное решение, которое наиболее точно определит желаемый результат; 3) определение условий и ограничений — определяются возможные плюсы и минусы в случае реализации принятого решения; 4) формулировка окончательного решения для получения требуемого результата; 5) контроль и реализация — переход к практическим действиям, которые в результате приведут к оптимальному результату [1, 3, 5].

Рассмотрим алгоритм разрабатываемого метода принятия решения в виде четкой последовательности этапов:

1. Инициация процесса реорганизации.
2. Определение альтернатив возможных вариантов решения.

3. Определение групп критериев, (P, Q, R, S, \dots).
4. Определение критериев качественных показателей альтернатив, входящих в ту или иную группу, ($P(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots), \dots$).
5. Определение трёх разных групп людей для оценки критериев альтернатив, ($G1, G2, G3$).
6. Определение четырёх разных экспертов, ($E1, E2, E3, E4$).
7. Оценка каждого критерия альтернативы по 10-ти бальной шкале первой ($G1$) из трёх разных групп людей.
8. Оценка первого эксперта каждого критерия каждой группы по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1 ($E_k I(1, 2, 3, \dots)$).
9. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 7-го этапа на оценки 8-го, ($G1 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), \dots)$).
10. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, ($G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
11. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, ($G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
12. Оценка первого эксперта каждой группы критериев по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, ($E_g I(1, 2, 3, 4, \dots)$).
13. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 11-го этапа на оценки 12-го, ($G1 \Rightarrow (P * E_g I1, Q * E_g I2, R * E_g I3, S * E_g I4, \dots)$).
14. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, ($W_{G1E1} = (P * E_g I1 + Q * E_g I2 + R * E_g I3 + S * E_g I4 + \dots)$).
15. Оценка каждого критерия альтернативы по 10-ти бальной шкале второй ($G2$) из трёх разных групп людей.
16. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 15-го этапа на оценки 8-го, ($G2 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k I(1, 2, 3, \dots), \dots)$).
17. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, ($G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
18. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, ($G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
19. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 18-го этапа на оценки 12-го,

- $(G2 \Rightarrow (P * E_g11, Q * E_g12, R * E_g13, S * E_g14, \dots))$.
20. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, $(W_{G2E1} = (P * E_g11 + Q * E_g12 + R * E_g13 + S * E_g14 + \dots))$.
 21. Оценка каждого критерия альтернативы по 10-ти бальной шкале третьей $(G3)$ из трёх разных групп людей.
 22. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 21-го этапа на оценки 8-го, $(G3 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k1(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k1(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k1(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k1(1, 2, 3, \dots), \dots))$.
 23. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, $(G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 24. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, $(G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 25. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 24-го этапа на оценки 12-го, $(G2 \Rightarrow (P * E_g11, Q * E_g12, R * E_g13, S * E_g14, \dots))$.
 26. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, $(W_{G3E1} = (P * E_g11 + Q * E_g12 + R * E_g13 + S * E_g14 + \dots))$.
 27. Оценка второго эксперта каждого критерия каждой группы по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, $(E_k2(1, 2, 3, \dots))$.
 28. Оценка второго эксперта каждой группы критериев по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, $(E_g2(1, 2, 3, \dots))$.
 29. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 7-го этапа на оценки 27-го, $(G1 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), \dots))$.
 30. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, $(G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 31. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, $(G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 32. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 31-го этапа на оценки 28-го, $(G1 \Rightarrow (P * E_g21, Q * E_g22, R * E_g23, S * E_g24, \dots))$.
 33. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, $(W_{G1E2} = (P * E_g21 + Q * E_g22 + R * E_g23 + S * E_g24 + \dots))$.
 34. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 15-го этапа на оценки 27-го, $(G2 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), \dots))$.
 35. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, $(G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 36. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, $(G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 37. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 36-го этапа на оценки 28-го, $(G2 \Rightarrow (P * E_g21, Q * E_g22, R * E_g23, S * E_g24, \dots))$.
 38. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, $(W_{G2E2} = (P * E_g21 + Q * E_g22 + R * E_g23 + S * E_g24 + \dots))$.
 39. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 21-го этапа на оценки 27-го, $(G3 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), \dots))$.
 40. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, $(G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 41. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, $(G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 42. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 41-го этапа на оценки 28-го, $(G3 \Rightarrow (P * E_g21, Q * E_g22, R * E_g23, S * E_g24, \dots))$.
 43. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, $(W_{G3E2} = (P * E_g21 + Q * E_g22 + R * E_g23 + S * E_g24 + \dots))$.
 44. Оценка третьего эксперта каждого критерия каждой группы по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, $(E_k3(1, 2, 3, \dots))$.
 45. Оценка третьего эксперта каждой группы критериев по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, $(E_g3(1, 2, 3, \dots))$.
 46. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 7-го этапа на оценки 44-го, $(G1 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), \dots))$.
 47. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, $(G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 48. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, $(G1 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots))$.
 49. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 15-го этапа на оценки 27-го, $(G2 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k2(1, 2, 3, \dots), \dots))$.

- ляющих оценок 48-го этапа на оценки 45-го, ($G1 \Rightarrow (P * E_g31, Q * E_g32, R * E_g33, S * E_g34, \dots)$).
50. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, ($W_{G1E3} = (P * E_g31 + Q * E_g32 + R * E_g33 + S * E_g34 + \dots)$).
51. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 15-го этапа на оценки 44-го, ($G2 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), \dots)$).
52. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, ($G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
53. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, ($G2 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
54. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 53-го этапа на оценки 45-го, ($G2 \Rightarrow (P * E_g31, Q * E_g32, R * E_g33, S * E_g34, \dots)$).
55. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, ($W_{G2E3} = (P * E_g31 + Q * E_g32 + R * E_g33 + S * E_g34 + \dots)$).
56. Расчет значения оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 21-го этапа на оценки 44-го, ($G3 \Rightarrow (P(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), Q(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), R(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), S(1, 2, 3, \dots) * E_k3(1, 2, 3, \dots), \dots)$).
57. Суммирование новых оценок критериев каждой группы по каждой альтернативе, ($G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
58. Формирование таблицы, включающей суммарные оценки каждой группы по каждой альтернативе, ($G3 \Rightarrow (P, Q, R, S, \dots)$).
59. Получение новой оценки для каждой группы каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 58-го этапа на оценки 45-го, ($G3 \Rightarrow (P * E_g31, Q * E_g32, R * E_g33, S * E_g34, \dots)$).
60. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, ($W_{G3E3} = (P * E_g31 + Q * E_g32 + R * E_g33 + S * E_g34 + \dots)$).
61. Формирование таблицы, включающей результаты 14, 20, 26, 33, 38, 43, 50, 55, 60 этапов, которые являются критериями, ($W_{G1E1}, W_{G2E1}, W_{G3E1}, W_{G1E2}, W_{G2E2}, W_{G3E2}, W_{G1E3}, W_{G2E3}, W_{G3E3}$).
62. Оценка четвертого эксперта каждого критерия по шкале 0–1, сумма оценок которых равна 1, ($E4(1, 2, 3, 4, \dots)$).
63. Получение новой оценки каждого критерия каждой альтернативы путём умножения составляющих оценок 61-го этапа на оценки 62-го, ($E41 * W_{G1E1}, E42 * W_{G2E1}, E43 * W_{G3E1}, E44 * W_{G1E2},$

$$E45 * W_{G2E2}, E46 * W_{G3E2}, E47 * W_{G1E3}, E48 * W_{G2E3}, E49 * W_{G3E3}$$

64. Суммирование полученных оценок по каждой альтернативе, ($W = (E41 * W_{G1E1} + E42 * W_{G2E1} + E43 * W_{G3E1} + E44 * W_{G1E2} + E45 * W_{G2E2} + E46 * W_{G3E2} + E47 * W_{G1E3} + E48 * W_{G2E3} + E49 * W_{G3E3})$).
65. Выбор оптимальной альтернативы, имеющей максимальное значение, полученное на 64 этапе.

Из алгоритма метода принятия решения видно, что для принятия решения целесообразно составить таблицу, в которой строки соответствуют составляющим факторам сети, столбцы — возможным вариантам решения, а в клетках таблицы стоят оценки факторов для соответствующих альтернатив таблицы от трёх разных групп людей для оценки критериев альтернатив (G1, G2, G3).

На следующем этапе сравнительного анализа в каждой из групп выделяют единичные показатели качества и технического уровня. Им также соответственно приписывают вероятности оценки. Далее рассмотрим процесс формирования таблицы в общем виде, каждая клетка в ней вычисляется ниже по формулам:

$$P = E_k1 * P1 + E_k2 * P2 + E_k3 * P3 + E_k4 * P4 + \dots$$

где P — одна из групп критериев; $P1, P2, P3, \dots$ — критерии качественных показателей альтернатив; E_k1, E_k2, E_k3, \dots — оценка экспертом каждого критерия.

Экспертная оценка рассчитывается выбором объектов и параметров для сравнения, далее определяется вес каждого параметра и задается сравнительная шкала 0–1, сумма оценок каждого параметра равна 1. Таким образом, вычисляются по приведенным ниже формулам (Q, R, S, \dots критерии качественных показателей альтернатив):

$$Q = E_k1 * Q1 + E_k2 * Q2 + E_k3 * Q3 + E_k4 * Q4 + \dots$$

$$R = E_k1 * R1 + E_k2 * R2 + E_k3 * R3 + E_k4 * R4 + \dots$$

$$S = E_k1 * S1 + E_k2 * S2 + E_k3 * S3 + E_k4 * S4 + \dots$$

Обобщенный показатель качества и технического уровня проекта вычисляется ниже по формуле:

$$W_{GE} = E_g * P + E_g * Q + E_g * R + E_g * S + \dots$$

где W_{GE} — обобщенный показатель качества и технического уровня проекта для данной таблицы; E_g — оценка экспертом каждой группы критериев.

Выбор оптимальной альтернативы, имеющей максимальное значение, полученное ниже по формуле:

$$W = E41*W_{G1E1} + E42*W_{G2E1} + E43*W_{G3E1} + E44*W_{G1E2} + E45*W_{G2E2} + E46*W_{G3E2} + E47*W_{G1E3} + E48*W_{G2E3} + E49*W_{G3E3}$$

где W — обобщенный показатель качества и технического уровня проекта для принятия решения; E_4 — оценка четвертого эксперта.

Заключение

Результат данной работы — метод поддержки принятия решения по управлению процессом реорганизации социальных институтов и описан алгоритм разработанного метода. Так же разработан процесс его расчета, показавший эффективность предложенного метода поддержки принятия решения управления процесса реорганизации структур социальных институтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гхош, К. П. Формирование требований к системе / К. П. Гхош, Л. Н. Бутенко // Научная перспектива. — 2010. — № 12. — 89–90.
2. Гхош, К. П. Автоматизация инженерных знаний для проектирования / К. П. Гхош, Мд Шарифуззаман // Научный обозреватель. — 2011. — № 1. — 59–61.
3. Гхош, К.П., Мд. Халедуззаман. Stages and methods of decision making // Международный научный журнал «Школа Науки» № 9 (9), Ноябрь 2018 — Москва: Школа Науки — 46 с.
4. Загородников А. Н. Управление общественными связями в бизнесе. Учебник. — М: Крокус, 2013.
5. Орлов А. И. Теория принятия решений // Учебное пособие. — М.: Издательство «Март», 2004. — 656 с.
6. Ghosh K. P., Sajidur R., Sumya A., Md. Abdullah A. System approach in the study of socio-economic processes // Международный научный журнал «Школа Науки» № 10 (10), Ноябрь 2018 — Москва: Школа Науки — 68 с.

© Гхош Кингкар Просад (hon_kingkar@yahoo.com), Щербakov Максим Владимирович (maxim.shcherbakov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мамаев курган, г. Волгоград

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОИСКА АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ В СТРУКТУРЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕЛКОВ С МАЛЫМИ МОЛЕКУЛАМИ SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3

MATHEMATICAL MODEL OF SEARCH OF THE ACTIVE CENTERS IN STRUCTURE OF INTERACTION OF PROTEINS WITH SMALL MOLECULES SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3

**N. Zolotareva
E. Evsina**

Summary. A mathematical model of the search of active centers involved in the interaction with small molecules is proposed on the basis of the static method with the introduction of energy, structural and charge characteristics into the calculation. The result of this simulation is the preparation of molecular diagrams of the active centers of the surface exposed to the toxicant.

In the formulation of the mathematical model, the following assumptions are made: 1) the complex geometry of the cell membrane is presented as separate structural components — protein, carbohydrate, lipid/phospholipid; 2) as a molecular model of the protein system we used n-peptide, consisting of a sequence of amino acid residues and recorded as a z-matrix in the internal coordinates (or a set of Cartesian coordinates); 3) intermolecular interaction is carried out by the formation of multiparticle hydrogen bonds by type of bimolecular reaction.

The results of mathematical modeling can be presented in the form of graphic diagrams of a specific area of the protein system exposed to the toxicant (molecular diagram of the active centers of the surface). The calculated parameters — the bond length, the charge (under the atom) and the value of π -electron density (indicated by an arrow) were chosen for the diagram. The developed mathematical model of the search for the active centers of protein systems allows to localize the area exposed to the toxicant molecule. On the basis of the obtained results, we can form a data bank on the prevalence, toxicity of small molecules such as SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3 , CO and their ionized forms, on specific functional groups of the protein system exposed to the greatest impact.

Keywords: mathematical model, toxicants, structural components, centers of protein systems, ionized forms.

Золотарева Наталья Валерьевна
К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский
государственный университет», Астрахань
zoloto.chem@mail.ru

Евсина Елена Михайловна
К.т.н., доцент, ГАОУ АО ВО «Астраханский
государственный архитектурно-строительный
университет», Астрахань
evsinalena@mail.ru

Аннотация. Предлагается математическая модель поиска активных центров, участвующих во взаимодействии с малыми молекулами, на основании статического метода с введением в расчет энергетических, структурных и зарядовых характеристик. Результатом подобного моделирования является составление молекулярных диаграмм активных центров поверхности, подверженной воздействию токсиканта.

При формулировке математической модели приняты следующие допущения: 1) сложная геометрия клеточной мембраны представлена в виде отдельных структурных компонентов — белковая, углеводная, липидная/фосфолипидная; 2) в качестве молекулярной модели белковой системы используется n-пептид, состоящий из последовательности аминокислотных остатков и записанный в виде z-матрицы во внутренних координатах (или набора декартовых координат); 3) межмолекулярное взаимодействие осуществляется за счет формирования многочастичных водородных связей по типу бимолекулярной реакции.

Результаты математического моделирования могут быть представлены в виде графических схем конкретного участка белковой системы, подверженной воздействию токсиканта (молекулярная диаграмма активных центров поверхности). Для составления диаграммы выбраны рассчитанные показатели — длина связи, заряд (под атомом) и величина π -электронной плотности (вынесена стрелочкой).

Разработанная математическая модель поиска активных центров белковых систем, позволяет локализовать участок, подверженный воздействию со стороны молекулы токсиканта. На основании полученных результатов может быть сформирован банк данных о распространенности, токсичности таких малых молекул, как SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3 , CO и их ионизированных форм, о конкретных функциональных группах белковой системы, подверженной наибольшему воздействию.

Ключевые слова: математическая модель, токсиканты, структурные компоненты, центры белковых систем, ионизированные формы.

Введение

В настоящее время, по-прежнему, остаются актуальными вопросы, связанные с:

- ◆ теоретическими и экспериментальными исследованиями в области улавливания и концентрирования токсичных промышленных газов [14, с. 77–78; 15, с. 213–214];
- ◆ изучением токсичного воздействия таких малых молекул, как SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3 , CO на процессы внутриклеточного метаболизма [1, с. 758–766; 2, с. 336–352; 3, с. 206–207; 4, с. 369–381; 5, с. 1442–1453; 6, с. 864–872; 7, с. 1406–1415];
- ◆ моделированием механизмов клеточной токсичности, установлением мишеней (активных центров) воздействия, а также последовательности протекающих биохимических процессов [5, с. 1442–1453; 6, с. 864–872; 7, с. 1406–1415; 14, с. 77–78; 15, с. 213–214];
- ◆ разработкой фильтрующих адсорбционных материалов [1, с. 758–766; 2, с. 336–352; 3, с. 206–207; 4, с. 369–381; 5, с. 1442–1453; 6, с. 864–872; 7, с. 1406–141; 14, с. 77–78; 15, с. 213–214];
- ◆ созданием антидотов и средств биозащиты [14, с. 77–78; 15, с. 213–214].

В литературе [12, с. 34–67; 13, с. 33–35] представлены математические модели и методы, описывающие реакционную способность и взаимодействие в основном низкомолекулярных соединений, в которых, существующий квантово-механический аппарат позволяет: смоделировать поведение атомов в системе, исследовать геометрию, электронную структуру и энергетические характеристики молекул. Но по мере усложнения молекулы, за счет увеличения количества атомов в системе, данная задача становится практически невыполнимой.

Необходимо также отметить, что спрос на информацию о распространенности и токсичности таких малых молекул, как SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3 , CO и их ионизированных форм с каждым годом только возрастает [3, с. 206–207]. Поэтому, при решении обширных химико-экологических задач, связанных с моделированием процессов взаимодействия в макросистемах, приходится искать новые подходы исследования, отталкиваясь от существующих моделей с привлечением численных методов и комплексов программ.

Наиболее ранняя модель, описывающая реакционную способность молекул с возможностью образования межмолекулярных связей, была представлена в статическом методе Коулсона и Лонге-Хиггинса [12, с. 34–67; 13, с. 33–35]. Метод опирается на теорию молекулярных орбиталей, что позволяет изучать исходное состояние молекул с сопряженными связями, а также начало вза-

имодействия между молекулами, но не описывает переходное состояние системы, тем самым, не оценивает ситуацию в среде какого-либо реагента.

Цель исследования

Поэтому целью работы явилась разработка математической модели поиска активных центров, участвующих во взаимодействии с малыми молекулами, на основании статического метода с введением в расчет энергетических, структурных и зарядовых характеристик. Результатом подобного моделирования является составление молекулярных диаграмм активных центров поверхности, подверженной воздействию токсиканта.

Материал и методы исследования

При формулировке математической модели приняты следующие допущения: 1) сложная геометрия клеточной мембраны представлена в виде отдельных структурных компонентов — белковая, углеводная, липидная/фосфолипидная; 2) в качестве молекулярной модели белковой системы используется *n*-пептид, состоящий из последовательности аминокислотных остатков и записанный в виде *z*-матрицы во внутренних координатах (или набора декартовых координат); 3) межмолекулярное взаимодействие осуществляется за счет формирования многоатомных водородных связей по типу бимолекулярной реакции.

Необходимо отметить, что многие биологические молекулы и субъединицы взаимодействуют с малыми молекулами, — кофакторы, метаболиты или лекарственные средства, которые объединены в группу лигандов. Большинство таких лигандов находятся в несвязанном состоянии с макромолекулами и считаются «свободными лигандами».

Исходные структурные сведения белковых макромолекул, получены из открытой базы данных RCSB PDB [16] в виде набора координат. Для выполнения численных расчетов отобраны системы, в которых SO_2 , H_2S , NO_2 и другие малые молекулы находятся в качестве свободного лиганда.

Например, SO_2 существует в 14 белковых системах (PDB ID: 4RKM, 2X5X, 2FZM, 2HZ1, 2HZ3, 2FPE, 1OMS, 1NMD, 1NLV-*Homo sapiens* (рис. 1а), 1NM1, 1D4X, 1EKK, 2DMR, 1AOF). H_2S в свободном виде существует в 73 белковых системах, только одна из них отнесена к белкам *Homo sapiens*, выполняющих функцию транспорта кислорода (PDB ID: 5UCU (рис. 1б)).

NO_2 присутствует в 95 белковых системах, среди которых, функцию транспорта кислорода выполняют (PDB

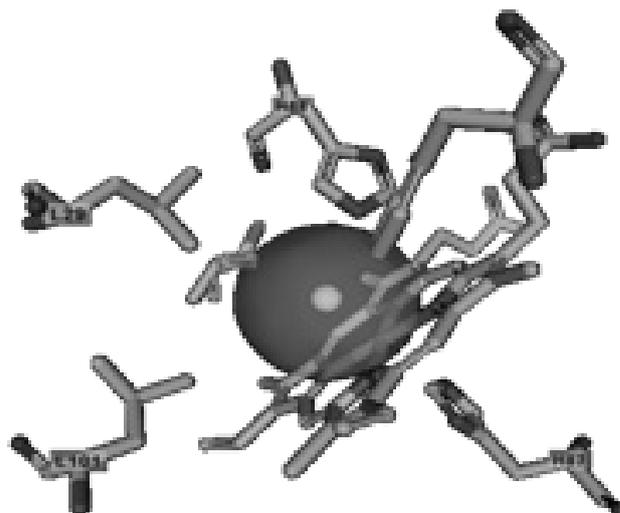

 а) 1NLV (малая молекула SO_2)

 б) 5UCU (малая молекула H_2S)

Рис. 1. Модели реакционных центров в белковых системах

ID: 4N8T, 3O04, 3O05, 3D7O), а также, ферменты, относящиеся к группе гидролазы поджелудочной железы человека (PDB ID: 2QMK, 2QV4). Молекула NH_3 в качестве свободного лиганда существует в 22-х, а CO уже входит в состав 340 белковых систем.

Выбор реакционных центров в белковых системах ограничивается ближайшим окружением, концевые атомы заменяются функциональными карбонильными — CHO и метильными $-\text{CH}_3$ группами. В результате, все отобранные системы могут быть рассмотрены с позиции элементарной химической реакции $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$, где продуктом реакции является образующийся межмолекулярный комплекс.

Математическая модель реализована на основании квантово-механических расчетов. Для нахождения полной энергии молекулы решено стационарное уравнение Шредингера в рамках самосогласованного поля Хартри-Фока [8, с. 135–145], представленного в каноническом виде:

$$\hat{h}_1 \psi_i(1) + \sum_{j=1}^N \left[\psi_i(1) \int \frac{\psi_j^*(2) \psi_j(2)}{r_{12}} d\tau_2 - \psi_j(1) \int \frac{\psi_j^*(2) \psi_i(2)}{r_{12}} d\tau_2 \right] = \varepsilon_i \psi_i, \quad (1)$$

где — одноэлектронный оператор, включающий оператор кинетической энергии электрона и энергии электростатического взаимодействия электрона с ядерным остовом молекулы; — молекулярная орбиталь,

представленная в виде линейной комбинации базисных функций, описывающих конкретную ϕ -атомную орбиталь; ε_i — энергия i -ой молекулярной орбитали.

Результаты исследования и их обсуждение

Для описания ϕ -орбиталей использовали валентно-расщепленный базисный набор $6-31+G(d, p)$ с включением диффузной и поляризационных функций [8, с. 165–185]. Атомная орбиталь внутренней оболочки представлена шестью гауссовыми функциями. Для учета поляризации атомов водорода также добавлены три гауссовы функции p -типа. Добавление диффузной функции позволяет воспроизводить свойства анионных систем, что актуально при наличии водородных связей, а учет поляризации позволяет корректно описать энергетические и геометрические характеристики.

Полагая далее, что итерационная процедура поиска минимума полной энергии контролируется вычислением величины среднеквадратичного градиента, кДж/(моль·Å):

$$\text{RMS} = (3N)^{-1} \cdot \left(\sum_i \left(\left(\frac{\partial E}{\partial x_i} \right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial y_i} \right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial z_i} \right)^2 \right) \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где суммирование осуществляется по всем N атомам молекулы; x_i, y_i, z_i — декартовы координаты i -ого атома.

На этапе оптимизации исходных молекул и образующегося комплекса накладываются учитываются крите-

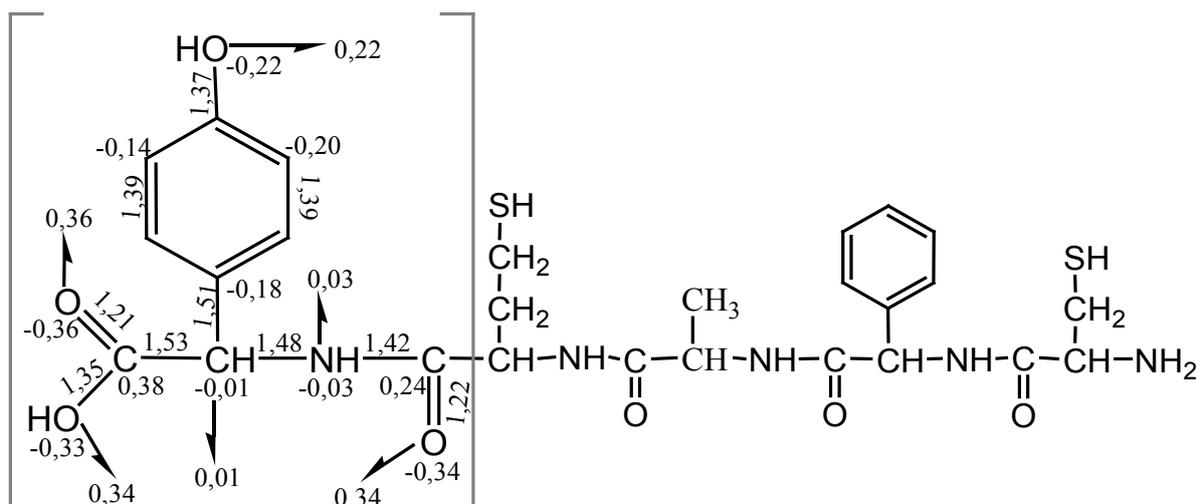


Рис. 2. Вид молекулярной диаграммы на примере фрагмента пентапептида

рии отбора: а) минимум полной энергии E или равенство градиента функции энергии нулю; б) критерии геометрических параметров (длина связи, валентный угол), сопоставимые с экспериментальными данными.

Молекула с начальными координатами не является равновесной, поэтому критерием окончания поиска точки экстремума на первой стадии является установление “завышенной” величины градиента — 10^{-2} кДж/(моль·Å). Это позволяет выявить локальные стационарные точки, которым соответствуют метастабильные конфигурации. При достижении сходимости между итерациями, все изменения в геометрии отражаются в z -матрице. Большинство молекул в первом приближении, как правило, имеют разногласия с экспериментальными данными, поэтому, задачу можно свести ко второй стадии вычисления. Дальнейшее снижение градиента до 10^{-5} кДж/(моль·Å) позволяет скорректировать геометрию найденных конформационных систем с целью обнаружения критической точки на поверхности энергии.

Для расчета структурных характеристик (π -электронная плотность, порядок связи) использовали уравнения (3, 4) [9, с. 45–67; 10, с. 349–356]:

$$\pi_r = \sum_{i=1}^{\Psi_{\text{занят}}(\text{МО})} n_i \cdot c_{ir}^2, \quad (3)$$

где $\Psi_{\text{занят}}(\text{МО})$ соответствует занятым молекулярным орбиталям; n_i — число электронов на i -ой орбитали, c_{ir} — варьируемый линейный параметр, орбитальный коэффициент при атоме r .

$$p_{rs} = \sum_{i=1}^{\Psi_m} 2c_{ir} \cdot c_{is} = \sum_{i=1}^{\Psi_m} 2p_{rs}^{(i)}, \quad (4)$$

где Ψ_m — номер высшей занятой орбитали, что соответствует полной энергии молекулы в данном состоянии волновой функции; c_{ir}, c_{is} — орбитальные коэффициенты при взаимодействующих атомах r, s .

При этом учитывали изменения в электронной конфигурации по значениям полных зарядов на атомах (q_i, e), определяющих интегральное значение π -электронной плотности вблизи каждого атома. Характеристическим показателем является перенос заряда Δq с активного центра белковой системы на малую молекулу, например, SO_2 , который вычисляют как

$$\Delta q = q(O_1) + q(S_2) + q(O_3) \quad (5)$$

Малые молекулы $\text{SO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{NO}_2, \text{NH}_3$ во всех белковых системах образуют водородные связи с близлежащими аминокислотами. Тепловые эффекты (ΔE , кДж/моль) формирования белковых систем вычисляют на основе выражений (1, 2):

$$\Delta E = E_{\text{полн}}(\text{система}) - \sum E_{\text{полн}}(\text{исх. компон.}) \quad (6)$$

Дополнительным энергетическим показателем, свидетельствующим о легкости формирования взаимодействия между малой молекулой и активным центром белка является величина энергетической щели (χ , эВ) между граничными молекулярными орбиталями, которую можно записать как [8, с. 354–356]:

$$\chi = \varepsilon_{\text{НСМО}}(\text{акцептора}) - \varepsilon_{\text{ВЗМО}}(\text{донора}), \quad (7)$$

где $\varepsilon_{\text{НСМО}}$ — низшая свободная молекулярная орбиталь молекулы акцептора электрона; $\varepsilon_{\text{ВЗМО}}$ — высшая занятая молекулярная орбиталь молекулы донора электрона.

По соотношениям величин ΔE , χ и длины связи l_{rs} между атомами, взаимодействующих молекул судят о стабильности образующихся систем.

Выводы или заключение

Результаты математического моделирования могут быть представлены в виде графических схем конкретного участка белковой системы, подверженной воздействию токсиканта (молекулярная диаграмма активных центров поверхности). Для составления диаграммы выбраны рассчитанные показатели — длина связи, заряд

(под атомом) и величина π -электронной плотности (вынесена стрелочкой).

Разработанная математическая модель поиска активных центров белковых систем, позволяет локализовать участок, подверженный воздействию со стороны молекулы токсиканта. На основании полученных результатов может быть сформирован банк данных о распространённости, токсичности таких малых молекул, как SO_2 , H_2S , NO_2 , NH_3 , CO и их ионизированных форм, о конкретных функциональных группах белковой системы, подверженной наибольшему воздействию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kermani M., Jonidi Jafari Ah., Rezaei Kalantari R., Sadat Sakhaet F., Sadat Kahe T., Dowlati M. Evaluation of chronic obstructive pulmonary disease attributed to atmospheric O_3 , NO_2 and SO_2 in Tehran city, from 2005 to 2014. *Iranian Journal of Health, Safety & Environment*, 2014. vol. 4. no. 3. P. 758–766.
2. Donald G. B. Cyanogenic foods (cassava fruit kernels and cycad seeds). *Medical Toxicology of Natural Substances*, 2009. no.55. P. 336–352.
3. Dzombak D. A., Ghosh, G. M. Cyanide in water and soil: chemistry risk and anagement. D. A. Wong-Chong — Taylor&Francis Group, Boca Raton, 2016. no. 35. P. 206–207.
4. Dongo E. The cardioprotective potential of hydrogen sulfide in myocardial ischemia/reperfusion injury (Review). *Acta Physiol. Hung*, 2011. vol. 98. no. 4. P. 369–381.
5. Esehie A. Beneficial effect of a hydrogen sulphide donor (sodium sulphide) in an ovine model of burn- and smoke-induced acute lung injury. *Br. J. Pharmacol*, 2009. vol. 158. no. 6. P. 1442–1453.
6. Mancardi D. Physiological and pharmacological features of the novel gasotransmitter: hydrogen sulfide. *Biochim. Biophys. Acta* 1787, 2009. no. 7. P. 864–872.
7. Mancardi D. Old and new gasotransmitters in the cardiovascular system: focus on the role of nitric oxide and hydrogen sulfide in endothelial cells and cardiomyocytes. *Curr. Pharm. Biotechnol*, 2011. vol. 12. no. 9. P. 1406–1415.
8. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 496 с.
9. Пюльман Б. Межмолекулярные взаимодействия: от двухтомных молекул до биополимеров. М.: Мир, 1981. 592 с.
10. Попл Дж. Квантово-химические модели // *Успехи физических наук*. 2002. Т. 172. № 3. С. 349–356.
11. Хигаси К. Баба Х., Рембаум А. Квантовая органическая химия. М.: Мир, 1967. 380 с.
12. Апостолова Е. С., Михайлюк А. И., Цирельсон В. Г. Квантово-химическое описание реакций. М.: РХТУ, 1999. 61 с.
13. Бурштейн К. Я., Шорыгин П. П. Квантово-химические расчеты в органической химии и молекулярной спектроскопии. М.: Наука, 1989. 104 с.
14. Литвин Д. Б., Дроздова Е. А. Математическое моделирование в среде визуального программирования // *Современные наукоемкие технологии*.— 2013. — № 6; URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=31989> (дата обращения: 05.09.2018)
15. Двадненко М. В., Привалова Н. М., Кудяева И. Ю., Степура А. Г. Выбор адсорбента для очистки сточных вод // *Современные наукоемкие технологии*. 2010. — № 10.; URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=11244> (дата обращения: 05.09.2018)
16. Электронный ресурс: <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>

© Золотарева Наталья Валерьевна (zoloto.chem@mail.ru), Евсина Елена Михайловна (evsinalena@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕОБХОДИМЫЕ И ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ ЭКСТРЕМУМА ФУНКЦИОНАЛА В ЗАДАЧАХ КОМПРЕССИИ ЦИФРОВЫХ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ, РЕШАЕМЫХ МЕТОДАМИ КЛАССИЧЕСКОГО ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Калистратов Дмитрий Сергеевич

*К.т.н., Тульский государственный университет
kalistratow@list.ru*

**NECESSARY AND SUFFICIENT
CONDITION OF THE FUNCTIONAL
EXTREMUM IN THE TASKS OF DIGITAL
VIDEO IMAGE COMPRESSION,
SOLVED BY METHODS OF CLASSICAL
VARIATION CALCULATION**

D. Kalistratov

Summary. the compression of digital video images is considered, an example of additional compression of the high-frequency component of the wavelet — Haar transform, based on the solution of the variational calculus with compression priority adjustment on the principle of code volume — image quality is discussed, the construction of the target functional is given, an example of solving a variational task by Lagrange method of indefinite factors is presented, the necessary and sufficient conditions for its extremum are analyzed in detail.

Keywords: digital video image, compression, amount of code, image quality, priorities, functionality, extreme solution, necessary and sufficient conditions for an extremum, Euler equations, Hesse matrix.

Аннотация. рассматривается компрессия цифровых видеоизображений, приводится пример дополнительного сжатия высокочастотного компонента вейвлет — преобразования Хаара на основе решения задачи вариационного исчисления с регулированием приоритетов компрессии по принципу объём кода — качество декодируемого изображения, даётся конструкция целевого функционала, разбирается пример решения вариационной задачи по методу неопределённых множителей Лагранжа, подробно анализируются необходимые и достаточные условия экстремума функционала.

Ключевые слова: цифровое видеоизображение, компрессия, объём кода, качество изображения, приоритеты, функционал, экстремальное решение, необходимые и достаточные условия экстремума, уравнения Эйлера, матрица Гессе.

Введение

Известно [1–3], что одними из ключевых параметров современных видеокодеков являются коэффициент компрессии и качество изображения на стороне декодирования. Указанные параметры эффективности обычно противоречат друг другу, то есть при увеличении степени сжатия ухудшается качество декодируемого изображения, а для сохранения качества изображения приходится мириться с низким коэффициентом компрессии.

Между тем существует ряд задач, в которых необходимо не просто сделать выбор в пользу одного из этих критериев, а иметь возможность динамического перераспределения приоритетов между ними. Такая постановка задачи позволяет рассматривать процесс компрессии изображений как задачу классического вариационного исчисления [4,5].

В данной работе изложен один из вариантов подобного технического решения. Как будет показано далее,

важным в вариационных математических моделях является не только правильное составление функционала, но и проверка его экстремума. По этой причине наиболее пристальное внимание в работе уделено необходимым и достаточным условиям экстремума функционала.

Постановка вариационной задачи

За основу взято вейвлет — преобразование Хаара, которое хорошо зарекомендовало себя для изображений с плавными «переходами» яркости, но «испытывает трудности» при обработке изображений с высокочастотным спектром [2]. Суть состоит в том, чтобы методами вариационного исчисления обеспечить дополнительное сжатие низкочастотному компоненту H этого преобразования (то есть компоненту полуразностей).

В предлагаемом методе построчно сглаживаются резкие всплески H (рисунок 1). Декодеру передаются значения не самого H , а значения его первых производных (после сглаживания).

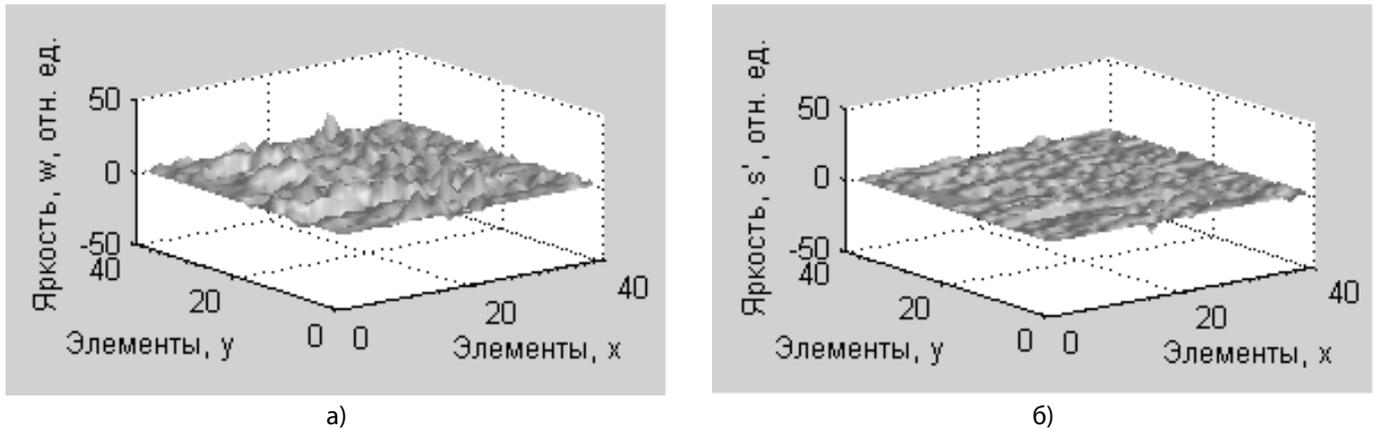


Рис. 1. Фрагмент высокочастотного компонента H вейвлет — преобразования Хаара для синей цветовой матрицы (квадратный сектор 40×40 элементов): а) — исходный; б) — сглаженный

Для достижения указанной цели к высокочастотному компоненту вейвлет — преобразования построчно подмешивается ещё один искусственный низкочастотный сигнал. На стороне кодирования данный сигнал сглаживает H и минимизирует его первую производную (что благоприятно влияет на коэффициент компрессии), но затем отфильтровывается на стороне декодирования фильтром высоких частот (что сохраняет качество изображения).

С математической точки зрения задачу компрессии отражает функционал J , содержащий целевую функцию с двумя приоритетными слагаемыми и одно ограничение связи при множителе Лагранжа (скобка при λ), то есть (см. формулу (1)).

где: $J(x, q, q', f, f')$ — функционал; x — аргумент (в дискретном случае ассоциируется с индексом элемента преобразования); b — верхняя граница области интегрирования (в дискретном виде ассоциируются с концом текущей строки элементов преобразования); $w(x)$ — входная функция; $q(x)$ — добавочная функция; $f(x)$ — функция выхода фильтра декодера; c_1, c_2 — весовые коэффициенты; $\lambda(x)$ — функция-множитель Лагран-

жа; a — параметр фильтра (связан по смыслу с постоянной RC); k — коэффициент усиления фильтра на выходе (используется также как дополнительный коэффициент квантования).

Первое слагаемое функционала характеризует цель повышения степени гладкости производной суммарной функции (требование объёма кодов). Второе слагаемое характеризует цель сохранения незначительного различия входного кодируемого и выходного декодируемого сигналов (требование качества изображения). Приоритеты между указанными целями регулируются весовыми коэффициентами c_1, c_2 . Для определённости положим:

$$c_1 + c_2 = 1. \tag{2}$$

Чем выше значение c_1 , тем более гладкой становится суммарная функция $s=w+q$, тем меньшая разрядная сетка требуется для хранения значений её первой производной и тем больше проявляется эффект уплотнения кода. Выбор в пользу повышения значения c_2 , напротив, сохраняет качество изображения, но обеспечивает низкий коэффициент компрессии.

$$J(x, q, q', f, f') = \int_0^b \left(c_1 ((w+q)')^2 + c_2 (w-f)^2 + \lambda (a(k(w+q)-f)' - f) \right) dx, \tag{1}$$

$$J \in \mathbb{R}, x \in \mathbb{R}, b \in \mathbb{N}, x \in [0, b],$$

$$w(x), q(x), f(x) \in \mathbb{R}, \lambda(x) \in \mathbb{R}, a, k \in \mathbb{R},$$

$$c_1 \in \mathbb{R}_+, c_2 \in \mathbb{R}_+,$$

Ограничение связи, при функции — множителе Лагранжа λ , представляет собой фильтр высоких частот на основе RC — цепи, в которой выходной сигнал фильтра снимается с резистора. Через параметр a задаётся частота среза фильтра.

Необходимые условия экстремума

Следующим этапом решения вариационной задачи является обеспечение экстремума функционала. Необходимые условия экстремума формируются из условия равенства нулю первой вариации функционала (аналог первого дифференциала в функциональном анализе). Отметим, что в литературных источниках очень подробно освещаются подходы и алгоритмы действий для проверки данного условия [4,5].

К примеру, в методе неопределённых множителей Лагранжа [4] система уравнений для нахождения экстремалей функционала применительно к рассматриваемому случаю содержит два уравнения Эйлера и одно ограничение связи (см. формулу (3))

Данную систему на программном уровне удаётся решить в дискретном виде приближёнными методами с заменой производных разностными отношениями. Однако, условие равенства нулю первой вариации функционала является необходимым, но ещё не достаточным. Поэтому решение следует дополнить проверкой достаточного условия экстремума.

Достаточные условия экстремума

Здесь дело обстоит гораздо сложнее, хотя также имеются несколько известных способов проверки. Например, достаточное условие экстремума в терминах вариаций [5] гласит о том, что для обеспечения минимума функционала необходимо, чтобы вторая вариация функционала (аналог второго дифференциала в функциональном анализе) была положительной. При использовании матрицы Гёссе, это условие в данном случае можно записать так: см. формулу (4).

где: $\delta^2 J(x, \mathbf{y}, \delta \mathbf{y})$ — вторая вариация функционала; \mathbf{y} — вектор функций-аргументов функционала; $\delta \mathbf{y}$ — вектор первых вариаций функций-аргументов функционала; \mathbf{G} — матрица Гёссе; δ — обозначение вариации.

Рассмотрим сначала более простой случай с нерасширенным функционалом, то есть когда он содержит только целевую функцию, но не содержит слагаемое, учитывающее ограничения связи (слагаемое с λ). Тогда, в терминах вариаций получаем следующее достаточное условие минимума функционала в общем виде (см. формулу (5)).

То есть, вторая вариация функционала должна быть положительной при любых допустимых приращениях вариаций аргументов. Вычисляя частные производные и раскрывая последнюю формулу для второй вариации нерасширенного функционала, приходим к следующей записи: см. формулу (6)

$$\begin{cases} 2c_1 w' + 2c_1 q'' + a\lambda' = 0, \\ -a\lambda' + 2c_2 w - 2c_2 f + \lambda = 0, \\ akw' + akq' - af' - f = 0. \end{cases} \tag{3}$$

$$\delta^2 J(x, \mathbf{y}, \delta \mathbf{y}) = \int_0^b \delta \mathbf{y} \mathbf{G} (\delta \mathbf{y})^T dx > 0, \tag{4}$$

$$\delta^2 J(x, \mathbf{y}, \delta \mathbf{y}) = \int_0^b (\delta q' \ \delta f) \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 J}{\partial q'^2} & \frac{\partial^2 J}{\partial q' \partial f} \\ \frac{\partial^2 J}{\partial f \partial q'} & \frac{\partial^2 J}{\partial f^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta q' \\ \delta f \end{pmatrix} dx > 0. \tag{5}$$

Поскольку весовые коэффициенты и квадраты функциональных вариаций положительны в каждой точке по x , заключаем, что экстремум будет минимумом.

Достаточность экстремума можно установить также по квадратичной форме второй вариации. Для минимума она должна быть положительно определена в каждой точке по x , то есть все главные угловые миноры в каждой точке по x должны быть положительны. В данном случае матрица квадратичной формы одинакова во всех области определения по x (см. формулу (7), где: \mathbf{A} — матрица квадратичной формы для второй вариации функциона-

ла в точке. Видим, что квадратичная форма определена положительно, следовательно, экстремум функционала является минимумом.

Теперь рассмотрим более сложный случай, когда ограничение входит в конструкцию функционала. Все функции, зависящие от x , с точки зрения функционала будем пока считать «равноправными». Таким образом, к исходным аргументам $q'(x), f(x)$ добавляется ещё пара аргументов $q'(x), f(x)$ и функционал зависит уже от четырёх параметров. Следовательно, положив пока все функции-аргументы равноправными, для второй вари-

$$\delta^2 J(x, q', f, \delta q', \delta f) = \int (2c_1 \delta^2 q' + 2c_2 \delta^2 f) dx, \tag{6}$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2\tilde{n}_1 & 0 \\ 0 & 2c_2 \end{pmatrix}, \quad x \in [0, b], \tag{7}$$

$$\delta^2 J(x, \mathbf{y}, \delta \mathbf{y}) = \int_0^b (\delta q' \ \delta f \ \delta f' \ \delta \lambda) \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 J}{\partial q'^2} & \frac{\partial^2 J}{\partial q' \partial f} & \frac{\partial^2 J}{\partial q' \partial f'} & \frac{\partial^2 J}{\partial q' \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 J}{\partial f \partial q'} & \frac{\partial^2 J}{\partial f^2} & \frac{\partial^2 J}{\partial f \partial f'} & \frac{\partial^2 J}{\partial f \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 J}{\partial f' \partial q'} & \frac{\partial^2 J}{\partial f' \partial f} & \frac{\partial^2 J}{\partial f'^2} & \frac{\partial^2 J}{\partial f' \partial \lambda} \\ \frac{\partial^2 J}{\partial \lambda \partial q'} & \frac{\partial^2 J}{\partial \lambda \partial f} & \frac{\partial^2 J}{\partial \lambda \partial f'} & \frac{\partial^2 J}{\partial \lambda^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta q' \\ \delta f \\ \delta f' \\ \delta \lambda \end{pmatrix} dx > 0. \tag{8}$$

$$\delta^2 J(x, q', f, f', \lambda, \delta q', \delta f, \delta f', \delta \lambda) = \int_0^b (2c_1 \delta^2 q' + ak \delta q' \delta \lambda + 2c_2 \delta^2 f - \delta f \delta \lambda - a \delta f' \delta \lambda + ak \delta \lambda \delta q' - \delta \lambda \delta f - a \delta \lambda \delta f') dx > 0. \tag{9}$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2\tilde{n}_1 & 0 & 0 & ak \\ 0 & 2c_2 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -a \\ ak & -1 & -a & 0 \end{pmatrix}, \quad x \in [0, b]. \tag{10}$$

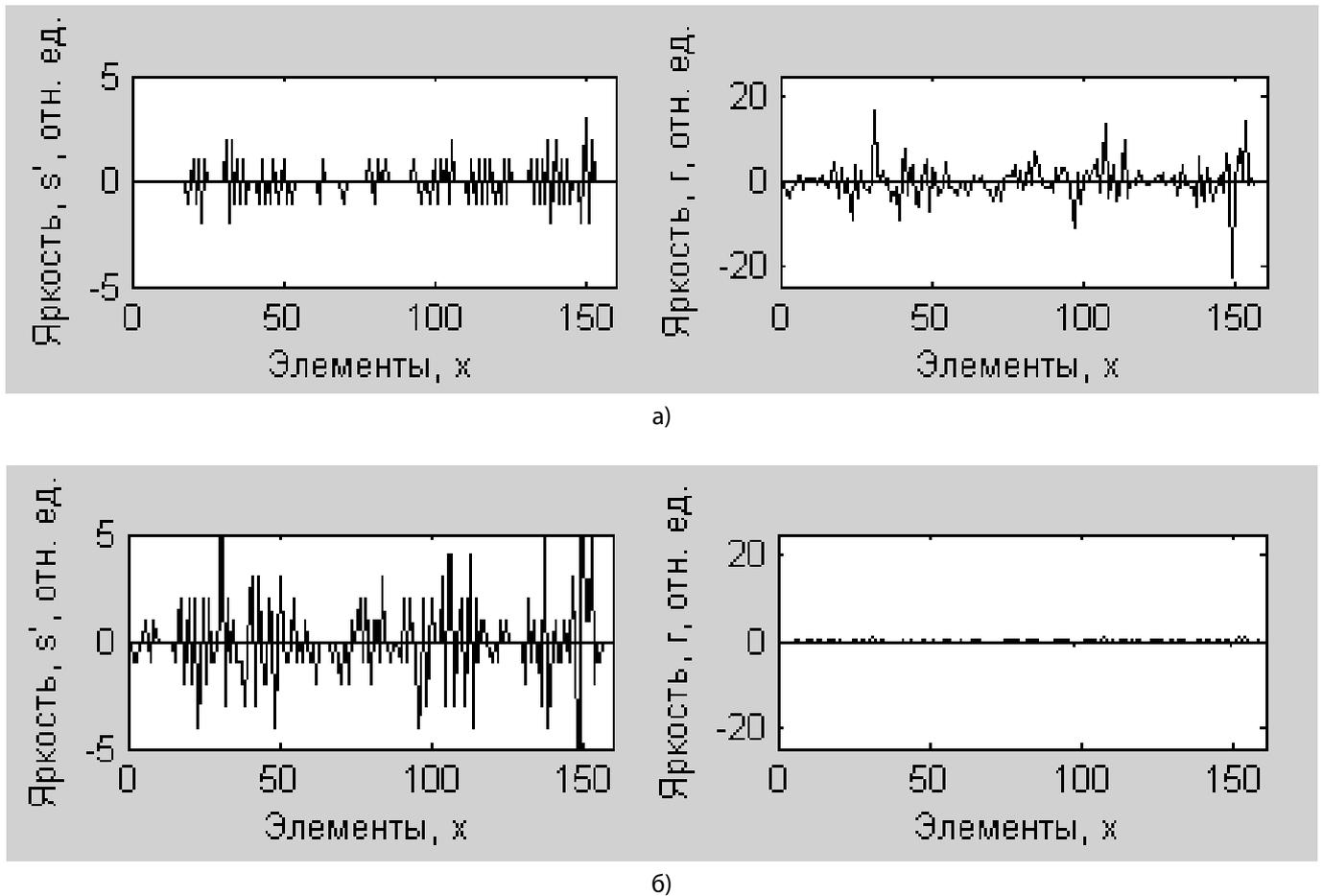


Рис. 2. Передаваемая сглаженная производная s' и расхождение кодируемой и декодируемой строки g при разных сочетаниях весовых коэффициентов: а) — при $c_1=0.9$ и $c_2=0.1$; б) — при $c_1=0.1$ и $c_2=0.9$

ации в случае минимума получаем следующее условие: см. формулу 8.

После нахождения частных производных по функциям-аргументам и векторно-матричного перемножения в терминах вариаций приходим к следующему условию: см. формулу (9).

Анализировать последнее выражение при всех возможных сочетаниях вариаций-приращений сложно, поэтому найдём определитель квадратичной формы второй вариации: см формулу (10).

Так как уже третий угловой минор равен нулю, то по критерию определённости квадратичной формы получается, что в этом случае мы не можем гарантировать ни минимум, ни максимум. Однако, результаты моделирования свидетельствуют о том (рисунок 2), что экстремумом рассматриваемого расширенного функционала по-прежнему остаётся минимум (то есть, при большом c_1 стремится к нулю первая скобка целевой функции, а при большом c_2 вторая скобка).

Дело в том, что в последнем случае мы рассматривали расширенный функционал, намеренно не принимая во внимание наличия условия, наложенного дополнительно, а все функции положили равноправными и независимыми между собой.

Между тем, очевидно, что в случае соблюдения ограничения связи скобка при множителе Лагранжа при любом x всегда будет равна нулю (это обеспечивается системой уравнений Эйлера, полученной при соблюдении необходимых условий экстремума). То есть, получается, что при соблюдении ограничения связи его вклад в общей конструкции расширенного функционала равен нулю, а кроме того, равен нулю и вклад указанного слагаемого при вычислении второй вариации.

Полученное противоречие определённости квадратичных форм свидетельствует о том, что все переменные в случае вариационной задачи на условный экстремум (включая множитель Лагранжа), принимать как равноправные и независимые нельзя (между ними, или их ча-

стью существует связь, которую нельзя не учитывать при вычислении второй вариации функционала).

Иными словами, в случае с первой вариацией и необходимым условием экстремума слагаемое при множителе Лагранжа необходимо было учитывать, чтобы вовлечь в решение введённое ограничение как таковое, а в случае со второй вариацией и достаточным условием слагаемым с ограничением следует пренебречь и вычислять вторую вариацию нерасширенного функционала (содержащего только целевую функцию). Подчеркнём, что указанный случай достаточного условия для условного экстремума в литературных источниках отдельно не оговаривается.

Заключение

В целом можно заключить, что процесс компрессии цифровых изображений можно рассматривать как задачу вариационного исчисления, поскольку приоритеты между основными противоречащими друг другу критериями качества видеокodeка (объём кода и качество декодируемого изображения) можно регулировать путём перезадания значений весовых коэффициентов целевой функции.

При этом очевидно, что в процессе поиска экстремального решения необходимо учитывать и анализировать не только необходимые, но и достаточные условия экстремума функционала. Необходимые условия связаны с понятием первой вариации функционала, достаточные условия связаны с его второй вариацией (по сути, первая и вторая вариации функционала в задачах вариационного исчисления являются аналогами дифференциалов в задачах функционального анализа). Кроме того, следует разграничивать условный и безусловный экстремум. В последнем случае вариационная задача усложняется.

С точки зрения практического применения, видеокодек, построенный по принципу регулирования объёма кода — качество декодируемого изображения, будет полезен при создании технических систем, в которых необходимо обеспечить такое регулирование, в том числе в режиме реального времени. Примером здесь является перспективная система статистического анализа автотранспортных потоков мегаполисов с целью поиска решения проблемы транспортных заторов [6–8], а также система видеомониторинга пожарной обстановки лесных массивов с целью сохранения целостности природных ресурсов [9,10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Блаттер К. Вейвлет — анализ. Основы теории. / К. Блаттер. — М.: Техносфера, 2004. — 280с.
2. Калистратов Д. С., Минаков Е. И., Бархоткин В. А., Видеокодирование. Оптимизация методов компрессии статических видеоизображений: монография / Д. С. Калистратов, Е. И. Минаков, В. А. Бархоткин, — Тула: Издательство ТулГУ, 2016. — 104 с.
3. Калистратов Д. С. Минаков Е. И., Способ кодирования — декодирования цифровых видеоизображений // Патент России на изобретение № 2616176. 2017. Бюл. № 11–2017.
4. Ванько В. И., Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление: Учеб. для вузов / В. И. Ванько, О. В. Ермошина, Г. Н. Кувыркин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 488 с.
5. Мышкис Д. А. Математика для вузов. Специальные курсы / Д. А. Мышкис. — М.: Наука, 1971. — 632 с.
6. Минаков Е. И., Калистратов Д. С. Метод геометрической стабилизации квазистационарных аэровидеоизображений в информационно-измерительных системах видеомониторинга / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов // Вестник компьютерных и информационных технологий, — 2016. — № 4 — С. 46–49.
7. Бархоткин В. А., Минаков Е. И., Калистратов Д. С. Модель электронно-измерительной системы видеомониторинга состояния транспортных потоков на основе компрессии и передачи панорамных аэровидеоизображений / В. А. Бархоткин, Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов // жур. Наноиндустрия, Микроэлектроника — 2016. 2-я научная конференция: Сборник докладов. — М.: АО РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», 2016. — № 5 (74). — С. 189–193.
8. Минаков Е. И., Калистратов Д. С., Киселев А. П. Особенности статистической обработки и компрессии аэровидеоизображений в электронно-измерительных системах мониторинга состояния транспортных потоков / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов, А. П. Киселев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», — 2018. — № 11. — С. 84–87.
9. Минаков Е. И., Калистратов Д. С., Мирчук С. Г. Модель информационно-измерительной системы видеомониторинга лесных пожаров. / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов, С. Г. Мирчук // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 11. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 194–200.
10. Минаков Е. И., Калистратов Д. С., Мирчук С. Г. Метод идентификации проекций очагов возгорания лесных массивов по цифровым видеоизображениям / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов, С. Г. Мирчук // Цифровая обработка сигналов, — 2017. — № 4. — С. 30–33.

© Калистратов Дмитрий Сергеевич (kalistratow@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА OPC WEB СЕРВЕРА ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

THE DEVELOPMENT OF OPC WEB SERVER FOR SECURE DATA TRANSFER BETWEEN HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES

V. Kochetkov

Summary. this article deals with the problems of secure data transmission from software and hardware systems (PTC) within technological networks, as well as the use of OPC DA protocols present in most complexes for data transmission. The OPC DA/ HDA family of protocols, are vulnerable because they are based on DCOM (a Component Object Model extension used to communicate objects on different computers on the network), require 135, 139, 445, and 593 ports open to public access. These ports are operated by various kinds of network worms, there are a large number of exploits (exploits) available on the Internet. The solution in this situation is to develop a client that is installed directly on the server (local access to DCOM) and sends data through the open port in the firewall via HTTP. The use of "white lists" of IP addresses, different types of data encryption provide additional protection of the client-server connection and the transmitted data.

Keywords: HTTP, XML, OPC DA, OPC tag, multithreading, DCOM, encryption, Blowfish.

Кочетков Виталий Викторович

Ведущий инженер электронщик, АО «Интер РАО — Электрогенерация» филиал «Верхнетагильская ГРЭС»
kochetkov_vv@interra.ru

Аннотация. В данной статье затрагиваются проблемы безопасной передачи данных с программно-технических комплексов (ПТК) внутри технологических сетей, а также использование для передачи данных протоколов OPC DA, присутствующих в большинстве комплексов. Семейство протоколов OPC DA/ HDA, являются уязвимыми, так как базируются на DCOM (расширение Component Object Model, используется для связи объектов на различных компьютерах в сети), требуют открытых для общего доступа 135, 139, 445 и 593 портов. Данные порты эксплуатируются разного рода сетевыми червями, существует большое количество эксплоитов (exploits), доступных в интернет. Выходом в данной ситуации является разработка клиента, устанавливаемого непосредственно на сервер (локальный доступ к DCOM) и отдающем данные через открытый в брандмауэре порт по протоколу HTTP. Использование "белых" списков IP адресов, разного вида шифрования данных создают дополнительную защиту соединения клиент — сервер и передаваемых данных.

Ключевые слова: HTTP, XML, OPC DA, OPC тэг, многопоточность, DCOM, шифрование, Blowfish.

Введение

За последние годы, с увеличением производительности процессоров и значительном прорыве в схемотехнике в целом, произошёл рост внедряемых в России Автоматизированных Систем Управления Технологическими Процессами — далее АСУ ТП. Контроллеры управляют работой Газотурбинных установок, перекачивающих станций, станций химводоочистки. Как правило контроллеры являются частью программно-технического комплекса (ПТК), в который помимо всего прочего входит программное обеспечение, предназначенное для сбора, обработки и хранения данных. Функционал ПТК определяется на этапе проектирования, и претерпевает некоторые изменения на этапе пуско-наладки. После того как объект сдан, внести какие-либо коррективы или дополнения без заключения нового договора часто бывает затруднительно (лицензионные соглашения, сохранение гарантии организации, производящей внедрение и наладку, отсутствие собственного квалифицированного персонала). А необходимость во внесении коррективов и дополнений возни-

кает достаточно часто. Например, парогазотурбинная установка далее ПГУ, аттестовалась в режим работы НПРЧ — Нормированное Первичное Регулирование Частоты [1]. Условием участия энергоблоков электрических предприятий в НПРЧ является выгрузка определённого набора данных, и отправка через интернет в Оперативно-Диспетчерское Управление — ОДУ. Другой вариант, несколько энергетических предприятий обязывают выгружать данные в единый производственно-технический отдел — ПТО, для осуществления контроля производственных процессов в том числе УРУТ — удельный расход условного топлива. Разные предприятия имеют разный состав оборудования и программного обеспечения, заключить договора на доработку на все предприятия не всегда возможно, например, устаревшее оборудование или финансово затратно.

Выходом из такой ситуации может быть написание собственной автоматизированной информационной системы — АИС, которую в процессе эксплуатации можно будет адаптировать под любые новые условия (автогенерация отчётов, автоматическая выгрузка данных).

```

<soap:Body>
  <ReadResponse xmlns="http://opcfoundation.org/webservices/XMLDA/1.0/">
    <ReadResult
      RcvTime="2003-05-27T00:15:36.6400000-07:00"
      ReplyTime="2003-05-27T00:15:36.7500000-07:00"
      ServerState="running"
    />
    <RItemList>
      <Items
        ItemName="Simple Types/UInt"
        Timestamp="2003-05-27T00:15:36.7343750-07:00">
          <Value xsi:type="xsd:unsignedInt">4294967295</Value>
        </Items>
      <Items
        ItemName="Simple Types/Int"
        Timestamp="2003-05-27T00:15:36.7343750-07:00">
          <Value xsi:type="xsd:int">2147483647</Value>
        </Items>
      <Items
        ItemName="Simple Types/Float"
        Timestamp="2003-05-27T00:15:36.7343750-07:00">
          <Value xsi:type="xsd:float">3.402823E+38</Value>
        </Items>
      </RItemList>
    </ReadResponse>
  </soap:Body>

```

Рис. 1. Пример XML пакета OPC XML-DA при передаче трёх тегов.

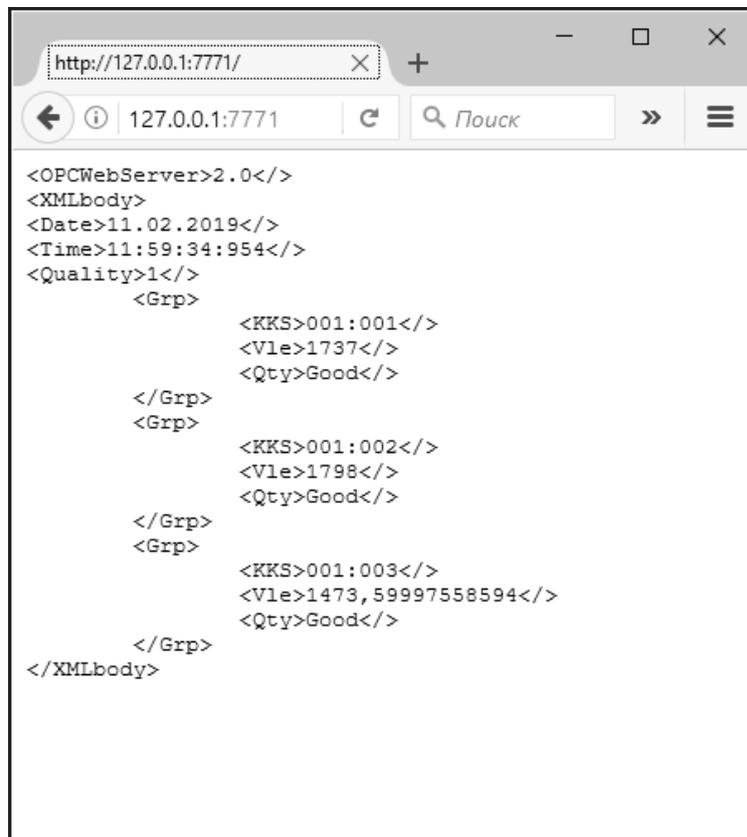


Рис. 2. Пример XML пакета разрабатываемого клиента при передаче трёх тегов.

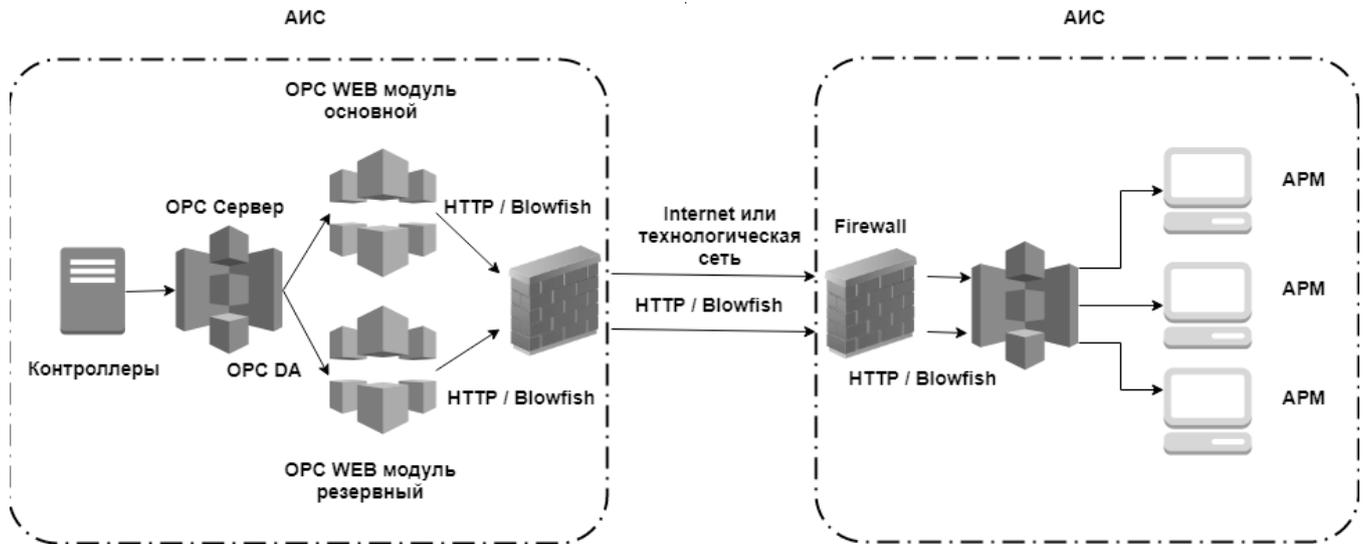


Рис. 3. Передача данных из одной АИС в другую через технологическую сеть.

Рассмотрим критерии OPC WEB сервера для сбора и передачи данных:

- ◆ Должен поддерживать интерфейс обмена данными с ПТК.
- ◆ Должен поддерживать многопоточность.
- ◆ Должен содержать интерфейс для обмена данными по протоколу HTTP.
- ◆ Иметь возможность сохранять данные в формате обмена данными CSV.
- ◆ Модуль сбора данных обязательно должен иметь резервирование.
- ◆ Для обеспечения безопасности должен уметь фильтровать TCP — соединения по белому списку.
- ◆ Иметь возможность шифровать данные, передаваемые по сети.

OPC WEB сервер должен обладать возможностью сбора данных с разных программно-технических комплексов, в том числе и с устаревших. Проведя исследование, выяснилось, что 92 процента ПТК, имеют установленный OPC DA [4] сервис. Данный сервис как нельзя лучше подходит для сбора данных. Разработка клиента OPC DA неплохо описана в статье Федоренко Д. Ю. [2], автор описывает простой клиент, способный получить список установленных OPC серверов. Используя один из интерфейсов (синхронное чтение, асинхронное чтение), просматривать данные только с одного OPC сервера за один раз. Наш же OPC WEB сервер, согласно критерию, приведенному выше должен получать данные одновременно с неограниченного количества OPC серверов за раз, для чего предполагается разработка класса описывающего интерфейс сбора данных по протоколу OPC DA. Создавая новый экземпляр класса для каждого OPC сервера,

и инициализируя его внутри отдельного потока, получаем возможность сбора данных, где отдельные сервера не будут зависеть друг от друга, и неисправность одного, не повлияет на работоспособность других.

Для передачи данных в нашу автоматизированную информационную систему используем протокол HTTP, аналогично OPC XML-DA [3] (XML-Data Access), который не доступен в большинстве программно-технических комплексов, но имеет ряд положительных качеств, например, большинство программистов смогут подключиться к серверу по HTTP протоколу и получить данные из XML (не нужен высококвалифицированный программист), нет нужды разбираться в спецификациях протоколов обмена и распределения адресов данных. Другой особенностью нашей реализации передачи данных по HTTP является более сжатый формат передачи данных. Размер пакета данных при передаче 100 тегов в OPC XML-DA будет в несколько раз больше смотрим рисунки № 1 и № 2, что скажется на времени передачи данных по сети и как результат время обновления данных в АИС увеличится, что негативно скажется на качестве и достоверности данных.

Выгрузка данных в csv файл нужна в том случае, если возможен обрыв связи между АИС и OPC WEB сервером, например, находясь на большом расстоянии друг от друга и данные проходят через большое число коммутаторов, и при этом ПТК не имеет встроенного средства выгрузки данных в csv формате (например, в Ovation от Emerson возможно выгружать данные только по 10 минут с дискретностью 1 секунда). В случае обрыва связи, данные можно будет подгрузить в АИС из OPC WEB сервера. Периодичность сохранения должна настраи-

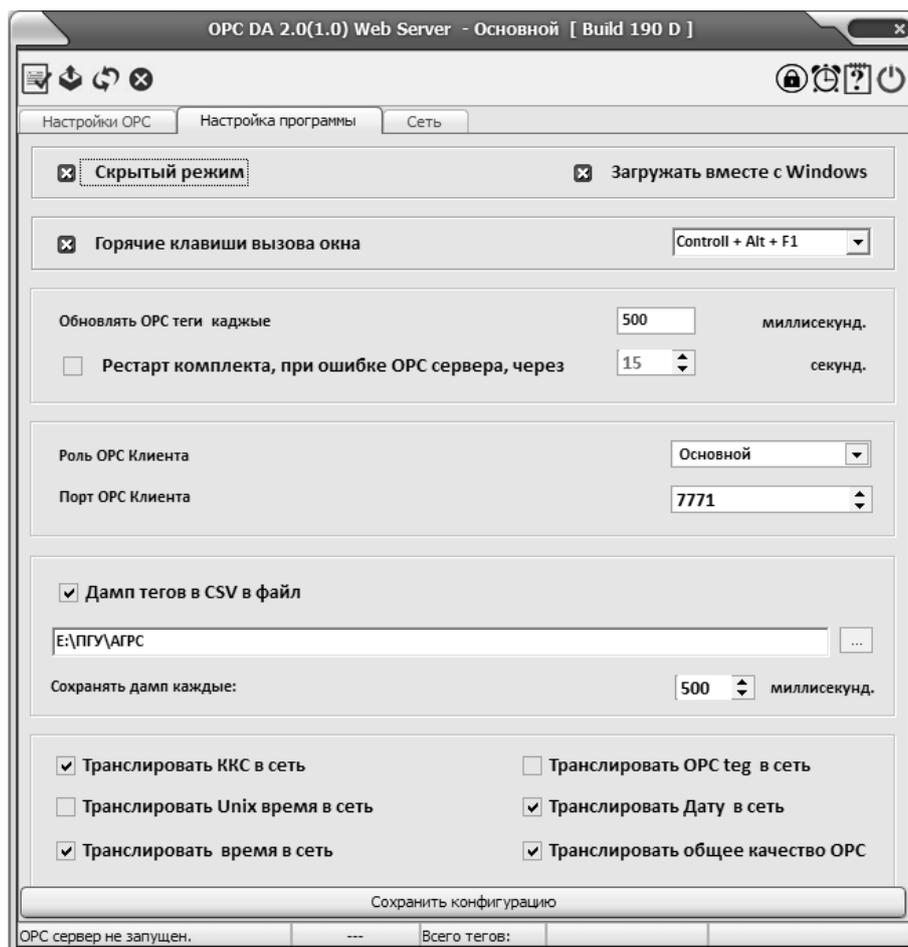


Рис. 4. Страница настройки OPC клиента.

ваться отдельно. Отличительной особенностью нашего OPC WEB сервера сбора данных от OPC XML-DA, является возможность резервирования, модули сбора данных могут быть запущены в паре как основной и резервный, которые работают параллельно, и при потере связи с одним АИС продолжит получать данные с другого, смотрим рисунок № 3.

Для обеспечения безопасности сервера и передаваемых данных OPC WEB сервер предполагается устанавливать локально, на сервер АИС, подключенный к контроллерам. Выход в технологическую сеть закрыть брандмауэром, в котором запретить подключения на все порты, кроме порта назначенного OPC WEB серверу (по умолчанию это порт 7771), смотрим рисунок ниже. По этому порту сервер сможет отдавать полученную с контроллеров информацию по протоколу HTTP.

Таким образом, мы предотвратим возможность заражения серверов сетевыми вирусами, и эксплуатацию уязвимостей DCOM при помощи эксплойтов. Для боль-

шей надёжности создадим "Белый" список, в который занесём IP адреса только тех компьютеров сети, которым разрешим обмен информацией с нашим OPC WEB сервером, все остальные подключения будут сбрасываться. При необходимости можно ввести дополнительный журнал, в который программа сможет записывать попытки нелегального подключения: время, IP адрес, количество попыток подключения. Фильтруя соединения по списку, всё равно остаётся вероятность подключения злоумышленника к нашим серверам, это так называемый спуфинг (spoofing attack от английского подмена). Это ситуация, когда человек или программа маскируется под другую программу (компьютер в сети), фальсифицируя данные о себе. В этом случае злоумышленник может получить доступ к данным. Такая проблема решается за счёт использования шифрования передаваемых данных, например паролем, ключом или сертификатом смотрим рисунок № . 5.

Теперь даже если злоумышленник используя разные ухищрения, подключится к серверу, его соединение будет сброшено, так как запросы от него будут не леги-

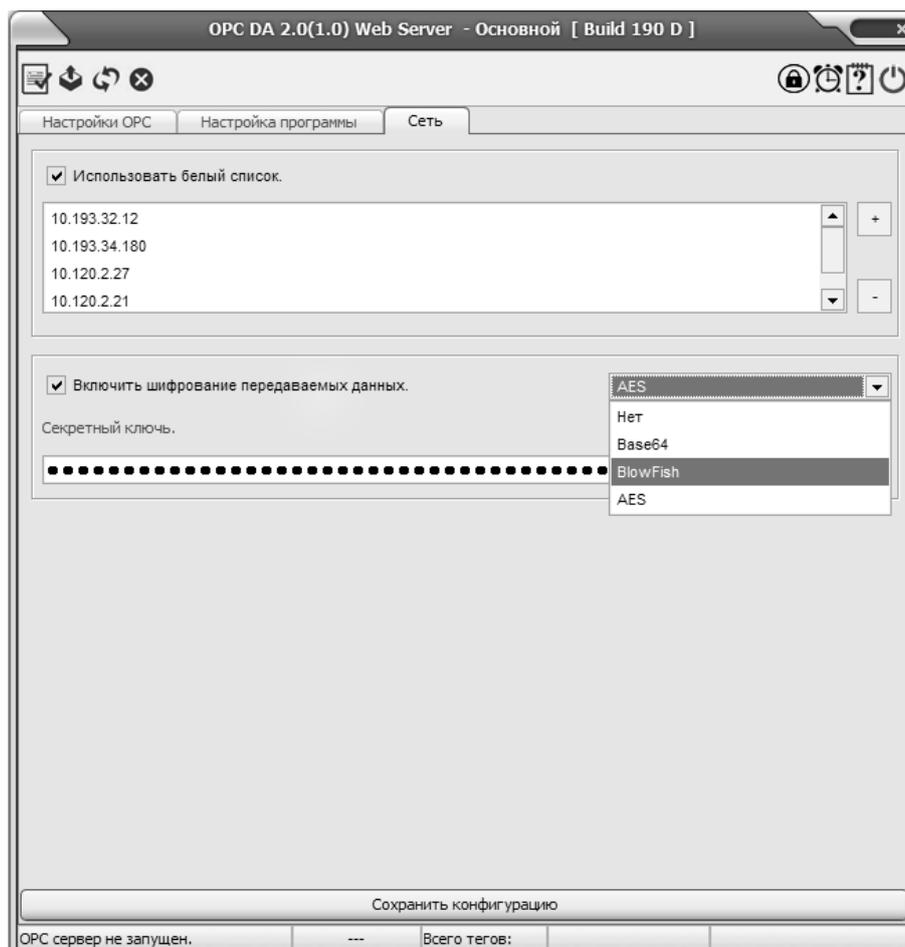


Рис. 5. Страница настройки безопасности сети.

тимными (OPC WEB сервер не распознает запрос, определит, что тот не зашифрован и согласно включенной опции “шифрование передаваемых данных”, закроет соединение). Нам предоставляется два криптографических алгоритма: Blowfish и AES, и один способ кодирования информации Base64. Фактически никакой защиты информации Base64 в себе не несёт, и при необходимости может быть легко вскрыт, по этой причине лучше использовать один из двух криптографических алгоритмов на выбор. Естественно все компьютеры, которые будут получать данные по сети от OPC WEB сервера, так же должны поддерживать данные криптографические протоколы.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования.

Как показывает практика, автоматизированные информационные системы склонны к централизации. Локальные АИС сбора данных с разных технологических точек, объединяют в технологические сети, например для передачи полученных данных в единую информа-

ционную систему для хранения и обработки. С появлением сетей, появляются и риски заражения серверов и неправомерного доступа к информации, кругом лиц не имеющих на то права. Информационные системы электростанций не являются исключением, поэтому программное обеспечение для безопасной передачи данных по технологическим сетям будут развиваться. Обрастают криптографическими протоколами и методами контроля достоверности данных. Одновременно с этим будет увеличиваться количество поддерживаемого технологического оборудования, данные с которых необходимо передавать по компьютерным или радиосетям (промышленный WI-FI, радиорелейная связь). Из всего выше сказанного, можно сделать выводы, что OPC WEB сервер будет востребован на предприятиях с развитой информационной структурой (цеха автоматизированных систем управления технологическими процессами). Где необходима надёжная и безопасная система сбора и передачи коммерческих данных (учёт расхода газа, электроэнергии, горячей воды), всё, где обрывы связи и потери данных могут принести к многомиллионному ущербу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резервы активной мощности Единой энергетической системы России — стандарт СТО 59012820.27.010.001–2018, утвержденного приказом АО «СО ЕЭС» от 15.02.2018 № 32 http://so-ups.ru/fileadmin/files/laws/standards/st_rezerv_activ_150218.pdf
2. Федоренко Д. Ю. Программирование OPC клиентов на C++ и C#.
3. OPCFoundation — спецификация OPC XML-DA <http://opcgate.ru/downloads/OPC%20XMLDA%20Specification.pdf>
4. OPCFoundation — спецификация OPC DA <http://opcgate.ru/downloads/OPC%20DA%20Specification.pdf>
5. Панасенко Сергей. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. БХВ-Петербург 2009 г.

© Кочетков Виталий Викторович (kochetkov_vv@interra.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ДИЗАЙН-ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО МЕХАНИЗМА ВСТРАИВАЕМЫХ АНАЛОГОВЫХ ЧАСОВ С ЭМУЛЯЦИЕЙ ИХ ХОДА

DESIGN TECHNOLOGY INITIATING PROGRAM MECHANISM FOR INLINED ANALOGUE CLOCK WITH DAILY RATE EMULATION

V. Taran

Summary. The paper deals with the problems associated with the development of program mechanism for analogue clock with daily rate emulation. General issues reflecting the nature of problem are analyzed. Analogue clock with daily rate emulation program actualization scenario and animation of the incorporated design elements are demonstrated. Operation manual on compressing of graphical information including its adaptive application in various web content scanning programs is provided. Information on additional (lesser used) programming language tags for ActionScript is explained. The opportunities for adjustment HTML-5 technology and ActionScript language are unveiled. Application priorities of ActionScript and HTML-5 technologies when the developing of large scale and intensive multimedia scheming are backed up.

Keywords: web development, graphical design, design technology, analogue clock, multimedia scheming, web technology, Internet, HTML-5, ActionScript, AutoCAD, LZV, RLE.

Таран Василий Васильевич

*К.культурологии, Всероссийский институт научной
и технической информации РАН
allscience@lenta.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой программного механизма аналоговых часов и эмуляция их хода. Анализируются общие вопросы, отражающие суть рассматриваемой проблемы. Показан вариант программной реализации хода часов и анимация встроенных дизайн-элементов. Приведены данные по использованию алгоритмов сжатия графической информации с учетом адаптивного представления их в различных программах просмотра web-содержимого. Изложена информация о дополнительных (малоиспользуемых) тегах языка программирования ActionScript. Раскрыты возможности совмещения технологии HTML-5 и языка ActionScript. Обоснованы приоритеты использования технологий ActionScript и HTML-5 в условиях разработки крупных высоконагруженных мультимедиа проектах.

Ключевые слова: веб-разработка, графическое проектирование, дизайн-технология, аналоговые часы, мультимедийные проекты, веб-технологии, Интернет, HTML-5, ActionScript, AutoCAD, LZV, RLE.

Современный Интернет — это динамически развивающаяся область, которая постоянно совершенствуется. Широкий спектр WEB-технологий, а также модернизированные программные решения в сфере разработки прикладных интернет-продуктов позволяют по новому взглянуть на решение различных рутинных задач. Однако по-прежнему остаются области, где применение стандартных средств автоматизации является затруднительным и не вполне может выполнять определенные задачи. В данном случае речь идет о дизайн-технологиях, которые равноправно сочетают в себе и оформительскую часть (работу по разработке интерфейса продукта) и соответственно сами программные решения, которые приводят в движение разрабатываемый проект. Очень часто в компьютерных программно-анимационных редакторах¹ присутствуют

¹ Имеются ввиду крупные дизайнерские интернет-проекты, к которым можно обращаться посредством web-интерфейса, а также к некоторым их модулям в автономном режиме. Например, это может быть учетная запись, или динамический модуль (часы, либо таймер учета времени пользователя).

различные шаблоны, по которым не сложно построить ту или иную дизайн-конструкцию, которая будет выполнять определенные оператором действия, заложенные в шаблон программы. Не исключением здесь будут являться и часы, но когда речь идет о различных высоконагруженных динамически развитых мультимедийных проектах² в среде Интернет встает вопрос о выполнении нескольких нестандартных задач. В нашем случае это задача следующего характера. Разработать универсальный программный алгоритм, приводящий в движение различные графические объекты аналоговых часов, с успешным их отображением на различных периферийных компьютерных устройствах. Поставленная задача должна также отражать современные реалии развития

² Под динамически развитыми мультимедийными проектами понимаются, прежде всего, те проекты, которые имеют сложную программную архитектуру, сочетающую в себе различные технологии программирования, которые обеспечивают стабильное полнофункциональное представление данных. К таким проектам можно отнести: порталы, сайты с большим объемом загружаемых и выгружаемых данных, социальные сети, требующие работу некоторых приложений в автономном режиме.

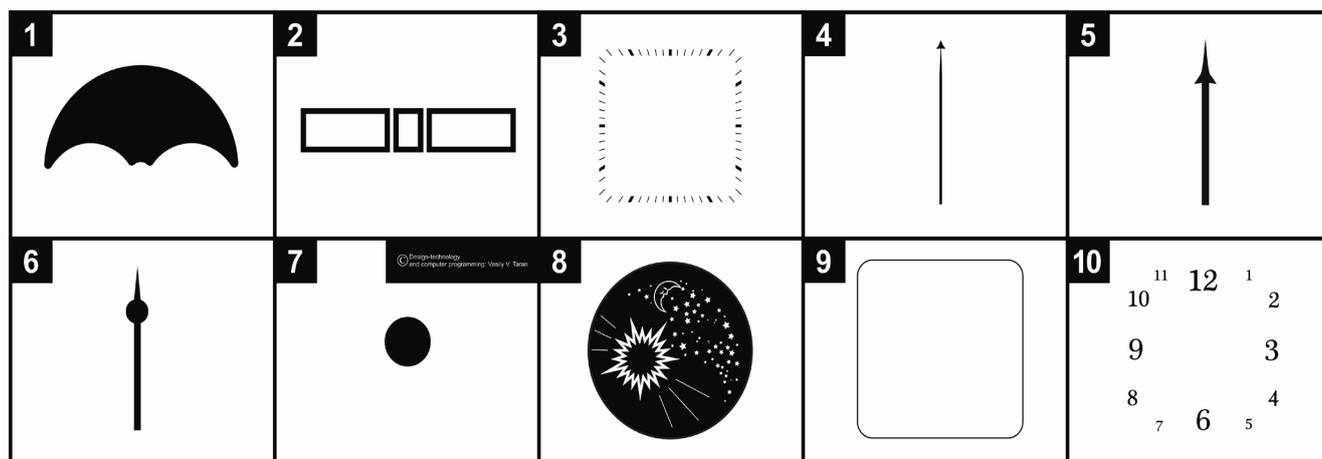


Рис. 1. Базовые дизайн-элементы технической конструкции часов,
составлено В. В. Тараном в системе AutoCAD.

глобальной сети Интернет и учитывать такой параметр как мобильность. Соответственно приложение должно свободно адаптироваться к различным web-страницам (работать автономно) и быть легко встраиваемым. Поэтому первоначальной задачей здесь будет создание отдельных дизайн-элементов для создания общей схематической конструкции часов.

Разработка дизайн-элементов аналоговых часов

При разработке современных дизайн-элементов важно учитывать их адаптируемость³ к программам отображения web-содержимого (браузерам); в случае отображения как статических, так и динамических элементов конструкции следует тщательно подходить к выбору алгоритма сжатия. На сегодняшний день самыми популярными алгоритмами сжатия на мультимедийном рын-

ке являются LZV⁴ и RLE⁵. Данные алгоритмы относятся к классу сжатия (без потерь), читаются практически всеми известными браузерами и являются встраиваемыми.

Несмотря на то, что сегодня на рынке графических редакторов изобилие значимых брендов, остановимся на системе САПР AutoCAD⁶. Именно в ней предлагается создать основные элементы дизайна и управления нашего программного продукта. Рассмотрим базовые элементы дизайна нашей технической конструкции часов.

Элемент под номером 1 является окном для движущегося элемента под номером 8 (элемент является ста-

³ Адаптируемость — это особое техническое свойство, присущее, прежде всего, мультимедийным данным, позволяющим с помощью различных компьютерных алгоритмов оптимизировать процессы их представления в различных web-браузерах и встроенных технических сервисах. Понятие вошло в обиход благодаря ученому в области кибернетики и компьютерных наук Дэвиду Хаффману (David Albert Huffman), который ввел алгоритм оптимального префиксного кодирования (с англ. Huffman coding). Очень часто процессы по сжатию информации, которые предложил Хаффман, среди специалистов именуется как адаптивное сжатие, т.е. сжатие информации, основанное на адаптивном методе. В компьютерном дизайне и графическом проектировании данный алгоритм получил особую актуальность, в связи с чем стало существовать понятие «адаптивный дизайн».

⁴ LZV (с англ. Lempel-Ziv-Welch, A. Lempel, J. Ziv, T. Welch) — алгоритм сжатия мультимедийных данных, основанный на технологии кодирования фраз фиксированной длины, работает с техническим словарем, который весьма ограничен и может быть переполнен данными. Имеет различные спецификации LZ77/LZ78/LZS/LZMA, которые могут отличаться по качеству сжатия и спецификации сжатия: графика, звук и т.д. Широко применяется для сжатия различных графических данных PDF, TIFF, GIF (static). Стоит упомянуть, что существует гибридная версия LZV и алгоритма префиксного кодирования по Д. Хаффману, его название Deflate, интересно тем, что данный алгоритм широко применяется для упаковки мультимедийных данных, однако является свободно распространяемым.

⁵ RLE (с англ. run-length encoding) — алгоритм сжатия мультимедийных данных, основанный на технологии кодирования серийных повторов.

⁶ AutoCAD — система графического моделирования, широко применяемая в компьютерном дизайне и архитектуре, с целью точной отрисовки двумерных и трехмерных объектов. AutoCAD является лучшей системой автоматизированного проектирования и удовлетворяет соотношению — мобильность, цена, качество.

Таблица 1. Математические координаты дизайн-элементов

| Дизайн-элемент | Ширина | Высота | Комментарии |
|----------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Элемент№ 1 | 40,01 мм | 19,09 мм | Окно индикации день-ночь |
| Элемент№ 2 | 21,45 мм | 5,19 мм | Окно индикации даты |
| Элемент№ 3 | 54,02 мм | 54,02 мм | Деления привязки сек. стрелки |
| Элемент№ 4 | 0,39 мм | 50,13 мм | Секундная стрелка |
| Элемент№ 5 | 0,78 мм | 25,065 мм | Минутная стрелка |
| Элемент№ 6 | 0,78 мм | 25,065 мм | Часовая стрелка |
| Элемент№ 7 | 6,35 мм | 6,35 мм | Окружность вращения |
| Элемент№ 8 | 44,45 мм | 44,45 мм | Диск день-ночь |
| Элемент№ 9 | 111,83 мм | 111,83 мм | Часовая рамка |
| Элемент№ 10 | 45,60 мм | 45,60 мм | Циферблат |

тическим). Элемент под номером 2 служит окном для отображения в аналоговом режиме (эмуляция) даты дня и года, элемент является статическим. Элемент под номером 3 является статичным опорным элементом для движения стрелок и механического просчета времени секундной стрелкой. Элемент 4 это секундная стрелка служит для подсчета секунд и является динамическим элементом. Элемент под номером 5 это минутная стрелка ведет учет пройденных минут и является динамическим элементом. Элемент под номером 6 это часовая стрелка, отсчитывает часы и является динамическим объектом. Элемент под номером семь это шпindel, служит для эмуляции частоты вращения стрелок, является статическим элементом. Элемент под номером 8 это механический диск, отображающий смену дня и ночи⁷, должен работать синхронно со временем — привязан к стрелочному механизму, является динамическим элементом. Элемент под номером 9 является статическим элементом и служит каркасом часов, внутри него помещаются все другие перечисленные элементы. Элемент под номером 10 это циферблат, отображает диапазон времени, является статическим элементом. Итак, всего часы состоят из десяти дизайн-элементов, среди которых присутствует 4 динамических элемента и 6 статических элементов. Каждый элемент как статический, так и динамический должен быть расположен симметрично и иметь четкое математическое представление. Точность представления элементов важна для взаимосвязи элементов внутри конструкции и точности часового хода.

Для того, чтобы все дизайн-элементы соответствовали соотношению объем/качество⁸, необходимо выпол-

⁷ Диск, отображающий информацию дня и ночи в соответствии с течением времени и его переходом в дневную и ночную фазу. В данном проекте является оригинальным дизайн решением, потому как в основном в классических аналоговых часах использовались показатели лунной фазы, без изображения дня.

⁸ Соотношение объем / качество является важным показателем при проектировании графических конструкций, содержащих большое количество слоев. Слои, в свою очередь, могут быть разделены на подканалы цветового

нить процедуры по адаптации дизайн-моделей внутри конструкции часов.

Для этого необходимо воспользоваться алгоритмами сжатия, которые мы упоминали выше — LZV и RLE. Алгоритм LZV является достаточно точным в отображении растрового изображения и наиболее подходящим для адаптивного дизайна. Кодировать дизайн элементы предпочтительно в формат BMP⁹. Поскольку данный технический проект может являться встраиваемым модулем, необходимо предполагать, в каких регионах нашей страны он будет отображаться.

Наиболее распространенной проблемой здесь является переменная скорость интернет-соединения в различных регионах нашей страны¹⁰. Поэтому очень важно, с каким коэффициентом будет сжат проект. Чем меньше на выходе получится объем предполагаемого дизайн-элемента, тем выше его шансы на открытие на различных периферийных мобильных устройствах, особенно в географически удаленных районах нашей страны.

Единственным минусом в использовании данного алгоритма является его неполная адаптируемость к некоторым разновидностям web-браузеров. Прояв-

пространства RGB (т.е. красный, зеленый и синий слои отдельно от каждого изображения), такие ухищрения применяются, когда нужно сделать сложные анимационные процедуры, не применяя геометрическую ротацию объекта. В этом случае анимация основывается на замещении цветов внутри объекта. И именно в этих случаях требуется сжатие, поскольку оригинальные (не сжатые) графические объекты могут занимать слишком много места. Для удовлетворения нужд дизайнера применяются различные алгоритмы сжатия, в том числе те, о которых идет речь в данной статье.

⁹ BMP (Bitmap Picture) — растровый формат хранения графических данных. Является довольно актуальным, когда речь заходит о сохранении слоев изображения. Формат хранит информацию как последовательный набор бит, при обращении к которым выстраивается последовательная битовая карта, точно отображающая все пиксели изображения.

¹⁰ Скорость интернет-соединения в Российской Федерации в зависимости от региона может сильно варьироваться, что сказывается на качестве распространения сигнала и соответственно снижает эффективность визуализации изображения в браузере.

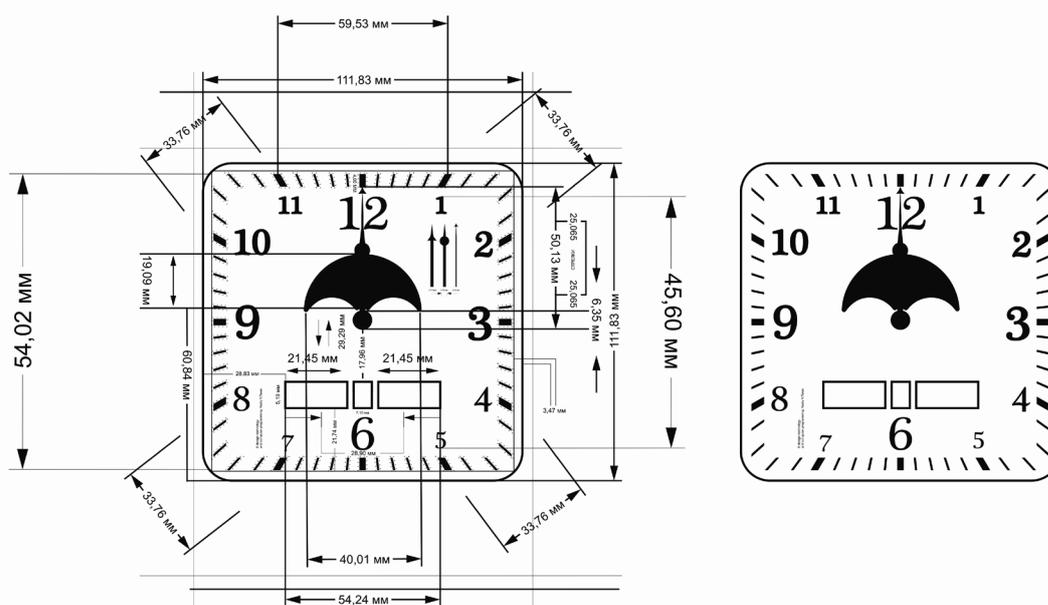


Рис. 2. Макет часов

ляется она в основном при масштабировании объекта на web-странице. При отображении дизайн-формы проявляется эффект чрезстрочной развертки, и изображение часто представляется перевернутым. К тому же, из-за различных геометрических форм мобильных устройств — предоставления интернет-контента при низкой скорости интернет-соединения масштабирование может отображаться некорректно. Например, логотип, размещенный в правом верхнем углу на мобильном устройстве, вообще может не отобразиться и находиться за пределами масштабируемого поля. А при сжатии элементов трехмерного объекта контуры элементов могут быть скрыты¹¹. Алгоритм RLE на практике показывает очень высокие результаты.

Большинство web-браузеров, поддерживающих этот алгоритм, очень удачно отображают дизайн-элементы на мобильных устройствах и персональных компьютерах. Поэтому, по нашему мнению, лучшим адаптивным алгоритмом сжатия данных здесь представляется RLE. Учитывая, что опорные дизайн-элементы конструкции являются монохромными, алгоритм RLE очень хорошо справляется со сжатием и последующим их представлением. Среди специалистов в области мультимедиа бытует мнение, что алгоритм RLE плохо справляется со сжатием сложных и градиентных переходов цвета

¹¹ Очень часто при отображении объектов трехмерного характера через web-интерфейс и воспроизведении их на различных устройствах, имеющих различную разрешающую способность, контурные элементы объекта могут быть искажены и не отображены. Искажение проявляется в основном в цветопредставлении и изменяет общую концепцию дизайн-решения.

в изображении¹². Однако в нашем случае, при кодировании трех градиентных фазовых переходов цвета, отображающегося на циферблате конструкции, данное мнение подтверждения не получило. Возможно, данный алгоритм хорошо справляется с тремя переходами.

Концепция программного механизма аналоговых часов

Часы как программная конструкция должны иметь довольно короткий код, взаимодействовать со всеми современными web-технологиями, в частности HTML-5¹³. Реализовывать данный проект следует на языке ActionScript¹⁴. Однако связка HTML-5 и ActionScript

¹² Мнение основывается на некоторой научно-технической литературе, в которой в частности делается замечание и приводятся примеры, когда RLE технология плохо справляется с процедурой сжатия цветных градиентных переходов.

¹³ HTML-5 (HyperText Markup Language, v. 5) — язык гипертекстовой разметки пятого поколения, сочетающий в себе инновационные решения для упорядочивания различной информации на web-страницах. Новая версия поддерживает специальные теги, позволяющие значительно сократить процедуры упорядочивания и представления файлов посредством web-браузеров. Для нас представляет интерес введенный тег <canvas>, который упрощает процессы, связанные с рисованием и отображением графического контента. До появления данного тега в версии HTML 4.01 приходилось применять дополнительные действия по представлению графического контента.

¹⁴ ActionScript — язык программирования (открытого типа), во многом схож с технологией CSS, позволяет оживлять web-страницы за счет поддержки динамичности форм. Применяется при условиях, когда проект требует динамичности и поддержки интерактивных функций. Позволяет создавать мобильные приложения и различные web-модули в сети интернет. В отличие от схожей технологии CSS (Cascading Style Sheets) он основывается на промежуточном представлении данных и записывает информацию непосредственно в файл.

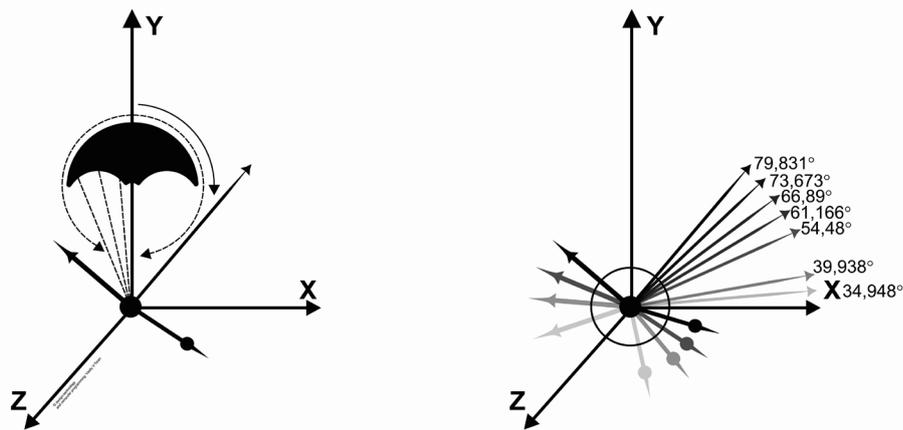


Рис. 3. Динамические элементы конструкции и отклонение стрелки по градусам (составлено В. В. Тараном).

используется экспериментально, с целью повысить производительность выгружаемых процессов на web-страницу, поскольку приложение должно быть встраиваемым [1,2]. Основные градиентные заливки и каркас часов, а также все дизайн-элементы кодированы в BMP.

При разметке страницы тегами HTML-5 и специально отведенным для рисования тегом <canvas> все цвета и соответственно производные оттенки должны иллюстрировать весь спектр палитры RGB¹⁵. При отображении модифицированных элементов¹⁶ на ActionScript [3], для удобной трансляции анимации движения в браузере необходимо упорядочить дизайн-элементы [4]. При движении стрелок (секундная стрелка) и отображении их на мониторе под воздействием различного освещения будет происходить преломление, особенно на мониторе с глянцевым покрытием, именно поэтому здесь будут играть роль индексированные оттенки 256 цветов.

Индексированность цветов поможет точнее воспроизводить тоновые нюансы изображения. При проектировании стрелок в AutoCAD, желательно оставлять контрольный запас линии стрелки примерно 0,1 мм [5]. Сжимать изображения послойно нужно алгоритмом RLE для повышения адаптивности при просмотре часов

¹⁵ RGB (Red Green Blue) — цветовое пространство в аналоговом понимании этого значения, и технология смешения цветов (палитра цветов) в цифровом представлении. Служит для корректного отображения цветов и их оттенков в системе трех координат. Работает по аддитивному принципу, когда цвета суммируются, и на их основе воспроизводится новый оттенок. В цифровом виде цвета представлены как библиотека имеющая индексы различных оттеночных значений.

¹⁶ Под модифицированными элементами понимаются технические элементы конструкции (находящиеся в подвижном состоянии) и имеющие разную степень просчета математических значений. Это могут быть стрелки, диск, указывающий на смену дня и ночи, дата, число, год и прочие индикаторы.

в web-браузере. Если изображение черно-белое, то оно может быть освобождено от сжатия, так как каждый цвет будет закодирован в однобитовую структуру [6]. Однако бывает так, что сжатое изображение индексируется тегами как разрешение алгоритма.rle. В то время как несжатый вид слоев имеет все характеристики.bmp. Чтобы теги адекватно реагировали на сжатые слои BMP, нужно уравнивать значения расширений (.rle-.bmp). Для этого необходимо прописать следующий код

```
char {index=.rle in.bmp}{1}
char {index=.bmp in.rle}{2}
```

Не стоит забывать и о проблеме точности хода при программной эмуляции часового механизма. Минутные, секундные и часовые стрелки должны совпадать с разделительной меткой часов и секунд. Очень часто различные проекты имеют отклонения хода секундной стрелки, в результате чего снижается качество измерения времени. Поэтому очень важны математические значения размеров, приведенные в таблице.

Для успешного движения секундной стрелки в соответствии с разделительной разметкой необходимо выполнить процедурное уточнение хода часов, это можно сделать с помощью данного кода

```
secondHand
c/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм}{3}
minuteHand
m/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм} (4)
hourHand
h/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм}{5}
```

Поскольку часы обладают необычной конструкцией, и в аналоговом режиме синхронно отображают

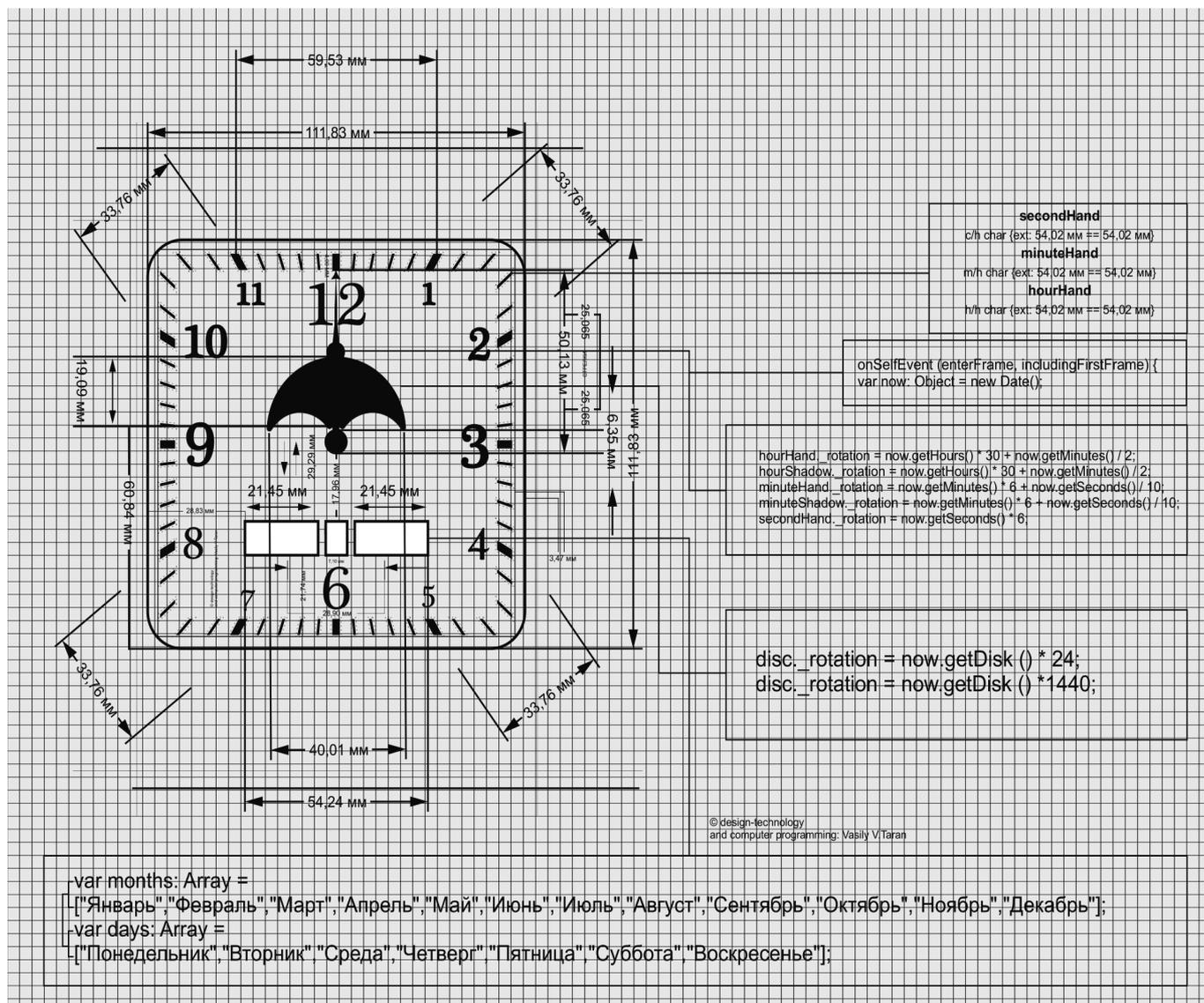


Рис. 4. Схема программной эмуляции механизма часов (составлено В. В. Тараном)

на экран значения даты, времени и индикации дня и ночи. Имеет смысл изложить концепцию синхронности программного механизма. Все движения дизайн-элементов внутри конструкции, относящиеся к индикации времени должны соотноситься с изменениями даты, месяца и года, а также с анимацией значений день-ночь.

Главной концепцией здесь выступает вращение диска, служащего индикатором дня и ночи, в соответствии со временем. В этом случае важно прописать код анимации окна индикации день-ночь (дизайн-элемент 8 в табл.)

```

disc_rotation = now.getDisk () * 24;
disc_rotation = now.getDisk () * 1440;
    
```

И несколько слов о концепции использования языка программирования ActionScript с HTML-5. Сегодня известно достаточное количество технологий по обработке, производству и упорядочиванию данных в глобальной сети Интернет. Среди них интеллектуальные языки программирования: PHP, SQL, JavaScript, C++, Python. Кстати, упомянутый C++, очень хорош при проектировании движений, имеющих различную геометрическую привязку [7]. Но в современных условиях производительность и мобильность приложений во многом зависит от интеграции различных технологий между собой. Интеграция очень важна, когда речь заходит о гиперсвязях содержимого web-страницы[8]. В результате проектирования различных графических приложений для сети Интернет, по нашему мнению, именно для разработки графических решений, требующих различных

Вариант движения стрелок при функционировании механизма



анимационных функций, приоритетной остается связка HTML-5 с ActionScript.

Цепочка последовательности действий программного механизма часов

Запуск часов → обращение к часам операционной системы → возврат значений системных часов → БД (числа) → ввод-вывод числовых данных → привязка к заданным точкам → учет временного интервала день-ночь → привязка к дате → сценарий просчета часов в скрытом виде → выход из программы

Программная эмуляция хода аналоговых часов

Эмуляция хода аналоговых часов основывается на концепции программного механизма и взаимодействия дизайн-элементов в целом. И делится на две части. Первая часть отвечает за движение стрелок, а вторая часть взаимодействует с графическими элементами.

Текстуры, которые могут содержаться в аналоговых часах, должны быть представлены в виде группы нескольких слоев. Если нужно имитировать смену слоев внутри одной группы, необходимо около параметра BitmapData поставить значение *BMP/ BitmapData.rotation. Это редко используемая конструкция позволит с определенной периодичностью производить ротацию слоев внутри одной группы, так как групп может быть множество, то они могут быть объединены в контейнеры MovieClip.

Листинг выполнения сценария движения стрелок

```
onSelfEvent (enterFrame, includingFirstFrame) {
    var now: Object = new Date();
    hourHand._rotation = now.getHours() * 30 + now.
    getMinutes() / 2;
```

```
hourShadow._rotation = now.getHours() * 30 + now.
getMinutes() / 2;
minuteHand._rotation = now.getMinutes() * 6 + now.
getSeconds() / 10;
minuteShadow._rotation = now.getMinutes() * 6 + now.
getSeconds() / 10;
secondHand._rotation = now.getSeconds() * 6;
Привязка к делениям циферблата
c/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм}
m/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм}
h/h char {ext: 54,02 мм == 54,02 мм}
}
Ротация диска день-ночь
disc._rotation = now.getDisk () * 24;
disc._rotation = now.getDisk () *1440;
Листинг обработки и представления текстур
import flash.display.BitmapData;
onSelfEvent (load) {
    var onframecount = parameters.speed;
    var bitmapData_1: BitmapData = new BitmapData(this._
width, this._height, true, 0xffff0000); //, true, 0x00ff0000);
    var params = new Array();
    SetParams();
    NewNoise();
    // create mask movie clip based on noise bitmap
    var mc_1: MovieClip = this.createEmptyMovieClip("mc_
mask", this.getNextHighestDepth());
    mc_1.attachBitmap(bitmapData_1, 1);
}
Загрузка параметров выбора текстуры
function SetParams() {
    // load the noise parameters according to the chosen
texture.
    params[0] = parameters.baseX;
    params[1] = parameters.baseY;
    params[2] = parameters.octaves;
    params[3] = (parameters.stitch)?1:0;
    params[4] = (parameters.fractal)?1:0;
    params[5] = 8; // alpha channel only
    params[6] = 0; // not grey scale
}
```

```

function NewNoise() {
  bitmapData_1.perlinNoise(params[0], // baseX
  params[1], // baseY
  params[2], // octaves
  Math.randomInt(1000), // random seed
  params[3], // stitch
  params[4], // fractal noise
  params[5], // channel options
  params[6], // gray scale
  null // offsets
  );
}
onFrame (1) {
  // assign the mask.
  holder.cacheAsBitmap = true;
  mc_1.cacheAsBitmap = true;
  mc_1._x = holder._x;
  mc_1._y = holder._y;
  holder.setMask(mc_1);
  if (parameters.speed <= 0)
  stop();
}
onFrame (2) {
  NewNoise();
  gotoAndPlay(1);
}

```

Выводы

Существуют различные технические методы компьютерного проектирования различных интеллектуальных графических моделей, основанные на различных программно-аппаратных решениях, и часы здесь не являются исключением. Но когда речь заходит о web-проектировании, то здесь приходится идти на разные ухищрения, чтобы проект был стильным, динамичным отвечал всем современным технологическим требованиям, и в то же время важно, чтобы проект отображался корректно на различных мобильных устройствах. В данной статье экспериментально показана общая схема дизайн-проекта и его функциональная конструкция. Произведен анализ ключевых компонентов ActionScript, которые могут применяться при моделировании подобных дизайн-эффектов. Приведенная в статье информация, попытка пролить свет на еще один способ проектирования различных встраиваемых модулей для различных сетевых ресурсов. Учитывая то, что сегодня ведется большое количество дискуссий по поводу того, какой язык для проектирования выбрать, каким образом и применяя какие методы нужно зарисовывать и приводить в движение графический проект, все эти вопросы очень важны, а данная статья органично дополняет научную литературу по изложенным выше проблемам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альберт Д.И., Альберт Е.Э. ActionScript 2.0 — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1136 с., ил.
2. Васильева И. Н. Web-технологии: учебное пособие / И. Н. Васильева, Д.Ю Федоров. — СПб.: Издательство СПбГУ, 2014. — 67 с.
3. Сандерс У., Кумаранатунг Ч. ActionScript 3.0. Шаблоны проектирования. — Пер. с англ. — СПб.: Символ-Плюс, 2011. — 592 с., ил.
4. Жаринов К. В. Основы веб-мастеринга. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 352 с
5. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 336 с.
6. Храмов П. Б. Основы web-технологий / П. Б. Храмов, С. А. Брик, А. М. Русак, А. И. Сурин — М.: Изд-во «Интернет-университет информационных технологий — ИНТУИТ.ру», 2003. — 512 с.: ил.
7. Фленов М. Е. DirectX и C++. Искусство программирования. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 384 с.: ил.
8. Шафран Э. Создание Web-страниц: самоучитель. — СПб.: Питер, 2000. — 320 с.

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УЛЬТРАЗВУКОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДОСТАВКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ ЛАЗЕРНОМУ КАНАЛУ ДИНАМИЧЕСКОМУ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМУ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЮ

**AUTOMATION AND ULTRASONIC
CONTROL OF THE PROCESS
OF ELECTRIC POWER DELIVERY VIA THE
INTELLIGENT LASER CHANNEL
TO THE DYNAMIC
ELECTROMECHANICAL CONVERTER**

V. Terentiev

Summary. Automation and control of the process of electricity delivery through the optical channel from a powerful laser source to dynamic Electromechanical converters of transport facilities serves as an actual direction of alternative electric power industry. There are known intellectual analogies in the functioning of multimode lasers and complex biological systems. The phenomenon of self-regulation is observed in dynamic Electromechanical converters. In the present work, the problems of automation and ultrasonic control of the process of electric power delivery to a dynamic Electromechanical transducer through an intelligent laser channel, when a multimode laser is used in the self-regulation mode, are theoretically and experimentally studied. It is shown that under the influence of ultrasonic waves in the q-factor modulator on the radiation field inside the resonator, the multimode laser exhibits the property of self-regulation, the ability to independently, automatically move from one stable state of generation to another in response to weak ultrasonic action. Self-regulation of the laser attaches to the optical channel of intellectual properties, promotes increase of efficiency of management of process of delivery of electricity through the laser channel dynamic Electromechanical converters.

Keywords: automation, ultrasonic control, intelligent laser channel, electricity, energy efficiency, dynamic transport Electromechanical Converter.

Терентьев Владислав Евгеньевич

*Профессор, академик Российской академии
транспорта, ФГБОУ ВО "Государственный университет
морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова"*

Аннотация. Автоматизация и управление процессом доставки электроэнергии по оптическому каналу от мощного лазерного источника динамическим электромеханическим преобразователям транспортных объектов служит актуальным направлением альтернативной электроэнергетики. Известны интеллектуальные аналогии в функционировании многомодовых лазеров и сложных биологических систем. Явление саморегулирования наблюдается и в динамических электромеханических преобразователях. В настоящей работе теоретически и экспериментально исследованы вопросы автоматизации и ультразвукового управления процессом доставки электроэнергии динамическому электромеханическому преобразователю по интеллектуальному лазерному каналу, когда применяется многомодовый лазер в режиме саморегулирования. Показано, что под воздействием ультразвуковых волн в модуляторе добротности на поле излучения внутри резонатора многомодовый лазер проявляет свойство саморегулирования, способность самостоятельно, автоматически переходить от одного устойчивого состояния генерации к другому в ответ на слабое ультразвуковое воздействие. Саморегулирование лазера придает оптическому каналу интеллектуальные свойства, способствует повышению энергоэффективности управления процессом доставки электроэнергии по лазерному каналу динамическим электромеханическим преобразователям.

Ключевые слова: автоматизация, ультразвуковое управление, интеллектуальный лазерный канал, электроэнергия, энергоэффективность, динамический транспортный электромеханический преобразователь.

Введение

Достижения в создании мощных лазеров [1], фотоэлектронных преобразователей [2], бесколлекторных оптомашин [3] делают реальной доставку электроэнергии по оптическому лазерному каналу транспортным динамическим электромеханическим преобразователям [4]. Этот метод электроснабжения может служить одним из направлений альтернативной электроэнергетики [5].

При разработке энергоэффективных автоматизированных и управляемых процессов электроснабжения по оптическим каналам целесообразно использовать интеллектуальные аналогии в функционировании многомодовых лазеров и сложных биологических систем [6], [7]. Общая структурно-функциональная модель (ОСФМ) головного мозга выделяет три связанных функциональных блока: энергетический, регуляции уровня активности мозга; приема, переработки, хранения информации; программирования, регуляции и контроля протекания жизнедеятельности [8].



Рис. 1. Структура ИИК ЛУЗМД: 1 — источник электрической энергии накачки (ИН) — регулирование уровня генерируемого излучения; 2 — активный элемент (АЭ) лазера — преобразование электрической энергии ИН в оптическое излучение, генерация, хранение сообщений; АЭ преобразуется в генератор сообщений о своем состоянии под действием энергии ИН; 3 — оптическая среда (ОС) — среда распространения оптического излучения, сообщений; 4 — ультразвуковой модулятор добротности (УЗМД), установленный между торцом АЭ и одним из зеркал резонатора — управление ультразвуком: дифракционное преобразование оптического излучения по интенсивности, частоте и направлению распространения, преобразование сообщений; 5 — резонатор лазера — программирование, регулирование, контроль процесса генерации, представление сообщений; ↔ — обобщенное направление распространения оптического излучения в резонаторе.

Цель настоящей работы заключается в теоретическом и экспериментальном исследовании вопросов автоматизации и ультразвукового управления процессом доставки электроэнергии транспортному динамическому электромеханическому преобразователю по интеллектуальному лазерному каналу, когда применяется многомодовый лазер в режиме саморегулирования.

Предложена классификация структуры многомодового лазера с ультразвуковым модулятором добротности в зависимости от степени связи структурных элементов. Проведено сравнение измерительно-информационного комплекса (ИИК) многомодового лазера в режиме саморегулирования с ОСФМ.

Исследованы условия сохранения целостности и устойчивости процесса генерации твердотельного многомодового лазера с ультразвуковым модулятором добротности (ЛУЗМД) в зависимости от мощности ультразвука и накачки.

Материалы и методы

Согласно работе [9], измерительно-информационный комплекс (ИИК) ЛУЗМД может включать пять структурных элементов, рис. 1.

Из сравнения структуры рис. 1 со структурой ОСФМ головного мозга можно сделать вывод, что функционально они аналогичны, если элементы 1,2 рис. 1 считать блоком 1; элементы 3,4 рис. 1 — блоком 2, а элемент 5 рис. 1 — блоком 3 ОСФМ.

Известна классификация ИИК по признаку совмещения функций структурных элементов [9]. В настоящей работе ИИК ЛУЗМД классифицируется по признаку связи оптических зон и структурных элементов, которая обеспечивается оптическим излучением, дифрагированным на стоячих немодулированных ультразвуковых волнах в режиме дифракции Рамана-Ната. Для описания

возможных вариантов связи применена, как и в [9], матричная модель:

$$A = [aik], \quad (1)$$

где номера строк ($i = 2, \dots, 5$) и столбцов ($k = 2, \dots, 5$) отвечают номерам структурных элементов.

Диагональная матрица с элементами $aik \neq 0$ при $i = k$, $aik = 0$ при $i \neq k$

описывает единственный класс ИИК ЛУЗМД с несвязанными структурными элементами, что соответствует выключенному ультразвуку в модуляторе добротности, хаотической «пичковой» генерации лазера.

Остальные классы ИИК ЛУЗМД описываются недиагональными матрицами, которые приводятся к диагональному виду преобразованием подобия:

$$\tilde{A} = T^1 A T, \quad (2)$$

где T — соответствующие преобразующие матрицы.

Поля оптического излучения S и S' , соответственно на входе и выходе ИИК, связаны матричным уравнением

$$S' = \tilde{A} S. \quad (3)$$

ИИК ЛУЗМД классифицируются по степени связи (по числу независимых комбинаций связанных структурных элементов): 1 — структурные элементы не связаны (один вариант), 2 — связаны два (шесть вариантов), 3 — три (четыре варианта), 4 — четыре (один вариант).

Из структурного анализа следует, что с увеличением номера класса ИИК должна повышаться чувствительность ЛУЗМД к ультразвуковому воздействию, поскольку слабое воздействие на один структурный элемент многократно повторяется всеми связанными элементами

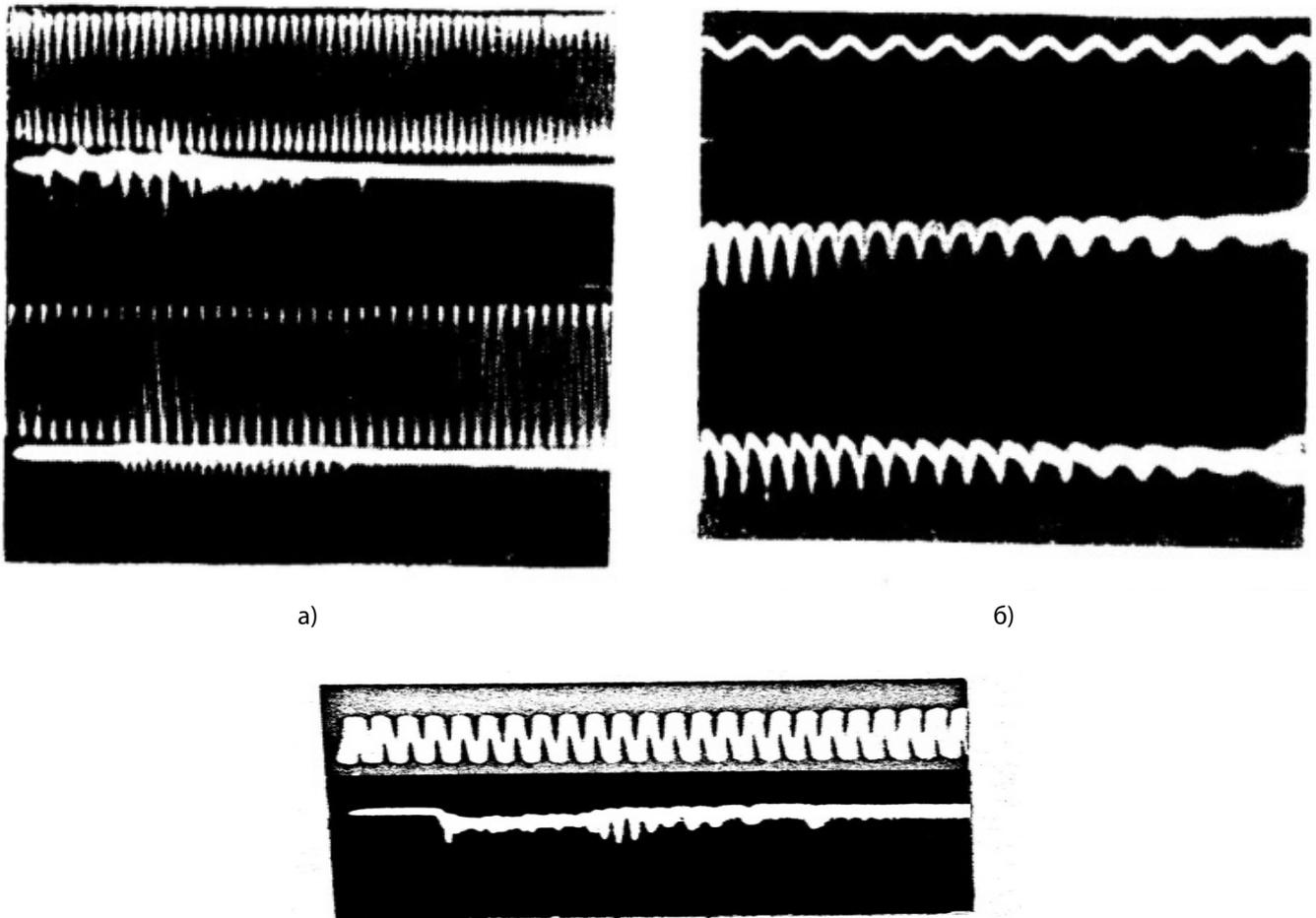


Рис. 2. Осциллограммы генерации ЛУЗМД:

лазера. Следовательно, наибольшей энергоэффективностью будут характеризоваться лазеры с ИИК 4 класса.

Результаты. Динамическая модель ЛУЗМД. Рассмотрим динамическую модель твердотельного лазера со всеми связанными зонами, в котором активная среда и другие внутрирезонаторные элементы расположены в однородных участках поля излучения. Временная зависимость интенсивности генерации может быть описана системой двух дифференциальных уравнений:

$$\dot{m} = \tau_p^{-1} [n_a - (1 + \alpha_y(v) \sin(\Omega t))] m, \quad (4)$$

$$\dot{n}_a = \tau_{эфф}^{-1} [(n_{0a} - n_a) - n_a m], \quad (5)$$

где: $m = MB^a \tau_p$, M — число фотонов в резонаторе, B^a — коэффициент Эйнштейна для атомов активной среды, $\tau_p = 2L/(C\alpha)$ — время жизни фотона в резонаторе с оптической длиной L , C — скорость света, α — потери резонатора в отсутствие ультразвука; $n_a = (N_e^a - N_n^a) B^a \tau_p$, $n_{0a} = (N_{e0}^a / N_n^a) [\chi W_n \tau^a - 1] [\chi W_n \tau^a + 1]^{-1}$; $N_{e0}^a = (N_e^a + N_n^a)$; N_e^a, N_n^a — насе-

ленности верхнего и нижнего энергетических уровней активной среды; N_n^a — пороговое значение инверсной населенности; τ^a — время жизни, $\tau_{эфф} = \tau^a / (1 + \chi n_a m)$ — эффективное время жизни возбужденного состояния активной среды, χ — характеристика системы накачки, W_n — энергия накачки; $\alpha_y(v)$ — отношение потерь излучения с ультразвуком к потерям α без ультразвука; $\alpha_y(v) \sin(\Omega t)$ — ультразвуковое воздействие на удвоенной частоте ультразвука ($\Omega = 2f$).

Из анализа системы уравнений (4), (5) следует, что лазер со связанными зонами излучает устойчиво, если сохраняется условие $n_a m = \text{const}$. При той же энергии накачки W_n с увеличением потерь излучения $\alpha_y(v)$ интенсивность излучения (число фотонов m) уменьшится согласно уравнению (4). Одновременно возрастет избыточная населенность n_a в соответствии с уравнением (5), т.е. динамическая модель автоматически перейдет в новое устойчивое состояние с сохранением условия $n_a m = \text{const}$. Динамическая модель ЛУЗМД, следовательно, может проявлять свойство саморегулирования. Частота

повторения импульсов генерации обратно пропорциональна эффективному времени жизни возбужденного состояния активной среды и не зависит от частоты ультразвука. Оптическое излучение в импульсах генерации модулировано с удвоенной частотой ультразвука.

Экспериментальная модель ЛУЗМД. Исследования динамики генерации в зависимости от энергии импульсной накачки и интенсивности ультразвука выполнены на рубиновом лазере. Источник накачки импульсный с длительностью участка постоянной амплитудой 50 мкс. Модулятор добротности с акустооптической средой ксилол, прозрачной на длине волны генерации $\lambda = 694$ нм; частота ультразвука $f = 5$ МГц, интенсивность ультразвука в режиме дифракции Рамана-Ната характеризовалась уменьшением интенсивности оптического излучения в нулевом дифракционном максимуме ΔI_0 , направление распространения ультразвука перпендикулярно оси резонатора, параллельно оптической оси кристалла рубина. Зеркала резонатора имели диэлектрические отражающие покрытия, длина резонатора 500 мм. На рис. 2 представлены экспериментальные осциллограммы излучения ЛУЗМД:

а — вверху «пиковая» генерация в отсутствие ультразвука; внизу регулярная генерация лазера, стоячая УЗ волна частотой $f = 5$ МГц в ксилоле с интенсивностью, соответствующей $\Delta I_0 = 35\%$; б — то же, что а при одновременном осциллографировании двух различных дифракционных максимумов. Энергия накачки превышает пороговое значение без УЗ: в 2 раза (а, б), в 3 раза (в). Частота калибровок 100 кГц.

Частота следования регулярных импульсов ≈ 230 кГц в части импульса накачки с постоянной амплитудой. Оптическое излучение в регулярных импульсах модулировано с частотой 10 МГц. Целостность и устойчивость параметров регулярных импульсов наблюдается на участке импульса накачки с постоянной энергией; на спадающем участке амплитуда и частота следования импульсов уменьшались, повторяя контур заднего фронта импульса накачки.

Обсуждение. Рассмотренная структурная модель ИИК ЛУЗМД, рис. 1, позволяет сформулировать общие и практически значимые требования к структурным элементам интеллектуального лазера. Каждый структурный элемент должен входить в единое системно-информационное целое как подсистема. Для обеспечения целостности и устойчивости ЛУЗМД необходима материальная и информационная связь структурных элементов. Эта связь в исследованном лазере обеспечивалась оптическим излучением, дифрагированным на стоячей ультразвуковой волне. Структурная модель ИИК ЛУЗМД аналогична Общей структурно-функциональной модели головного мозга.

Анализ экспериментальных осциллограмм рубинового лазера с ультразвуковым МД, в согласии со структурной и динамической моделями, убеждает в энергоэффективности ультразвукового метода управления лазером за счет эффекта самоорганизации под действием слабого ультразвукового сигнала. Следует отметить целостность и устойчивость параметров регулярных импульсов на участке импульса накачки с постоянной энергией. Переход от одного устойчивого состояния генерации к другому свидетельствует о том, что лазер под воздействием ультразвука приобрел способность эффективного саморегулирования и стал более энергоэффективным. Частота повторения регулярных лазерных импульсов (при той же частоте ультразвука) определялась мощностью накачки и ультразвука.

Заключение

1. Проведены теоретические и экспериментальные исследования автоматизации и ультразвукового управления процессом доставки электроэнергии динамическому электромеханическому преобразователю по интеллектуальному лазерному каналу, когда многомодовый лазер может функционировать в режиме саморегулирования. Саморегулирование возникало в результате связывания всех зон поперечного сечения активного элемента оптическим излучением, дифрагированным на ультразвуковых волнах, возбужденных в модуляторе добротности. При переходе в режим саморегулирования многомодовый лазер автоматически изменял процесс генерации с хаотического «пикового» на излучение регулярных пульсаций, частота повторения которых определялась не частотой ультразвука, а мощностью ультразвука и накачки. Исследования динамической и экспериментальной моделей рубинового лазера со всеми связанными зонами показали, что устойчивость процесса генерации реализуется, когда произведение избыточной населенности на число фотонов в резонаторе остается постоянным при изменении внешних воздействий на лазер. Сохраняя целостность и устойчивость процесса генерации регулярных пульсаций, лазер в режиме саморегулирования проявляет высокую чувствительность к изменению мощности ультразвука и высокую энергоэффективность.

2. Предложена классификация структуры измерительно-информационного комплекса (ИИК) многомодового лазера с ультразвуковым модулятором добротности в зависимости от степени связи структурных элементов. Для описания возможных вариантов связи применена матричная 4×4 модель $A = [aik]$, где номера строк (i) и столбцов (k) отвечают номерам структурных элементов. Можно выделить четыре класса ИИК: 1 — структурные элементы не связаны (1 вариант), 2 — связаны два (6 вариантов), 3 — три (4 варианта), 4 — четыре (1 вариант). Из структурного

анализа следует, что с увеличением номера класса ИИК чувствительность к внутривибрационному ультразвуковому воздействию должна повышаться, поскольку слабое воздействие на один структурный элемент многократно повторяется всеми связанными элементами лазера.

Проведено сравнение структур измерительно-информационного комплекса многомодового лазера в режиме саморегулирования с Общей структурно-функ-

циональной моделью головного мозга. Структура ИИК исследованного лазера аналогична Общей структурно-функциональной модели головного мозга. Кроме того, саморегулирующийся лазер придает всему оптическому каналу интеллектуальный, когнитивный характер, способствует повышению энергоэффективности управления процессом доставки электроэнергии по лазерному каналу динамическим транспортным электромеханическим преобразователям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gapontsev, V. P. Modern state and prospects of applications high-power fiber lasers. 8th International Symposium on high-power lasers and their applications. SPb, Russia, June 27-July 1, 2016.
2. Andreev, V.M., Emelyanov, V.M., Kaluzhnyy, N.A., Khvostikov, V.P., Mintairov, S.A., Potapovich, N.S., Sorokina, S.V. and Timoshina, N. Kh. Photovoltaic laser-power converter based on AlGaAs/GaAs heterostructures. *Semiconductors*, 50(9), 2016, pp.1242–1246.
3. Терентьев В. Е. Бесколлекторная электрическая машина. Патент на изобретение RU № 2563974, 2015.
4. Terentiev, V.E., Artamokhin, S.G., Pikhtin, N.A., Shvarts, M.Z. Modeling the complex delivery of electric energy by optical channel to dynamic electromechanical transformer. *IJMET*, volume 9, issue 2, February 2018, pp. 765–774.
5. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. Москва: Изд. Алпина, 2015, с. 208
6. Данилов О. Б., Розанов Н. Н., Соловьев Н. А., Сомс Л. Н. Многомодовые лазеры как аналоги сложных биологических систем (обзор). *Оптика и спектроскопия*, 2016, том 120, № 4, с. 682–690.
7. Е. Р. Что такое когнитивные функции? <https://nevrologytoyou-elena.blogpost.Ru/2014/01/blog-post.html>.
8. Лурия Д. Р. Общая структурно-функциональная модель мозга как субстрата психической деятельности. «ПСИ-СИНТЕЗ», Челябинский интерактивный центр интегративной психологии и парапсихологии.
9. Терентьев В. Е. Моделирование электрических цепей и систем с оптико-электронными устройствами: Монография. — СПб.: СПГУВК, 2009. — 201 с.

© Терентьев Владислав Евгеньевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

CLASSIFICATION SYSTEM OF TEXTURED IMAGES BASED ON FUZY LOGIC

V. Tutygin
Al Windi Basim Khalid Mohammed Ali

Summary. New method, including the calculation of the adjacency matrix (GLCM) and reference descriptions of classes in the form of boundaries of confidence intervals of texture distribution parameters: Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity, for R, G, B, RG, RB, GB image components, performing fuzzification operation with the formation of fuzzy conclusions about belonging to a particular class, performing defuzzification using the binarization of features and majority voting.

Keywords: GLCM-matrix, fuzzy set of pictures, fuzzy logic, binarization of key features, majority voting.

Тутыгин Владимир Семёнович

*К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
политехнический университет, Санкт-Петербург*

Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али

*Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический
университет, Санкт-Петербург
vs4141@mail.ru*

Аннотация. Новый способ, включающий вычисление матрицы смежности (GLCM) и эталонных описаний классов в виде границ доверительных интервалов функций распределения параметров текстур: Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity, для компонентов изображений R, G, B, RG, RB, GB, выполнение операции фаззификации с формированием нечётких выводов о принадлежности к определённому классу, выполнение дефаззификации с использованием бинаризации признаков и мажоритарного голосования.

Ключевые слова: GLCM — матрица, нечеткое множество параметров изображений, нечеткая логика, бинаризация ключевых признаков, мажоритарное голосование.

Введение

Для решения задачи выделения особенностей на изображениях с целью их классификации применяются различные методы формирования набора признаков, позволяющих однозначно идентифицировать изображения, т.е. относить их к определённому классу. В частности, для решения задачи выделения особенностей изображений листьев растений с целью классификации вида заболевания растений могут использоваться текстурные признаки изображений листьев.

Наибольшее применение при решении задач распознавания болезней растений по изображениям листьев нашли признаки текстуры, использующие матрицы смежности (матрицы GLCM для полутоновых изображений и ICICM — для цветных изображений), признаки, основанные на измерении пространственных частот, признаки, использующие статистические характеристики изображений (среднее, энергия, вариация, однородность, контраст, коэффициент корреляции, энтропия, дифференциальная дисперсия), признаки, основанные на описании структурных элементов [1–4].

В том случае, когда решается задача классификации изображений при большом количестве классов, например, 15 возможных заболеваний растений, непосредственное использование ключевых признаков не даёт

положительного результата, т.к. любой конкретный вид заболевания характеризуется не конкретным значением ключевого признака, а функцией распределения значений ключевого признака. Кроме того, функции распределения ключевых признаков для разных болезней могут иметь существенные пересечения.

Выбор системы ключевых признаков. Наиболее просто использовать статистический метод и метод сравнения текстур, если сравнению подлежат изображения листа здорового растения и больного растения. При использовании статистического метода можно производить сравнение гистограмм больных растений с гистограммой здорового растения.

Сравнивать можно центральные моменты гистограмм: математическое ожидание, дисперсию, величину скошенности (3-й момент) и эксцесс (4-й момент). Кроме того, в качестве меры различия гистограмм предложены несколько метрик [3, 4]: метрика Евклида (L2):

$$L2 = \left\{ \sum_{i=1}^N [f(x_i)\Delta x - g(x_i)\Delta x]^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

см. формулу (2). Метрика Джеффриса-Матусита (JM):
см. формулу (3), метрика Колмогорова — Смирнова (KS)

см. формулу (4) метрика Купера (Kuiper)

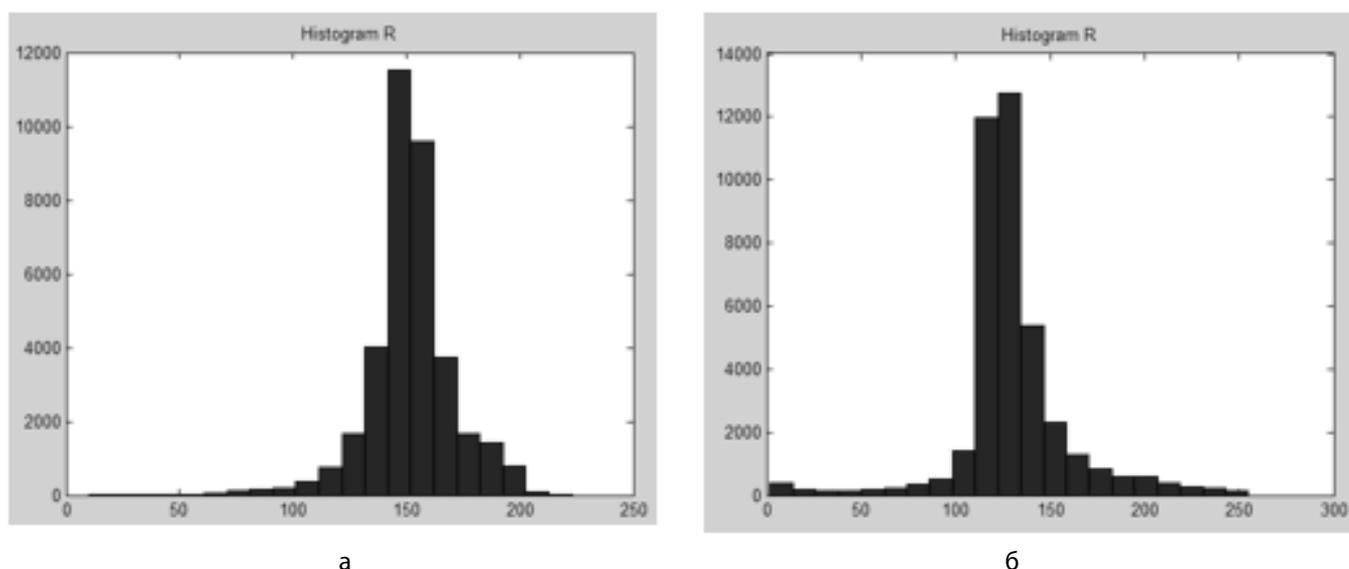


Рис. 1. Гистограммы яркостей изображения здорового (А) и больного (Б) эвкалиптов

Использование матрицы смежностей (**GLCM-матрицы**). Однако однозначно определить вид заболевания растений (в частности, пшеницы или сои) на основе описанных метрик невозможно, т.к. количество видов заболеваний у сельскохозяйственных культур достаточно велико (например, количество основных заболеваний пшеницы или сои — более 15 [5,6]), а различие гистограмм изображений с разными видами заболеваний незначительно. Пример изображений листьев пшеницы при различных заболеваниях приведён на рис. 2.

Известный подход к решению этой задачи основан на сравнении параметров текстур изображений, полученных на основе матрицы смежностей (матрицы GLCM для полутоновых изображений и ICIM — для цветных

изображений [7, 8]). В этом случае объектом анализа является не матрица изображения, а матрицы смежности R, G, B, RG, RB, GB, на основе которых вычисляются основные параметры текстуры: Contrast, Correlation, Energy, Entropy, Homogeneity:

- 1) contrast:
- 2) correlation:
- 3) energy:
- 4) homogeneity:

где u, v — координаты матрицы смежности, G — количество уровней серого, μ_u, μ_v, σ_u и σ_v — средние значения и стандартные отклонения u -й строки и v -го столбца матрицы совпадения соответственно. Приведённые выше определения гарантируют, что все функции имеют диапазон $[0, 1]$.

$$JM = \left\{ \sum_{i=1}^N [\sqrt{f(x_i)\Delta x} - \sqrt{g(x_i)\Delta x}]^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

$$KS = \text{Max}_i \left[\sum_1^i |f(x_i) - g(x_i)| \Delta x \right] \quad \text{where } i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$Kp = \text{Max}_i \left[\sum_1^i \{f(x_i) - g(x_i)\} \right] + \text{Max}_i \left[\sum_1^i \{g(x_i) - f(x_i)\} \right], \quad \text{where } i = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

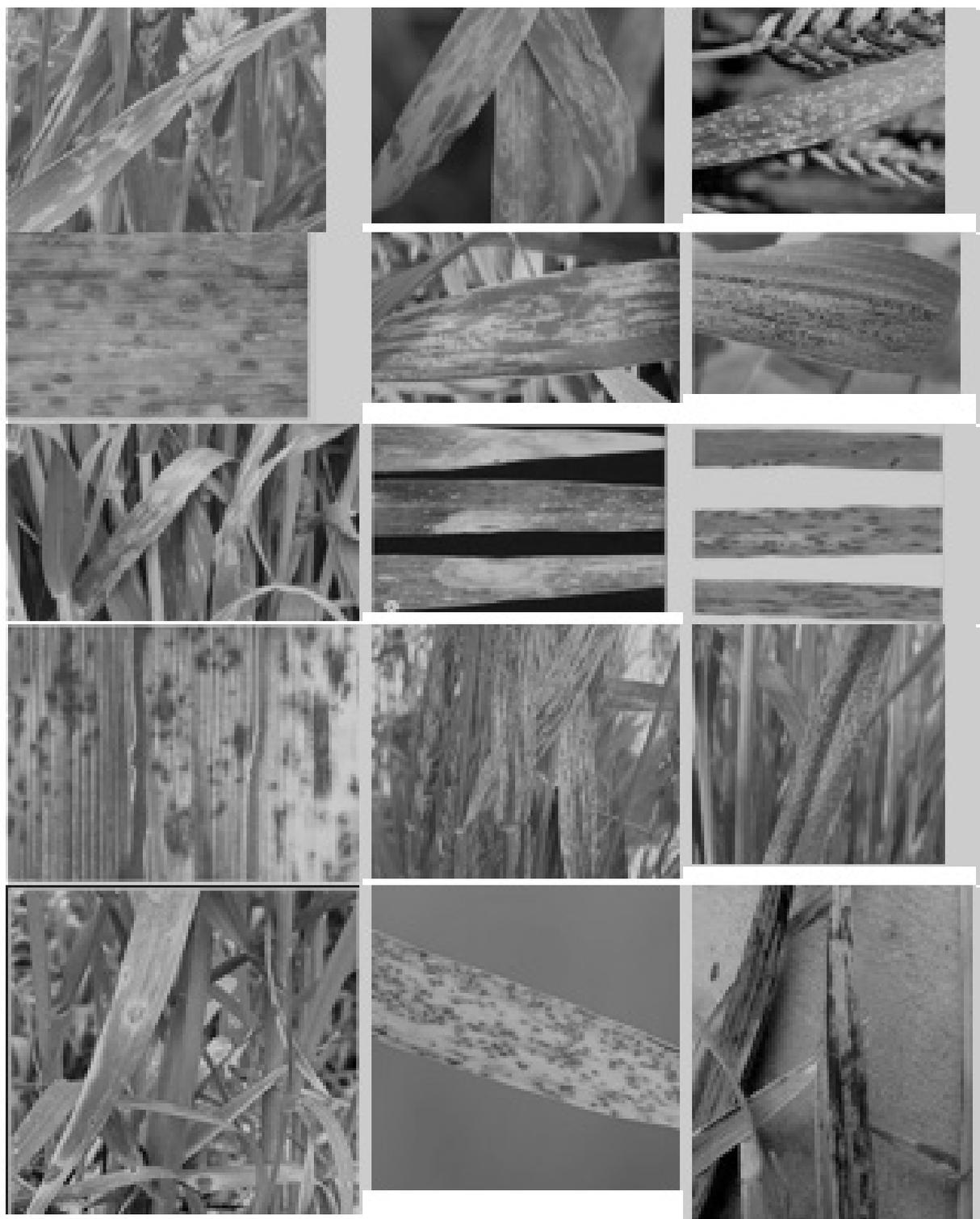


Рис. 2. Фотоизображения листьев пшеницы при различных заболеваниях. 1- Септориоз (*Septoria*), 2 — пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis*), 3 — Мучнистая роса (*Erysiphe graminis*), 4 — Ржавчина бурая (*Puccinia recondita*), 5, 6 — Ржавчина желтая (*Puccinia striiformis*), 7 — Септориоз листьев (*Septoria tritici*), 8 — Снежная плесень (*Fusarium nivale*), 9 — Гельминтоспориоз (*Helminthosporium sativum*), 10 — Корневые гнили, 11 — Полосатая мозаика (Wheat stripe mosaic virus), 12 — Бурая (листовая) ржавчина (Грибные болезни (*Puccinia triticina*)), — 13 — Гельминтоспориоз (*Pyrenophora tritici-repentis*), 14 — Линейная (стеблевая) ржавчина (*Puccinia graminis*), 15 — Пыльная головня (*Ustilago tritica*)

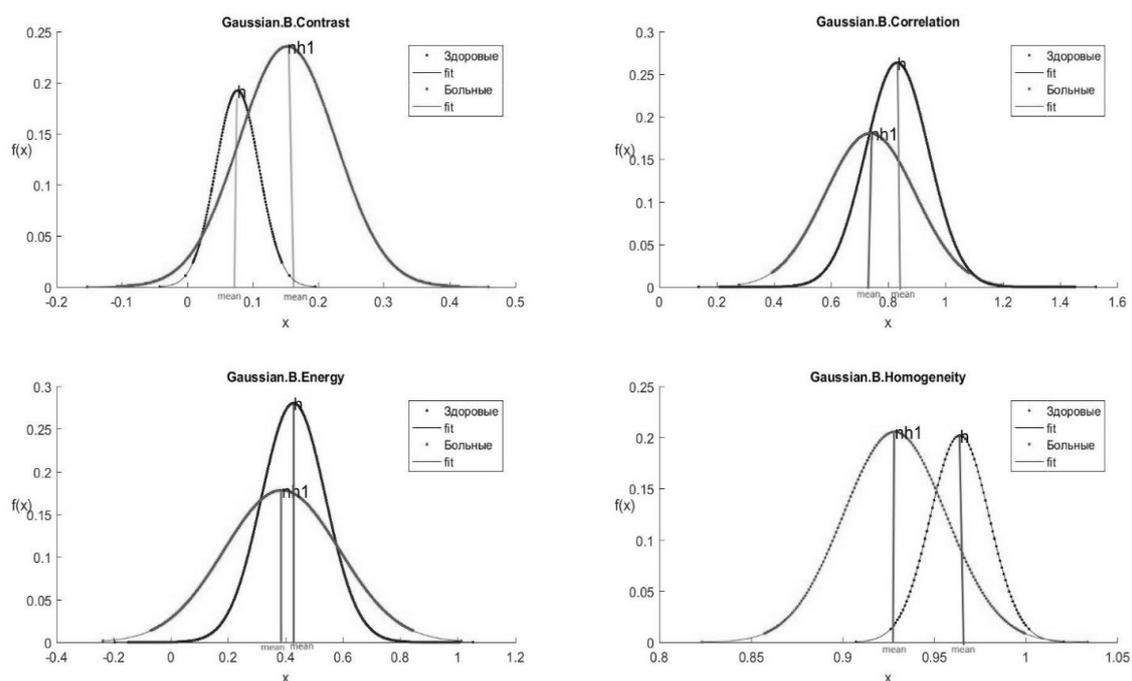


Рис. 3. Пример функций распределения параметров текстур для В-компоненты нормализованных изображений листьев эвкалиптов.

Однако непосредственное использование этих параметров для целей диагностики вида заболевания также не приводит к однозначно правильному результату, т.к. «эталонным» описанием каждого вида заболевания является не набор фиксированных значений параметров текстур, а набор функций распределения этих параметров (см. рис. 3).

Характерная особенность функций распределения параметров текстур фотоизображений листьев: Contrast, Correlation, Energy, Entropy, Homogeneity — значительные перекрытия (см. рис. 3), что исключает возможность формирования порогов распознавания по критериям идеального наблюдателя или Неймана — Пирсона и однозначной идентификации вида заболевания.

Использование нечёткой логики

Для преодоления этого недостатка нами предлагается создание эталонных описаний нормализованных изображений для всех анализируемых болезней в виде границ доверительных интервалов функций распределения параметров текстур: Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity, — для компонентов R, G, B, RG, RB, GB изображений обучающей выборки, определение соответствия значений параметров текстур нормализованного

анализируемого изображения доверительным интервалам эталонного описания и принятие окончательного решения о принадлежности изображения к одному из возможных видов путём бинаризации результатов сравнения и мажоритарного голосования.

Предлагаемый нами подход заключается в формировании параметров текстур на основе показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity [7], а для формирования результатов распознавания применение нечёткой логики [8]. Целесообразность её использования при решении задачи диагностики заболеваний растений по изображениям листьев рассмотрена в [9]. Отличительной особенностью предлагаемого нами решения этой задачи состоит в том, что оно предполагает определение принадлежности к эталонным описаниям каждого из 6 наборов R, G, B, RG, RB, GB, бинаризацию результатов и принятие окончательного решения о принадлежности изображения к одному из возможных видов путём мажоритарного голосования.

На рис. 3 приведена предлагаемая структура системы диагностики заболеваний растений по изображениям листьев.

Предлагаемая методика диагностики включает два этапа.

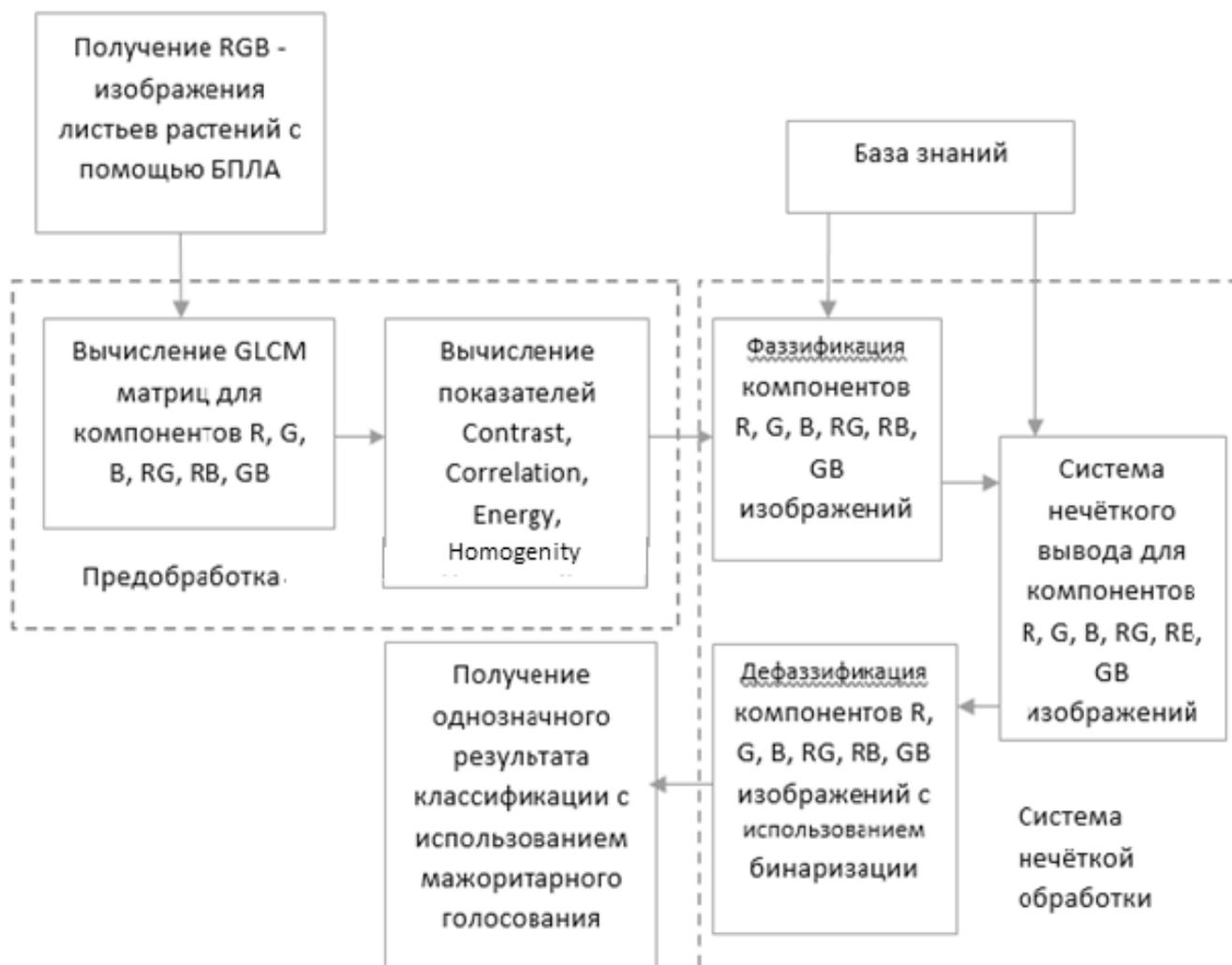


Рис. 3. Структура системы диагностики заболеваний растений по изображениям листьев.

На первом этапе производится вычисление параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity и сравнение с эталонными описаниями, в виде диапазона значений параметров при всех заболеваниях и бинаризацией результатов диагностики (значение бинаризованного результата сравнения равно 1, если значение параметров входит в диапазон эталонного описания при данном заболевании, и 0 — если не входит). В приведённой таблице 1 приведены результаты моделирования процесса диагностики для случая, когда анализируется матрица смежности для красной составляющей изображения, а модельные значения параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity вычислены как сумма центра распределения и случайного отклонения для болезни 3. Диапазон значений параметров эталонного описания D (доверительный интервал для заданного уровня доверительной вероятности) можно взять фиксированным для всех 24 параметров и равным ± 0.08 как показали результаты моделирования, т.е. $D=0.16$.

В том случае, если доверительные интервалы эталонных описаний больше этого значения, необходимо получать усреднённые значения параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для нескольких (M) анализируемых изображений листьев (это возможно, т.к. в области поражения болезнью всегда находится несколько растений), а количество усредняемых значений параметров выбирать из условия, чтобы доверительный интервал с учётом произведённого усреднения значений параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity был не более D . Если доверительный интервал значений какого-либо параметра без учёта усреднения равен $D1$, $D1 > D$, то в предположении, что закон распределения значений этого параметра близок к нормальному, необходимое количество усреднений M может быть вычислено на основе известного выражения для доверительного интервала математического ожидания как

$$M = \frac{D1^2}{D^2}$$

Таблица 1.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Параметр распознавания GLCM | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contrast | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Correlation | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Energy | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Homogeneity | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Результат диагностики после мажоритарного голосования | 2 | 1 | 4 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| Результат бинаризации | | | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 |

Таблица 2

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Параметр распознавания GLCM | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| RG | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RB | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GB | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Результат диагностики после мажоритарного голосования | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Результат бинаризации | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

По результатам проведённых измерений значений параметров для набора из 160 изображений листьев эвкалипта (80 — здоровых и 80 — больных) и 300 изображений листьев пшеницы (100 здоровых, 100 больных септориозом и 100 — бурой ржавчиной) максимальная величина D_1 в расчёте на доверительную вероятность, равную 0.95 составила +/-0.4, т.е. $D_1=0.8$. Отсюда следует, что достаточное количество усреднений равно 25.

Из приведённой таблицы видно, что использование какого-либо одного ключевого параметра: Contrast, Correlation, Energy или Homogeneity не позволяет однозначно идентифицировать вид заболевания. Более хороший результат можно получить, используя мажоритарное голосование.

На этом этапе однозначный результат распознавания ещё не получается (см. табл. 1).

На втором этапе мы предлагаем суммировать результаты бинаризации, полученные на первом этапе для компонентов R, G, B, RG, RB, GB, а затем вычислять окон-

чательный результат диагностики путём мажоритарного голосования.

Результаты второго этапа диагностики, полученные путём моделирования при заданном уровне доверительной вероятности 0.95 приведённые в табл. 2 в качестве примера, показывают, что результаты бинаризации определяют вид заболевания с заданным уровнем доверительной вероятности.

Исходными данными для алгоритма диагностики являются эталонные описания изображений листьев при всех заболеваниях: математические ожидания показателей CN, EN, CR, HM и значения доверительных интервалов DCN, DEN, DCR, DHM для функций распределения значений этих параметров. При проведении модельного эксперимента математические ожидания показателей CN, EN, CR, HM были взяты равными значениям параметров, полученных при обработке изображений листьев пшеницы для всех 15 болезней, а доверительные интервалы DCN, DEN, DCR, DHM были взяты равными 0.16. Статистические оценки результатов диа-

гностики предложенным способом проводились для каждой из 15 болезней. В результате 15000 проведённых модельных экспериментов (по 1000 экспериментов для каждой из 15 болезней) правильная диагностика составила 93.6–96%.

Описание алгоритма. Исходными данными для алгоритма диагностики являются эталонные описания изображений листьев при всех заболеваниях: математические ожидания показателей CN0, EN0, CR0, HM0 и значения доверительных интервалов DCN, DEN, DCR, DHM для функций распределения значений этих параметров.

Последовательность действий.

1. Вычисление значений показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для всех компонентов изображения: R, G, B, RG, RB, GB (номер компонента $j=1.6$) и вычисление показателей сравнения исходного изображения листа с эталонными описаниями для всех компонентов и всех болезней: $KCN(i, j)$, $KEN(i, j)$, $KCR(i, j)$, $KHM(i, j)$, ($j=1.6, i=1.15$):

$$KCN(i, j) = \frac{|CN(i, j) - CN0(i, j)|}{DCN(i, j)};$$

$$KEN(i, j) = \frac{|EN(i, j) - EN0(i, j)|}{DEN(i, j)};$$

$$KCR(i, j) = \frac{|CR(i, j) - CR0(i, j)|}{DCR(i, j)};$$

$$KHM(i, j) = \frac{|HM(i, j) - HM0(i, j)|}{DHM(i, j)}.$$

2. Первичная бинаризация показателей:

$$KCNB(i, j) = 1, \text{ если } KCN(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KCN > 1;$$

$$KENB(i, j) = 1, \text{ если } KEN(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KEN > 1;$$

$$KCRB(i, j) = 1, \text{ если } KCR(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KCR > 1;$$

$$KHMB(i, j) = 1, \text{ если } KHM(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KHM > 1.$$

3. Первичное мажоритарное голосование и вторичная бинаризация результатов голосования:

$$KB(i, j) = KCNB(i, j) + KENB(i, j) +$$

$$+ KCRB(i, j) + KHMB(i, j);$$

$$KB1(i, j) = \text{round} \left(\frac{KB(i, j) - 0.1}{4} \right).$$

4. Окончательное мажоритарное голосование и бинаризация:

$$KBG(i) = \sum_{j=1}^6 KBB(i, j);$$

$$K(i) = \text{round} \left(\frac{(KBG(i) - 0.1)}{6} \right).$$

Заключение

1. Для классификации текстурных изображений при значительном количестве классов надёжные результаты даёт вычисление матрицы смежности (GLCM) и эталонных описаний классов в виде границ доверительных интервалов функций распределения параметров текстур: Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity, для компонентов изображений R, G, B, RG, RB, GB, выполнение операции фаззификации с формированием нечётких выводов о принадлежности к определённому классу, выполнение дефаззификации с использованием бинаризации признаков и мажоритарного голосования.

2. Достоверность результатов классификации может быть повышена, если использовать для диагностики усреднённые значения параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для нескольких анализируемых изображений, принадлежащих к одному классу.

3. Предложенный подход к классификации текстурных изображений может быть успешно применён для диагностики заболеваний сельскохозяйственных культур по изображениям листьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисюк В. С. Алгоритмы выделения особенностей на изображениях с целью классификации заболеваний растений. https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_16_denisjuk.pdf
2. Kuan-Man Xu. Using the Bootstrap Method for a Statistical Significance Test of Differences Between Summary. .
3. Histograms/ NASA Langley Research Center, Hampton, VA. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20080015431.pdf>
4. S.I.Bityukov, A. V. Maksimushkina, V. V. Smirnova Comparison of histograms in physical research /Nuclear Energy and technology 2 (2016), 108–113.
5. Francesco Bianconi, Richard Harvey, Paul Southam, Antonio Fernandez. Theoretical and experimental comparison of different approaches for colour texture classification / <https://pdfs.semanticscholar.org/31a0/cf98ca459ab6e4676ac45700cc2485358347.pdf>
6. М.Койшибаев. Болезни пшеницы. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Анкара, 2018. 365с.

7. Йорданка Станчева. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 3., Болезни полевых культур. София — Москва, Изд. ПЕНСОФТ, 2003г
8. Jayme Garcia Arnal Barbedo Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases / Barbedo SpringerPlus 2013, 2:660 / <http://www.springerplus.com/content/2/1/660/>
9. С.Д.Штовба. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику/ <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/index.php>
10. Аунг Ч.Х., Тант З. П., Федоров А. Р., Федоров П. А. Разработка алгоритмов обработки изображений интеллектуальными мобильными роботами на основе нечёткой логики и нейронных сетей // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6.

© Тутыгин Владимир Семёнович, Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али (vs4141@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛИСТЬЕВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

SYSTEM OF RECOGNITION OF PLANT DISEASES ON LEAVES IMAGES ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORK

V. Tutygin
Al Windi Basim Khalid Mohammed Ali
I. Ryabtsev

Summary. A new method including the calculation of the distribution functions of the key parameters of the R, G, B, RG, RB, GB components of the original color RGB plant picture images, a fuzzification operation representing and the adjacency matrix (GLCM), a fuzzification operation, representing the formation of fuzzy pins on the type of plant disease, the implementation of defuzzification using the binarization of key features and majority vote on 6 parameters, as well as a neural network based method.

Keywords: GLCM-matrix, fuzzy set of plants leaves pictures, fuzzy logic, binarization of key features, majority voting, neural network.

Тутыгин Владимир Семёнович

*К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
политехнический университет, Санкт-Петербург*

Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али

*Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический
университет, Санкт-Петербург*

vs4141@mail.ru

Рябцев Игорь Александрович

*Санкт-Петербургский политехнический университет,
Санкт-Петербург*

Аннотация. Новый способ, включающий вычисление функций распределения ключевых параметров компонент R, G, B, RG, RB, GB исходных цветных RGB фотоизображений листьев растений и матрицы смежности (GLCM), выполнение операции фаззификации с формированием нечётких выводов о виде заболевания растений, выполнение дефаззификации с использованием бинаризации признаков и мажоритарного голосования по 6 параметрам, а также способ на основе нейронной сети.

Ключевые слова: GLCM — матрица, нечеткое множество параметров изображений листьев растений, нечеткая логика, бинаризация ключевых признаков, мажоритарное голосование, нейронная сеть.

Введение

В связи с увеличивающимся количеством населения на планете необходимо увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур и минимизировать потери урожая, вызванные нарушениями условий роста растений (недостатком или избытком влаги, болезнями, нашествием вредителей).

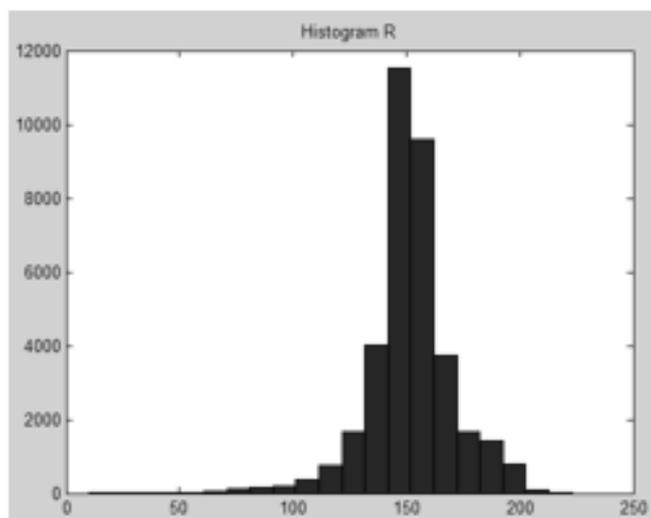
Существует несколько способов выявления патологий растений. Немногие болезни не имеют видимых симптомов или они появляются только тогда, когда слишком поздно действовать. В этих случаях необходим сложный анализ, обычно с помощью мощных микроскопов. В других случаях признаки могут быть обнаружены только в некоторых частях электромагнитного спектра, которые не видны людям. Общим подходом в этом случае является использование удалённого метода обнаружения, которые исследуют фотоизображения, сделанные мультиспектральными и гиперспектральными камерами [12].

Большинство же заболеваний растений порождают изменения вида листьев в видимом спектре. В подавляющем большинстве случаев, диагноз или, по крайней мере, первое предположение о заболевании, осу-

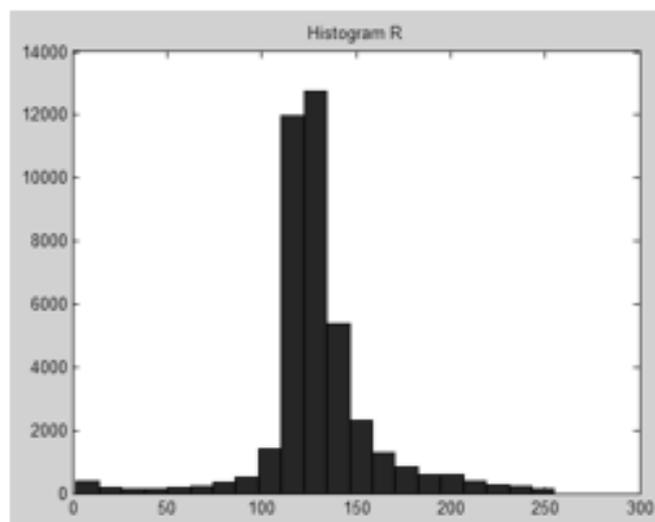
ществляется людьми визуально. Важно учитывать, что сельскохозяйственные культуры могут распространяться на чрезвычайно большие площади, делая мониторинг сложной задачей. Многие из этих проблем могут быть решены за счёт получения и цифровой обработки полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов изображений листьев растений RGB-камерой и автоматическими инструментами классификации.

Для решения задачи выделения особенностей на изображениях с целью их классификации применяются различные методы формирования набора признаков, позволяющих однозначно идентифицировать изображения, т.е. относить их к определённому классу. Наиболее часто для решения задачи выделения особенностей на изображениях листьев растений с целью классификации вида заболевания растений используются текстурные признаки изображений листьев.

Наибольшее применение при решении задач распознавания болезней растений по изображениям листьев нашли признаки текстуры, использующие матрицы смежности (матрицы GLCM для полутоновых изображений и ICICM — для цветных изображений), признаки,



а



б

Рис. 1. Гистограммы яркостей изображения здорового (А) и больного (Б) эвкалиптов

основанные на измерении пространственных частот, признаки, использующие статистические характеристики изображений (среднее, энергия, вариация, однородность, контраст, коэффициент корреляции, энтропия, дифференциальная дисперсия), признаки, основанные на описании структурных элементов [1–4].

Использование матрицы смежностей (GLCM-матрицы)

Наиболее часто предлагается использовать статистический метод и метод сравнения текстур. Сравнению подлежат изображения листа здорового растения и больного растения. При использовании статистического метода можно производить сравнение гистограмм больных растений с гистограммой здорового растения.

Сравнивать можно центральные моменты гистограмм: математическое ожидание, дисперсию, величину скошенности (3-й момент) и эксцесс (4-й момент). Кроме того, в качестве меры различия гистограмм предложены несколько метрик [3, 4]: метрика Евклида (L2):

$$L2 = \left\{ \sum_{i=1}^N [f(x_i)\Delta x - g(x_i)\Delta x]^2 \right\}^{1/2}, \quad (1)$$

метрика Джеффриса-Матусита (JM):

$$JM = \left\{ \sum_{i=1}^N [\sqrt{f(x_i)\Delta x} - \sqrt{g(x_i)\Delta x}]^2 \right\}^{1/2}. \quad (2)$$

метрика Колмогорова-Смирнова (KS):

$$KS = \text{Max}_j \left[\sum_1^i |f(x_j) - g(x_j)| \Delta x \right] \quad (3)$$

where $i = 1, 2, \dots, N$.

метрика Купера (Kuiper):

$$Kp = \text{Max}_j \left[\sum_1^i \{f(x_j) - g(x_j)\} \right] + \text{Max}_j \left[\sum_1^i \{g(x_j) - f(x_j)\} \right],$$

where $i = 1, 2, \dots, N$ (4).

Выбор системы ключевых признаков

Однако однозначно определить вид заболевания растений (в частности, пшеницы или сои) на основе описанных метрик невозможно, т.к. количество видов заболеваний у сельскохозяйственных культур достаточно велико (например, количество основных заболеваний пшеницы или сои — более 15 [5,6]), а различие гистограмм изображений с разными видами заболеваний незначительно. Пример изображений листьев пшеницы при различных заболеваниях приведён на рис. 2.

Характерная особенность функций распределения обобщённых показателей фотоизображений — значительные перекрытия, что исключает возможность формирования порогов распознавания по критериям идеального наблюдателя или Неймана — Пирсона и однозначной идентификации вида заболевания. Для преодоления этого недостатка нами предлагается вычисление 6 наборов обобщённых показателей гистограмм

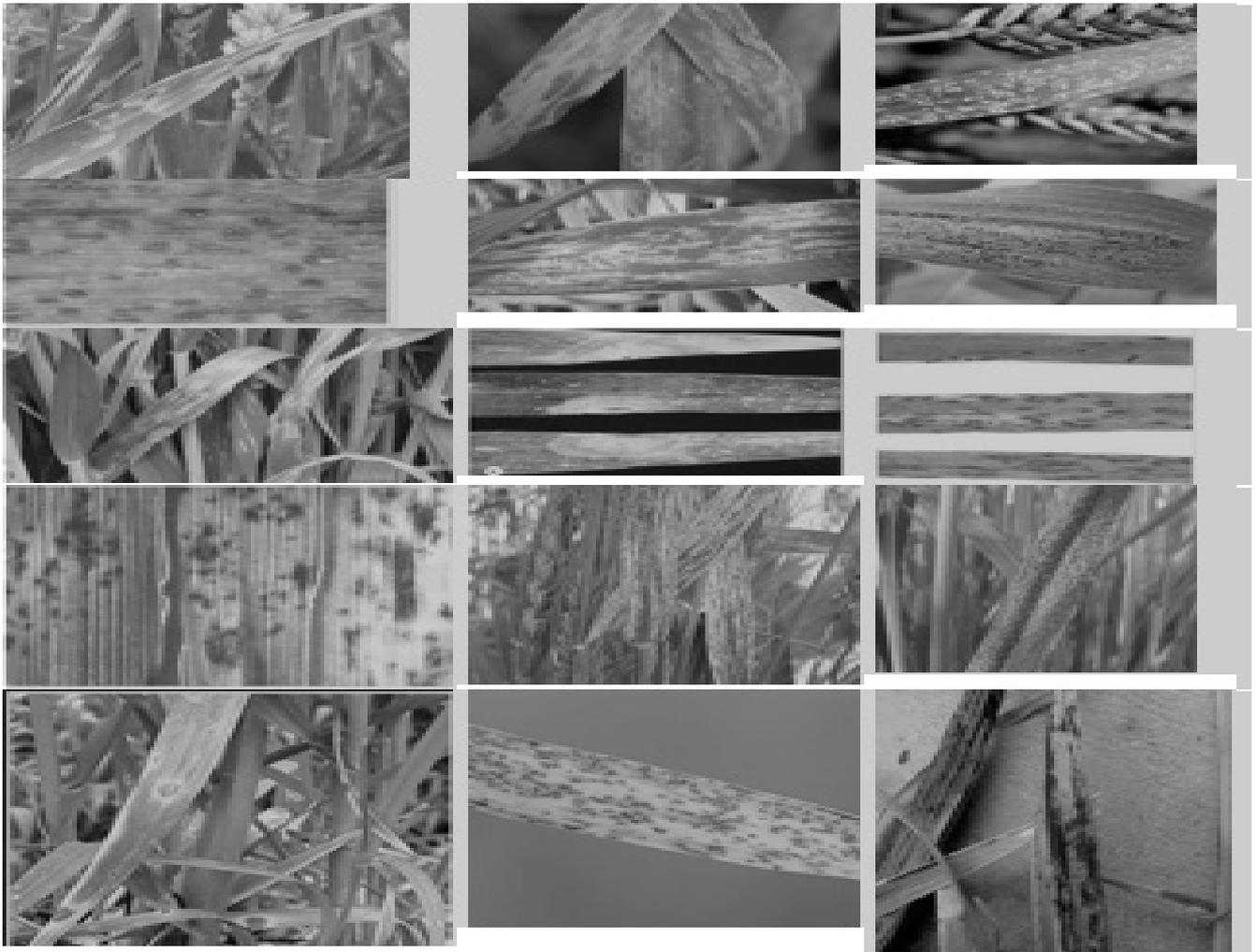


Рис. 2. Фотоизображения листьев пшеницы при различных заболеваниях. 1- Септориоз (*Septoria*), 2 — пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis*), 3 — Мучнистая роса (*Erysiphe graminis*), 4 — Ржавчина бурая (*Puccinia recondita*), 5, 6 — Ржавчина желтая (*Puccinia striiformis*), 7 — Септориоз листьев (*Septoria tritici*), 8 — Снежная плесень (*Fusarium nivale*), 9 — Гельминтоспориоз (*Helminthosporium sativum*), 10 — Корневые гнили, 11 — Полосатая мозаика (*Wheat streak mosaic virus*), 12 — Бурая (листовая) ржавчина (Грибные болезни (*Puccinia triticina*)), — 13 — Гельминтоспориоз (*Pyrenophora tritici-repentis*), 14 — Линейная (стеблевая) ржавчина (*Puccinia graminis*), 15 — Пыльная головня (*Ustilago tritica*)

для компонентов R, G, B, RG, RB, GB, вычисление наборов из 15 функций распределения для каждого из 6 наборов обобщённых показателей гистограмм R, G, B, RG, RB, GB и принятие окончательного решения о принадлежности изображения к одному из 15 возможных видов путём мажоритарного голосования.

Известный подход решения задачи основан на сравнении текстур изображений на основе матрицы смежностей (матрицы GLCM для полутоновых изображений и ICICM — для цветных изображений [7, 8]). В этом случае объектом анализа является не матрица изображения, а матрицы смежности R, G, B, RG, RB, GB, на основе которых вычисляются основные параметры: Contrast,

Correlation, Energy, Entropy, Homogeneity. Непосредственное использование этих параметров для целей идентификации вида заболевания не приводит к однозначно правильному результату распознавания.

Предлагаемый нами подход заключается в формировании обобщённых показателей на основе показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity [7]:

1) contrast:

$$CN = \frac{1}{(G-1)^2} \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} |u-v|^2 p(u,v)$$

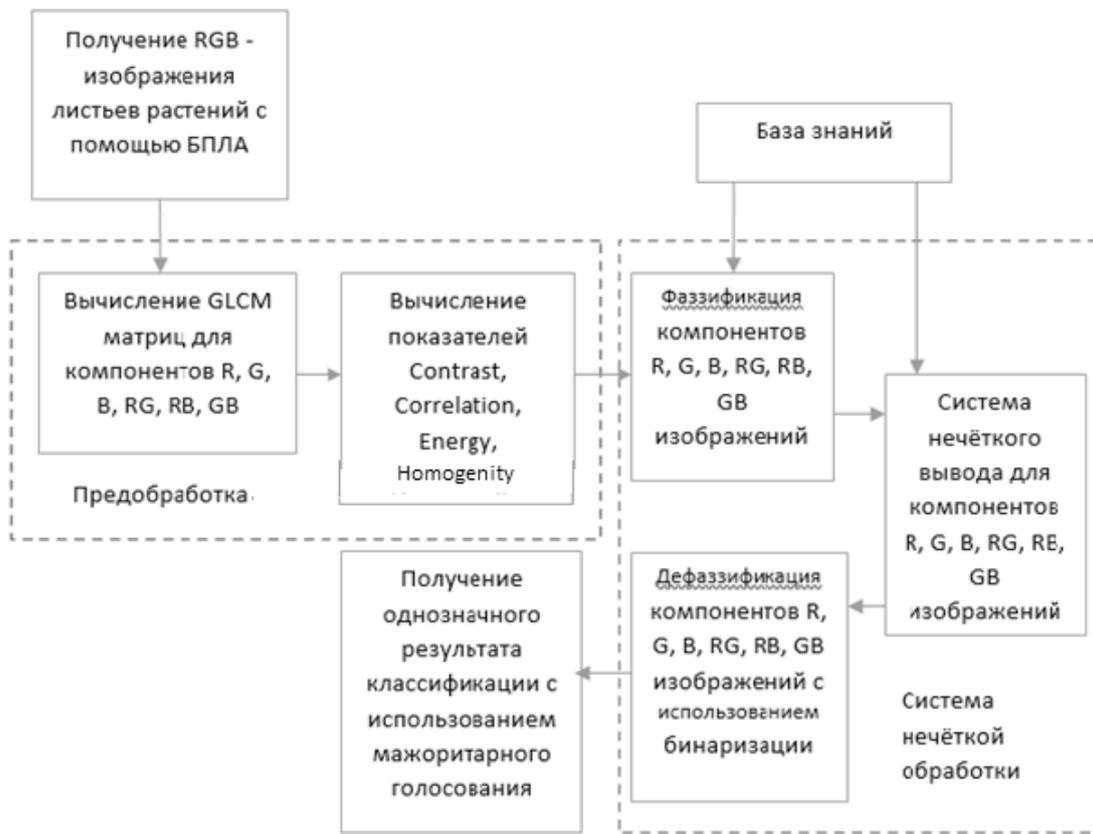


Рис. 3. Структура системы диагностики заболеваний растений по изображениям листьев

2) correlation:

$$CR = \frac{1}{2} \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} \frac{(u - \mu_u)(u - \mu_v)}{\sigma_u^2 \sigma_v^2} p(u, v) + 1$$

3) energy:

$$EN = \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} p(u, v)^2$$

4) homogeneity:

$$HM = \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} \frac{p(u, v)}{1 + |u - v|}$$

где u, v — координаты матрицы смежности, G — количество уровней серого, μ_u, μ_v, σ_u и σ_v — средние значения и стандартные отклонения u -й строки и v -го столбца матрицы совпадения соответственно. Приведённые выше определения гарантируют, что все функции имеют диапазон $[0, 1]$.

Для формирования результатов распознавания применяется нечёткая логика [8]. Целесообразность её ис-

пользования при решении задачи диагностики заболеваний растений по изображениям листьев рассмотрена в [9]. Отличительной особенностью предлагаемого нами решения этой задачи состоит в том, что оно предполагает вычисление функций принадлежности к эталонным описаниям каждого из 6 наборов R, G, B, RG, RB, GB, бинаризацию результатов и принятие окончательного решения о принадлежности изображения к одному из 15 возможных видов путём мажоритарного голосования.

На рис. 3 приведена предлагаемая структура системы диагностики заболеваний растений по изображениям листьев.

Предлагаемая методика диагностики вида заболеваний растений по изображениям листьев основана на использовании параметров матрицы смежности и мажоритарном голосовании и включает два этапа.

На первом этапе производится вычисление параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity и сравнение с эталонными описаниями, в виде диапазона значений параметров при всех 15 заболеваниях и бинаризацией результатов диагностики (значение бинаризованного результата сравнения равно 1, если значение параметров входит в диапазон эталонного

Таблица. 1

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Параметр распознавания GLCM | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contrast | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Correlation | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Energy | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Homogeneity | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Результат диагностики после мажоритарного голосования | 2 | 1 | 4 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 |
| Результат бинаризации | | | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 |

описания при данном заболевании, и 0 — если не входит). В приведённой таблице 1 приведены результаты моделирования процесса диагностики для случая, когда анализируется матрица смежности для красной составляющей изображения, а модельные значения параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity вычислены как сумма центра распределения и случайного отклонения для болезни 3. Диапазон значений параметров эталонного описания D (доверительный интервал для заданного уровня доверительной вероятности) можно взять фиксированным для всех 24 параметров, как показали результаты моделирования, и равным +/- 0.08, т.е. D=0.16, получать усреднённые значения параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для нескольких (M) изображений листьев (это возможно, т.к. в области поражения болезнью всегда находится несколько растений), а количество усредняемых значений параметров выбирать из условия, чтобы доверительный интервал, с учётом произведённого усреднения значений параметров Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity был не более D. Если границы разброса (доверительный интервал) значений какого-либо параметра без учёта усреднения равен D1, D1>D, то в предположении, что закон распределения значений этого параметра близок к нормальному, необходимое количество усреднений M может быть вычислено на основе известного выражения для доверительного интервала математического ожидания как

$$M = \frac{D1^2}{D^2}$$

По результатам проведённых измерений значений параметров для набора из 160 изображений листьев эвкалипта (80 — здоровых и 80 — больных) и 300 изображений листьев пшеницы (100 здоровых, 100 больных септориозом и 100 — бурой ржавчиной) максимальная величина D1 в расчёте на доверительную вероятность, равную 0.95 составила +/-0.4, т.е. D1=0.8. Отсюда следует, что достаточное количество усреднений равно 25.

Из приведённой таблицы видно, что использование какого-либо одного ключевого параметра: Contrast, Correlation, Energy или Homogeneity не позволяет однозначно идентифицировать вид заболевания. Более хороший результат можно получить, используя мажоритарное голосование.

На этом этапе однозначный результат распознавания ещё не получается (см. табл. 1).

На втором этапе мы предлагаем суммировать результаты бинаризации, полученные на первом этапе для компонентов R, G, B, RG, RB, GB, а затем вычислять окончательный результат диагностики путём мажоритарного голосования.

Результаты второго этапа диагностики, полученные путём моделирования при заданном уровне доверительной вероятности 0.95 приведённые в табл. 2 в качестве примера, показывают, что результаты бинаризации определяют вид заболевания с заданным уровнем доверительной вероятности.

Исходными данными для алгоритма диагностики являются эталонные описания изображений листьев при всех заболеваниях: математические ожидания показателей CN, EN, CR, HM и значения доверительных интервалов DCN, DEN, DCR, DHM для функций распределения значений этих параметров. При проведении модельного эксперимента математические ожидания показателей CN, EN, CR, HM были взяты равными значениям параметров, полученных при обработке изображений для всех 15 болезней, а доверительные интервалы DCN, DEN, DCR, DHM были взяты равными 0.16. Статистические оценки результатов диагностики предложенным способом проводились для каждой из 15 болезней. В результате 15000 проведённых модельных экспериментов (по 1000 экспериментов для каждой из 15 болезней) правильная диагностика составила 93.6–96%.

Таблица 2

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| Параметр распознавания GLCM | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| RG | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RB | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GB | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Результат диагностики после мажоритарного голосования | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Результат бинаризации | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Описание алгоритма

Исходными данными для алгоритма диагностики являются эталонные описания изображений листьев при всех заболеваниях: математические ожидания показателей CN0, EN0, CR0, HM0 и значения доверительных интервалов DCN, DEN, DCR, DHM для функций распределения значений этих параметров.

Последовательность действий.

1. Вычисление значений показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для всех компонентов изображения: R, G, B, RG, RB, GB (номер компонента j=1..6) и вычисление показателей сравнения исходного изображения листа с эталонными описаниями для всех компонентов и всех болезней: KCN(i, j), KEN(i, j), KCR(i, j), KHM(i, j), (j=1..6, i=1..15):

$$KCN(i, j) = \frac{|CN(i, j) - CN0(i, j)|}{DCN(i, j)};$$

$$KEN(i, j) = \frac{|EN(i, j) - EN0(i, j)|}{DEN(i, j)};$$

$$KCR(i, j) = \frac{|CR(i, j) - CR0(i, j)|}{DCR(i, j)};$$

$$KHM(i, j) = \frac{|HM(i, j) - HM0(i, j)|}{DHM(i, j)}.$$

2. Первичная бинаризация показателей:

$$KCNB(i, j) = 1, \text{ если } KCN(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KCN > 1;$$

$$KENB(i, j) = 1, \text{ если } KEN(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KEN > 1;$$

$$KCRB(i, j) = 1, \text{ если } KCR(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KCR > 1;$$

$$KHMB(i, j) = 1, \text{ если } KHM(i, j) \leq 1, \text{ и } 0, \text{ если } KHM > 1.$$

3. Первичное мажоритарное голосование и вторичная бинаризация результатов голосования:

$$KB(i, j) = KCNB(i, j) + KENB(i, j) + KCRB(i, j) + KHMB(i, j);$$

$$KB1(i, j) = \text{round}\left(\frac{KB(i, j) - 0.1}{4}\right).$$

4. Окончательное мажоритарное голосование и бинаризация:

$$KBG(i) = \sum_{j=1}^6 KBB(i, j);$$

$$K(i) = \text{round}\left(\frac{(KBG(i) - 0.1)}{6}\right).$$

Использование нейронной сети

Для решения задачи идентификации заболевания по фотоизображениям листьев растений нами исследовалась также возможность использования глубокой свёрточной нейронной сети (СНС) [10, 11]. Нами была выбрана свёрточная нейронная сеть именно потому, что она позволяет распознать конкретные визуальные признаки, в нашем случае очаги болезни, независимо от того, в каком месте листа растения они находятся. Для этого на вход нейронной сети подаются изображения не в виде одномерного массива, как это было бы с другими типами нейронных сетей, а в виде матрицы пикселей. Такие же матрицы будут получаться и после свёрточного слоя: в них по-прежнему будет пространственная структура, соответствующая исходной картинке.

Свёртка — это линейное преобразование входных данных особого вида. Если — карта признаков (матрицы изображения) в слое под номером l, то результат двумерной свертки с ядром размера 2d + 1 и матрицей весов W размера (2d + 1) × (2d + 1) на следующем слое будет таким

$$y_{i,j}^l = \sum_{-d \leq a, b \leq d} (W_{a,b} * x_{i+a, j+b}^l),$$

где $y_{i,j}^l$ — результат свертки на уровне 1, а $x_{i,j}^l$ — ее вход, то есть выход всего предыдущего слоя. Иначе говоря, чтобы получить компоненту (i, j) следующего уровня, мы применяем линейное преобразование к квадратному окну предыдущего уровня, то есть скалярно умножаем пиксели из окна на вектор свертки. Рассмотрим применение свертки к матрице 5x5 с матрицей весов размера 3x3:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 3 & 2 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 4 \\ 8 & 8 & 10 \\ 8 & 15 & 12 \end{pmatrix}$$

После слоя свертки в нейронной сети следует нелинейность $z_{i,j}^l = h(y_{i,j}^l)$. В качестве функции h используем ReLU — блок линейной ректификации, вычисляющий функцию $f(x) = \max(0, x)$, на деле это операция отсечения отрицательной части скалярной величины, которая будет применяться к каждому элементу полученной матрицы.

Но и это ещё не все, кроме линейной свертки и следующей за ней нелинейности следует ещё одна операция — субдискретизация (pooling; по-русски её называют ещё операцией подвыборки). Смысл субдискретизации прост: в свёрточных сетях гораздо важнее наличие или отсутствие того или иного признака, чем его точные координаты. Поэтому допускается “обобщение” выделяемых признаков, теряя часть информации об их местоположении, но зато сокращая размерность. Обычно в качестве субдискретизации к каждой локальной группе нейронов применяется операция взятия максимума — max-pooling. Таким образом, max-pooling представляется в виде

$$x_{i,j}^{l+1} = \max_{-d \leq a \leq d, -d \leq b \leq d} z_{i+a, j+b}^l$$

здесь d — размер окна субдискретизации.

Таким образом стандартный слой свёрточной сети состоит из 3 компонентов:

1. Свертка в виде линейного отображения, выделяющая локальные признаки;
2. Нелинейная функция применённая покомпонентно к результатам свертки;
3. Субдискретизация.

Важной частью является обучение. Положим, что мы оптимизируем некоторую функцию ошибки E и уже знаем её значения на выходах нашего свёрточного слоя. Чтобы провести итерацию обучения, нужно понять, как через них выражаются значения градиентов функции ошибки от весов.

Пройдём по свёрточному “слою”. Через функцию взятия максимума ошибка проходит без изменения, слой субдискретизации делает проходящие по графу вычисления градиенты разреженными, так как из всех элементов окна частная производная

$$\frac{\partial E}{\partial x_{i,j}^{l+1}}$$

относится только к одному — максимальному, остальные получают нулевой градиент. Пропустим через нелинейность:

$$\frac{\partial E}{\partial y_{i,j}^l} = \frac{\partial E}{\partial z_{i,j}^l} * \frac{\partial z_{i,j}^l}{\partial y_{i,j}^l} = \frac{\partial E}{\partial z_{i,j}^l} * h'(y_{i,j}^l).$$

А на свёрточном уровне появляются веса, которые и надо уметь обучать. Сложность в том, что все веса делятся и каждый участвует во всех выходах, поэтому сумма достаточно большая

$$\frac{\partial E}{\partial w_{a,b}^l} = \sum_i \sum_j \frac{\partial E}{\partial y_{i,j}^l} * \frac{\partial y_{i,j}^l}{\partial w_{a,b}^l} = \sum_i \sum_j \frac{\partial E}{\partial z_{i+a, j+b}^{l-1}}$$

где i и j пробегают все элементы картинки на промежуточном слое $y_{i,j}^l$.

Осталось только пропустить градиенты на предыдущий слой:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial x_{i,j}^l} &= \sum_a \sum_b \frac{\partial E}{\partial y_{i-a, j-b}^l} * \frac{\partial y_{i-a, j-b}^l}{\partial x_{i,j}^l} = \\ &= \sum_i \sum_j \frac{\partial E}{\partial y_{i-a, j-b}^l} * w_{a,b} \end{aligned}$$

Это и есть процедура обратного распространения ошибки в свёрточном слое.

Однако один свёрточный слой никак не может выразить взаимосвязь между пикселями, расположенными далеко друг от друга. Чтобы решить эту проблему строится глубокая свёрточная сеть, где слои свертки повторяются несколько раз. Казалось бы, чем больше слоёв, тем лучше, однако это верно только отчасти. При увеличении слоёв идет существенное усложнение модели, которая как правило не даёт сильного прироста эффективности её работы. Выход очередного слоя будет использоваться как вход для следующего, понятно, что за счёт субдискретизации размер слоя будет сокращаться. После последнего слоя свертки используется слой Flatten, отвечающий за переформатирование входных данных в полносвязный слой, за которым уже следует слой классификации Dense с количеством нейронов, равным количеству классов, которые надо идентифици-

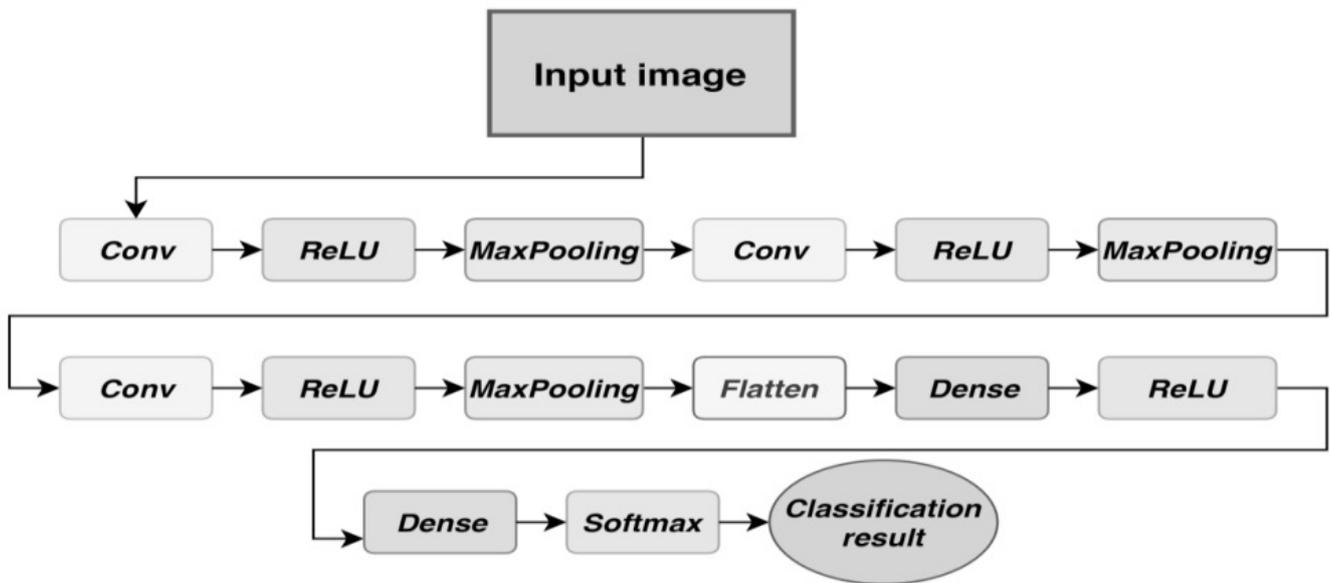


Рис. 4. Структура нейронной сети

ровать + функция активации. В качестве функции активации была выбрана Softmax. Softmax — это обобщение логической функции для многомерного случая. Функция преобразует вектор размерности N в вектор той же размерности, где каждая координата полученного вектора представлена вещественным числом в интервале $[0,1]$ и сумма координат равна 1. Следовательно, индекс максимального элемента в полученном векторе является индексом класса, к которому нейронная сеть отнесла изображение.

Для решения задачи идентификации заболевания растений по изображению листа были реализована глубокая свёрточная нейронная сеть, состоящая из 3 свёрточных слоёв с окном свёртки 3×3 , количество нейронов в каждом слое 32, за ними идет слой преобразования в полносвязный список и затем уже слой классификации на 3 вида болезни.

Структура нейронной сети показана на рис. 4.

Всего нами было исследовано 300 изображений листьев пшеницы (100 здоровых, 100 больных септориозом и 100 — бурой ржавчиной). Вся выборка была разделена так: 70% — обучение, 20% — валидация при обучении и 10% — тестирование. В результате была создана свёрточная нейронная сеть, доля верной диагностики заболевания составила 83.33%.

Заключение

1. Для диагностики вида заболевания растений по RGB — изображениям листьев при значительном ко-

личестве возможных заболеваний надёжные результаты даёт вычисление 24-х показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity матрицы GLCM для компонентов R, G, B, RG, RB, GB изображений листьев, использование нечёткой логики, на этапе дефаззификации — бинаризация признаков и мажоритарное голосование. В результате проведённых 15000 модельных экспериментов для всех 15 заболеваний доля верной диагностики заболевания составила около 95%.

2. Достоверность результатов диагностики может быть повышена, если использовать для диагностики вида заболевания растений по изображениям листьев вместо показателей Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity для одного листа усреднённые значения этих же показателей для нескольких листьев.

3. При программной реализации предложенных алгоритмов диагностики заболеваний целесообразно уточнять параметры функций распределения ключевых параметров компонент Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity эталонных описаний в процессе эксплуатации и, тем самым, повышать достоверность диагностики.

4. Для диагностики вида заболеваний растений по RGB — фотоизображениям листьев нами предложено также использование свёрточной нейронной сети. Проведённые нами с использованием 300 изображений листьев пшеницы (100 здоровых, 100 больных септориозом и 100 бурой ржавчины) исследования показали, что с использованием предлагаемой нами свёрточной нейронной сети для 3-х видов заболеваний доля верной диагностики заболевания составила около 83%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисюк В. С. Алгоритмы выделения особенностей на изображениях с целью классификации заболеваний растений. https://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_16_denisjuk.pdf
2. Kuan-Man Xu. Using the Bootstrap Method for a Statistical Significance Test of Differences Between Summary. .
3. Histograms/ NASA Langley Research Center, Hampton, VA. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20080015431.pdf>
4. S.I.Bitjukov, A. V. Maksimushkina, V. V. Smirnova Comparison of histograms in physical research /Nuclear Energy and technology 2 (2016), 108–113.
5. Francesco Bianconi, Richard Harvey, Paul Southam, Antonio Fernandez. Theoretical and experimental comparison of different approaches for colour texture classification / <https://pdfs.semanticscholar.org/31a0/cf98ca459ab6e4676ac45700cc2485358347.pdf>
6. М.Койшибаев. Болезни пшеницы. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Анкара, 2018. 365с.
7. Йорданка Станчева. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 3., Болезни полевых культур. София — Москва, Изд. ПЕНСОФТ, 2003г
8. Jaime Garcia Arnal Barbedo Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases / Barbedo SpringerPlus 2013, 2:660 / <http://www.springerplus.com/content/2/1/660/>
9. С.Д.Штовба. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику/ <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/index.php>
10. Аунг Ч.Х., Танг З. П., Федоров А. Р., Федоров П. А. Разработка алгоритмов обработки изображений интеллектуальными мобильными роботами на основе нечёткой логики и нейронных сетей // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6.
11. Николенко С. Н., Кадурин А. А., Архангельская Е. В. Глубокое обучение. — М.: Питер, 2018. — 481 с.
12. Джулли А. Пал С. Библиотека Keras — инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 296 с.
13. Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве/ Материалы Всероссийской научной конференции Санкт-Петербург, — СПб.: ФГБНУ АФИ, 2015. — 196 с.

© Тутыгин Владимир Семёнович, Аль Винди Басим Халид Мохаммед Али (vs4141@mail.ru), Рябцев Игорь Александрович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет

ОБЗОР РАЗВИТИЯ АСУ ПРОИЗВОДСТВОМ И ТИПОВЫЕ РИСКИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ

AN OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT OF ERP SYSTEMS AND TYPICAL RISKS OF THEIR IMPLEMENTATION

**A. Feofanov
N. Baranov**

Summary. The article analyzes the history of the implementation of the automated enterprise management system at Russian enterprises and in the world as a whole and show some risks associated with the implementation of these systems. It is shown that when implementing an automated enterprise management system / ERP, it is necessary to develop a method of dynamic adaptation of the architecture for building this system, taking into account the forecast for the development of a complex of factors of various properties that determine the efficiency of its operation and the risks of both the Developer and the Customer the use of qualimetric methods to solve this problem.

Keywords: ERP, technology improvement, architecture, efficiency, risks.

Феофанов Александр Николаевич

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский Государственный Технический Университет «СТАНКИН»
feofanov.fan1@yandex.ru

Баранов Николай Евгеньевич

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»
nbaranov@yandex.ru

Аннотация. В статье проводится анализ истории внедрения АСУ Производством на предприятиях России и в мире в целом и вычленяются некоторые риски, сопутствующие внедрению данных систем. Показано, что при внедрении АСУП/ERP требуется разработка метода динамической адаптации архитектуры построения этой системы с учётом прогноза развития комплекса факторов различного свойства, обуславливающих эффективность её функционирования, а также рисков, как Разработчика, так и Заказчика, в связи с чем, весьма перспективно выглядит применение квалиметрических методов к решению этой задачи.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления производством, совершенствование технологий, архитектура, эффективность, риски.

Необходимость изменений архитектуры отраслевых АСУ, как совокупности взаимосвязанных и взаимообусловленных структур (физической, организационно-штатной, логической, информационной и т.д.) обусловлена целым рядом факторов, в том числе внутренними (старение техники, программного обеспечения, линий связи и т.д.) и внешними (изменение сегмента рынка, появление новых целей, технологий и т.д.). Меняется состав предприятий отрасли, форма собственности и многое другое. Эти изменения глубоко проанализированы в работах Ю. М. Соломенцева с соавторами, в которых на протяжении длительного времени отслеживается эволюция АСУ [1; 2; 3; 4].

Но изменения могут происходить различными способами, в том числе за счёт совершенствования имеющегося потенциала или придания АСУ производством (АСУП) нового качества в ходе её развития.

Одним из вариантов изменения свойств АСУП стало внедрение в России целого ряда программных продуктов, широко используемых на Западе, в том числе программ по планированию ресурсов предприятия (ERP — Enterprise Resource Planning) [5, 6]. Вместе с тем, практика внедрения зарубежных технологий в России показала их

достаточно низкую эффективность [7], что обусловлено не учётом специфики систем и процессов управления предприятиями по отраслям промышленности, сложившимися традициями и особенностями менталитета участников процесса производства продукции в России [7; 8; 9; 10].

Предложенный анализ истории разработки и внедрения АСУ производством позволяет понять сложившуюся проблемную ситуацию.

Основным звеном (ядром) АСУП является вычислительный комплекс (ВК), предназначенный, в первую очередь, для автоматизации решения следующих задач:

- ◆ управление производством;
- ◆ планирование материально-технического обеспечения производства;
- ◆ управление персоналом;
- ◆ логистика;
- ◆ разного рода учет [11; 12].

Для качественного решения стоящих перед предприятием задач ВК должен обладать определёнными характеристиками. В противном случае автоматизация может пойти во вред, как это случилось с АСУП «Кунцево» в СССР [13].

Успешность внедрения АСУП во многом зависит и от выбранной структуры системы для решения заданных функциональных задач.

Следующим важным компонентом для эффективного функционирования АСУП является создание системы стандартов по типу принятого в СССР в 1987 году отраслевого стандарта для АСУ (ИАСУО или ОАСУ) «Интегрированная автоматизированная система управления отраслью. ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ. ОСТ 1~<02623-87» [14].

Но большое количество АСУП при их объединении в более масштабные системы требует наличия системы протоколов информационно-технического взаимодействия (ИТВ), что является достаточно сложной задачей [9].

Как справедливо отмечал в свое время академик В.М. Глушков, размышляя о сложности сопряжения техники разных уровней и разных поколений: «Автоматизация предприятия велась по трем отдельным и независимым друг от друга направлениям: системы автоматизации управленческой и финансово-хозяйственной деятельности (АСУП), системы автоматизированного проектирования (САПР) и системы автоматизации технологических и производственных процессов (АСУ ТП). Данные системы проектировались и создавались исходя из потребностей различных подразделений предприятий, они не подчинялись единым целям и задачам, были плохо связаны физически и информационно, каждая система строилась по своим внутренним законам. Большим недостатком было еще и то, что системы базировались на различных аппаратных, программных и информационных стандартах» [15; 16].

Сюда же следует добавить и психологический фактор управленческого звена: непонимание необходимости автоматизации и вследствие этого — противодействие управленческого аппарата, начиная с директора и выше, нововведениям [17].

Сведение указанных факторов в систему, их классификация, определение эксплуатационных характеристик АСУП, показателей качества и эффективности, критериев оценки, способов изменения количественных характеристик позволит сформировать проблемную ситуацию и выйти на проблемы, связанные с развитием отечественных АСУП.

При этом необходимо учитывать и зарубежный опыт. В частности, на Западе создание АСУП начиналось с использования вычислительной техники для алгоритмических вычислений с целью получения максимальной эффективности, что позволило совершить рывок в разработке специального программного обеспечения

бизнес-процессов, лежащего сегодня в основе всех зарубежных технологий управления производством, в первую очередь, компьютерных корпоративных приложений и стандартных пакетов для управления базами данных [11; 18].

Комбинация онлайн-обработки транзакций и современных систем управления базами данных создала системы бизнес-информации, которые стали основой для создания BPR (Business Process Reengineering — реинжиниринг бизнес-процессов) [19], MRP (Manufacturing Resource Planning — планирование производственных ресурсов предприятия) [20], а затем и ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия) [21].

В 80-е годы XX века создание АСУП за рубежом пошло по пути развития все большей функциональности в стандартном программном обеспечении для клиент-серверных архитектур. Вместе с тем, увеличение функциональности в стандартных пакетах программного обеспечения привело к увеличению количества параметров, необходимых для «настройки» пакета в конкретную среду [11; 18].

Кроме того, реализация потребности в увеличении функциональности программного обеспечения являлась большой сложностью для большинства архитектур АСУП конца 80-х годов. Например, потребность в клиент-ориентированной поддержке конкретных производств включалась в системы с большим трудом. Особенно тяжело проходила интеграция логистических решений для нескольких заводов и складов внутри компании [6]. Подобные задачи предъявляли повышенные требования к программному обеспечению, что вызвало резкое увеличение сложности мульти-сайтовых приложений. Сложность разработки специального программного обеспечения явилась одной из причин длительного времени реализации подобных проектов в то время. Выходом из создавшегося положения стало появление двухуровневой архитектуры клиент-сервер (CS) [11; 18].

Кроме того, изменению ситуации с созданием АСУП способствовало распространение открытых операционных систем, в частности появление операционной системы UNIX. Это привело к появлению рынка прикладного программного обеспечения, не зависящего от оборудования, что, в свою очередь, способствовало повсеместному распространению стандартного программного обеспечения с клиент-серверной архитектурой.

Комбинация клиент-серверной архитектуры с мульти-сайтовыми приложениями открыла возможность управлять основными бизнес-процессами как централизованно, так и децентрализованно — при помощи

локальных баз данных, являющихся частями интегрированного комплекса [11; 18].

В итоге, к настоящему времени за рубежом сложилась определённая информационная иерархия АСУ предприятия, которая встроена в её архитектуру [22; 23].

В качестве основных структур архитектуры АСУП используют физическую, логическую, организационную, функциональную, информационную и программную структуры [24; 25].

Каждая структура определяется набором элементов и характером их взаимодействия между собой и с внешней средой в различных условиях обстановки. Элементы архитектуры, находясь во взаимосвязи, образуют единство системы управления, выделяют её среди других организационных систем и обеспечивают решение поставленных перед ней задач на архитектурном уровне [25].

В то же время архитектура оставляет достаточно свободы для выбора конкретных технических решений по построению той или иной структуры. Поэтому правильно спроектированная архитектура допускает множество технических реализаций путем выбора различных компонентов архитектуры и методов взаимодействия между ними, что важно в условиях разного рода ограничений, связанных с действием внешних и внутренних факторов [26].

В частности, прогнозируется продолжение трансформации ERP-систем с точки зрения базовой архитектуры. Вместо нынешних монолитных многофункциональных продуктов на смену идут комплексные решения из интегрированных между собой модулей, каждый из которых решает специфическую задачу [27].

Специалисты выделяют четыре основных причины неудач внедрения ERP-систем на промышленных предприятиях [7; 8], три из которых напрямую относятся к области управленческих проблем:

1. Особенности организации и управления на самих предприятиях. Предприятия бывают различного масштаба, везде есть свой стиль и нюансы управления, которые необходимо учитывать при инициации проектов.
2. Уровень компетенции компаний, занимающихся внедрением ERP-систем.
3. Сложность и комплексность ERP-системы.
4. Отраслевая специфика предприятий.

Необходимо учитывать и тот факт, что рисков при внедрении ERP-систем в сложные производства намного больше и их необходимо обозначать, учитывать и управлять ими во время проекта. Большая часть рисков при внедрении ERP-системы, по мнению специалистов

по внедрению ERP-систем, лежит на стороне заказчика [7]. Основными из них являются следующие организационные причины: во-первых, это конфликт интересов топ-менеджеров заказчика, при котором невозможно согласовать цели проекта. Во-вторых, это Потеря интереса к проекту владельцем проекта. В третьих, это отсутствие компетентных лиц по отдельным бизнес-процессам. В четвертых, это отсутствие мотивированных трудовых ресурсов, без чего успешное внедрение ERP системы практически невозможно и ряд других причин. Как видно из этих пунктов, все эти риски лежат в области управления.

К причинам неудач с внедрением ERP-проектов также следует отнести отсутствие четких ожиданий и целей, отсутствие общего видения, нереалистичный бюджет, неадекватное использование ресурсов и нереалистичные ожидания по срокам создания и внедрения [28]. Все эти факторы, как и многие другие риски [29], необходимо учитывать и при проектировании отечественных АСУП.

Таким образом, ключевой проблемой при решении задачи стратегического развития АСУП становится их комплексное, сбалансированное развитие, взаимоувязанное выполнение всего комплекса работ, направленных на создание перспективных образцов систем и комплексов средств автоматизации и телекоммуникации АСУП с учетом научно-технического задела по инновациям, возможностей промышленного комплекса и экономики страны в целом, перспективных направлений и мирового опыта развития АСУП в целом, проявления внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, в том числе появления новых задач и наличия разного рода ресурсных ограничений.

Решить эту проблему можно только путём динамической адаптации архитектур существующих АСУП к складывающимся условиям за счёт взаимной компенсации или дополнения характеристик одних элементов структур АСУП характеристиками других элементов или связями между ними. При этом для разрешения указанной проблемы требуется разработка метода динамической адаптации архитектуры построения АСУП с учётом прогноза развития комплекса факторов различного свойства, обуславливающих эффективность её функционирования, а также рисков, как Разработчика, так и Заказчика, в связи с чем, весьма перспективно выглядит применение квалиметрических методов к решению этой задачи.

Одним из подходов к проектированию эффективной архитектуры АСУП является обеспечение её сбалансированности с учётом ресурсных ограничений и ожидаемых условий функционирования. При реализации такого подхода необходимо учитывать, что одной из особенностей АСУП является наличие в её составе компонентов, относящихся к разным вендорам и поколениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломенцев Ю. М. Управление гибкими производственными системами. / Ю. М. Соломенцев, В. Л. Сосонкин М.: Машиностроение, 1988. — 352 с.
2. Соломенцев Ю. М. Информационно-вычислительные системы в машиностроении. CALS-технологии / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, В. В. Павлов, Л. В. Рыбаков — М.: Наука, 2003. — 292 с.
3. Соломенцев Ю. М. Оперативное планирование и управление машиностроительным производством на основе исполнительных производственных систем / Ю. М. Соломенцев, Е. Б. Фролов, А. Н. Феофанов // Вестник машиностроения. — 2017. — № 8. — С. 41–43.
4. Феофанов А. Н. Разработка производственных исполнительных систем в условиях цифрового производства / А. Н. Феофанов, М. А. Шутиков, К. С. Пономарев // Вестник машиностроения. — 2018. — № 9. — С. 25–29.
5. Результаты внедрения ERP [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.galaktika.ru/erp/rezultaty-vnedreniya.html> (Дата обращения — 07.02.2019)
6. Загидуллин Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. / Р. Р. Загидуллин — Старый Оскол: ТНТ, 2011. — 372 с.
7. Типовые риски проекта при внедрении ERP системы [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://raytec.ru/articles/tipovye-riski-proekta-pri-vnedrenii-erp-sistemy/> (Дата обращения — 07.02.2019)
8. Смирнов В., Вертоградов В. Риски при внедрении ERP-решения и как с ними бороться [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: https://iteam.ru/publications/it/section_53/article_1110 (Дата обращения — 07.02.2019)
9. Феофанов А. Н. Выбор типа модели производственных систем / А. Н. Феофанов, В. Г. Митрофанов, А. В. Капитанов // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2011. — № 4. — С. 96–98.
10. Базров Б. М. Автоматизированное проектирование технологии и формирование групп оборудования на основе интеграции САПР ТП и MES на принципах модульной технологии / Б. М. Базров, Е. Б. Фролов, В. В. Крюков, А. М. Арзыбаев, А. В. Сахаров, А. В. Крюков, Д. Е. Тимофеев, А. С. Тришкин // Станочный парк. 2011. № 8 (85). С. 66–73.
11. Jacobs F. Enterprise resource planning (ERP) — A brief history. / F. Jacobs, F.C. 'Ted' Weston Jr, // Journal of Operations Management. — 2007. — V. 25. — P. 357–363.
12. Сердцева А. В. Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами / А. В. Сердцева // Вестник Ульяновского государственного технического университета. — 2016. — № 3 (75). — С. 58–61.
13. Стрюкова Е. П. АСУ «Львов» и «Кунцево»: роль и значение [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: http://www.computer-museum.ru/articles/sistemi_kompleksi/81/ (Дата обращения — 07.02.2019)
14. ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЮ. ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ. ОСТ 1~<02623–87 [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4293834/4293834090.htm> (Дата обращения — 07.02.2019)
15. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. / Б. Н. Малиновский. — К.: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. — 384 с.
16. Глушкова В., Жабін С. ОГАС В. М. Глушкова: История проекта построения информационного общества [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://commons.com.ua/uk/ogas-v-m-glushkova-istoriya-proekta-postroeniya-informatsionnogo-obshhestva/> (Дата обращения — 07.02.2019)
17. Филинов Е. Н. История автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП) [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <http://www.computer-museum.ru/histussr/asuphist.htm> (Дата обращения — 07.02.2019)
18. Wortmann J. E. Evolution of ERP systems In: U. S. Bititci et al. (eds.), Strategic Management of the Manufacturing Value Chain. — 1998. -P. 11–23.
19. Schultz H. K. Information Systems in Business Process Reengineering: An Exploratory Survey of Issues / H. K. Schultz, M. A. Eierman // American Journal of Business. — 1997. — V. 12, N1. — P. 7–18
20. Jonsson P. The implications of fit between planning environments and manufacturing planning and control methods / P. Jonsson, S. A. Mattsson // International Journal of Operations & Production Management. — 2003. — V. 23, N8, P. 872–900.
21. Peeters J. Early MRP Systems at Royal Philips Electronics in the 1960s and 1970s / J. Peeters // IEEE Annals of the History of Computing. — 2009. — V. 31, N. 2. — P. 56–69.
22. Голубинцев А. В. Архитектурные принципы организации автоматизированных систем управления инфокоммуникационными сетями специального назначения / А. В. Голубинцев, А. И. Мясникова, К. Е. Легков // Научные технологии в космических исследованиях Земли. — 2015. — № 4 — С. 16–23.
23. Степанов Д. Интеграция ERP и MES-систем: взгляд сверху / Д. Степанов // Современные технологии автоматизации. — 2016. — № 2. — С. 108–112.
24. Феофанов А. Н. Система управления машиностроительным производством (основные требования) / А. Н. Феофанов, В. Г. Митрофанов, А. В. Капитанов, В. И. Мишатин // Технология машиностроения. — 2013. — № 2. — С. 64–65.
25. Голубева А. В. Архитектура автоматизированных интегрированных производственных систем. /А.В. Голубева, И. С. Гришин, В. Г. Митрофанов // Вестник МГТУ «Станкин». — 2008. — № 2. — С. 82–86.
26. Krafzig D. Enterprise SOA: service-oriented architecture best practices. / D. Krafzig, K. Banke, D. Slama. — Prentice Hall Professional, 2005.
27. Bahsas D. M. Enterprise Resource Planning (ERP) Systems: Design, Trends and Deployment / D. M. Bahsas, A. M. AlBar, R. Hoque // The International Technology Management Review. — 2015. — V. 5, N. 2. — P. 72–81.
28. Минимизация рисков при внедрении ERP [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL: <https://www.galaktika.ru/erp/minimizaciya-riskov-pri-vnedrenii-erp.html> (Дата обращения — 07.02.2019)
29. Белозёрова А. А. Оценка риска информационной безопасности при использовании ERP-систем / А. А. Белозёрова, С. Ю. Микова, М. А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2016. — № 15. — С. 152–155.

АКУСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИ УГРОЗ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ПО СРЕДСТВАМ МОДУЛЯЦИИ ВИДИМОГО СВЕТА

ACOUSTIC THREAT OF INFORMATION LEAKAGE BY MEANS OF MODULATION OF VISIBLE LIGHT

**B. Shvyrev
D. Timonov**

Summary. The article discusses a new type of leakage of acoustic information by means of modulating the visible light generated by the LEDs of lighting devices due to the microphone effect or deliberately inserted bookmarks. The sound of human speech is distributed in the room with the absorbing coating without taking into account the reflections. The main method of hiding information processed in the meeting room in accordance with the current regulations is to install vibration-acoustic generators in potentially vulnerable areas. The tactics of their location is based on the model of the threat of information leakage on the means of using radio waves. In the work, the calculation of the signal-to-noise ratio for different heights of the room. The existence of information security vulnerabilities due to the transmission of voice information available without interference at the ceiling level with lighting LEDs is shown. The choice of information security tools does not take into account the threat of information leakage by means of modulation of visible light.

Keywords: leakage channel of acoustic information, modulation of visible light, signal-to-noise ratio, information leakage threat.

В настоящее время защита акустической информации на объекте реализуется путем использования ряда административных и технических мер. Основная техническая методика, препятствующая утечке речевой информации по акустическому и виброакустическому каналу основана на уменьшении отношения «сигнал/шум». В [1–3] авторы определяют пассивные и активные методы защиты.

Пассивные методы направлены на уменьшение уровня информативного сигнала за счет улучшения звуко- и виброизоляции инженерных конструкций и установки фильтрующих устройств в проводных коммуникациях.

Защита помещений для конфиденциальных переговоров реализуется с помощью основных двух групп технических средств: Инженерно-технические средства защиты помещений, Технические средства защиты от перехвата речевой информации.

Швырев Борис Анатольевич

*К.ф.-м.н., в.н.с., ФКУ Научно-исследовательский институт ФСИН России
bor2275@yandex.ru*

Тимонов Дмитрий Александрович

*Начальник лаборатории, Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С. М. Штеменко
dmitrii-timonov@bk.ru*

Аннотация. В статье рассматривается новый вид утечки акустической информации по средствам модуляции видимого света, создаваемого светодиодами осветительных приборов за счет микрофонного эффекта или сознательно заложенной закладки. Звук речи человека распространяется в помещении с поглощающим покрытием без учета пере отражений. Основным способом сокрытия информации, обрабатываемой в переговорном помещении в соответствии с действующими регламентами, является установка на потенциально уязвимых участках вибро-акустических генераторов. Тактика их расположения основывается на модели угроз утечки информации по средствам использования радиоволн. В работе выполнен расчет величины отношения сигнал/шум для различных высот помещения. Показано существование уязвимости информационной безопасности за счет передачи речевой информации доступной без помех на уровне потолка с осветительными светодиодами. В выборе средств защиты информации не учитывается угроза утечки информации по средствам модуляции видимого свету.

Ключевые слова: канал утечки акустической информации, модуляция видимого света, отношение сигнал/шум, угроза утечки информации.

Инженерно-технические средства защиты помещений включают в себя: инженерные конструкции и материалы вносящие значительное затухание в поле звуковой волны распространяющейся наружу контролируемого объекта, технические средства шумления строительных конструкций акустическим и виброакустическим шумом.

Технические средства защиты от перехвата речевой информации включают в себя объемное шумление помещения в близи от места источника речевой информации [1–3]. Обычно в соответствии с действующими методиками шумление выполняется в звуковом диапазоне, реже в ультразвуковом. Конечно, целесообразно использование шумления и в диапазоне электромагнитных волн, но такое решение подразумевает неустранимое наличие негласного радиопередатчика или мобильного телефона. Конечно наличие негласных радиопередатчиков имеет организационную ком-

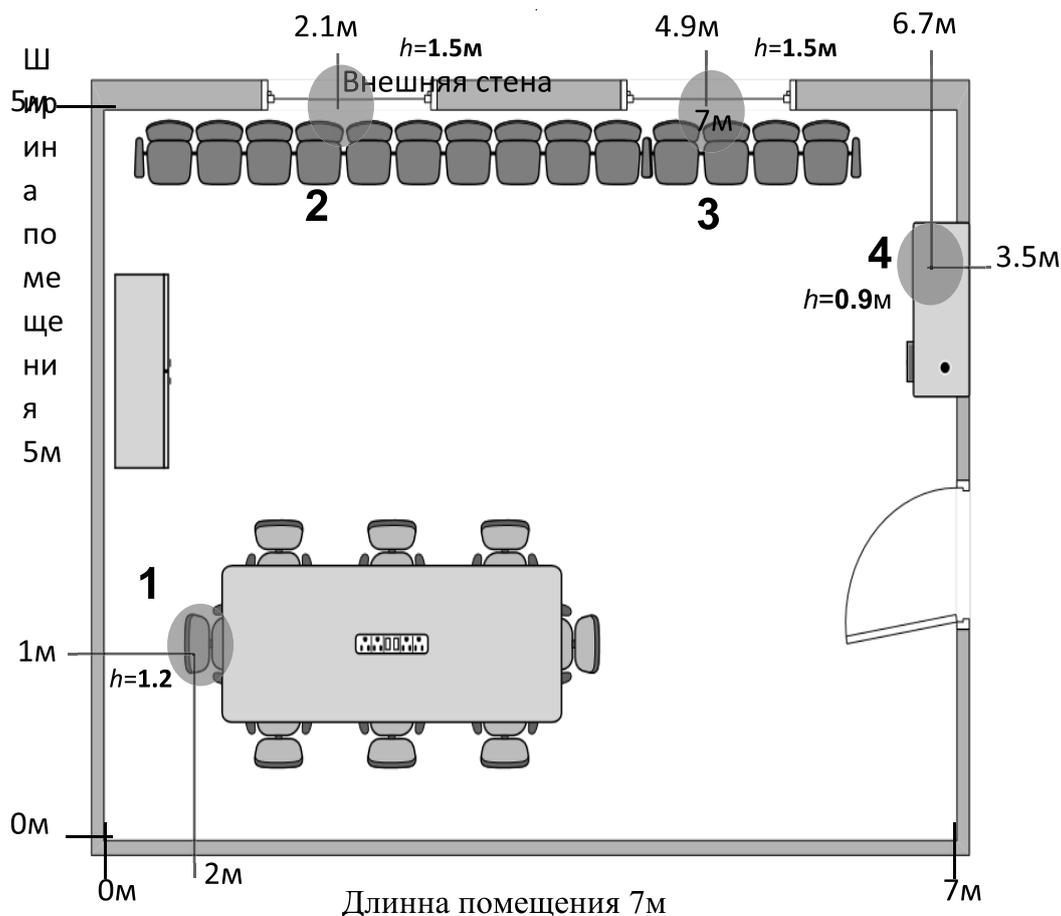


Рис. 1. Схема комнаты для переговоров с указанием источников звука: 1 –диктора с уровнем 55дБ, 2 и 3 – генераторы шума 20 дБ, 4 – генератор шума 40 дБ.

поненту контроля и при реализации комплекса мероприятий в принципе может быть минимизирована, что нельзя сказать в отношении сотовых телефонов. При этом для важных конфиденциальных переговоров использование генератора шума в радиодиапазоне будет оправданным и уместным.

При расположении радиомикрофона в близости от источника речевой информации и последующего преобразования видимого света светодиодов освещения в соответствии с передаваемым сообщением возникает надежный канал утечки речевой информации, который в настоящее время недостаточно изучен и мало представлен в отечественной литературе. Наиболее вероятным местом размещения специального технического средства (СТС), использующего модуляцию видимого света на объекте является потолок.

Найдем минимальные граничные значения уровня речевого сигнала диктора, который может быть зарегистрирован на потолке переговорного помещения с учетом помех и высоты потолков.

При неизменной частоте громкость звука растет с увеличением интенсивности. При одинаковой интенсивности наибольшей громкостью обладают звуки в диапазоне частот 700–6000 Гц. Нулевой уровень громкости звука соответствует звуковому давлению 20 мкПа и силе звука 10 Вт/м при частоте 1 кГц. Считается, что человек слышит в диапазоне 0–120дБ [3].

Уровень звука постоянного шума в помещениях определяется в ГОСТ 12.1.036–81 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [4]. Уровень 30 дБ соответствует тихому разговору, 100 дБ сильному крику. Одним из наиболее важных параметров при расчете уровня звукового давления является уровень шума. Установлено, что человек способен (слышать) улавливать звуки с уровнем 1дБ (20мкПа, 10–12 Вт/м²), который называется порогом слышимости. Но это возможно только при хорошем слухе и в отсутствии шума. Так как в реальных условиях, шум всегда присутствует, то различить полезную (звуковую) информацию на фоне шума можно при условии, что уровень звука превышает

уровень шума, как минимум на 3 дБ (в 2 раза). Для хорошей разборчивости данная разница должна составлять минимум 6дБ (в 4 раза). В нормативной же документации данный запас составляет 15дБ.

По мере удаления расчетной точки (слушателя) от звукового источника, звуковое давление в этой точке, уменьшается по логарифмическому закону. Зависимость в виде формулы:

$$P = 20 \lg(L), \quad (1)$$

где P — звуковое давление, дБ; L — расстояние от источника звука до расчетной точки, м.

Интерпретацию данной зависимости называют правилом шести децибел: При каждом удвоении удаления от источника звука (громкоговорителя), звуковое давление уменьшается на 6дБ!

Зная звуковое давление источника звука P_o , можно определить звуковое давление в расчетной точке P_i находящейся на расстоянии L от этого источника:

$$P_i = P_o - 20 \lg(L) \quad (2)$$

Используя минимально допустимые значения уровня звукового давления, создаваемого диктором и системами генерации акустического шума рассчитаем распределение звукового давления в помещении для переговоров на рис. 1 и рис. 2.

Информативное поле, создаваемое диктором, значительно затухает при удалении и его уровень перекрывается звуковым полем, создаваемым генераторами акустического шума. Выбор средств защиты определяется тактикой защиты помещения для переговоров и установкой оборудования исходя из модели угроз в местах наиболее уязвимых для несанкционированного доступа к акустической информации. Внешняя стена помещения с двумя оконными проемами является самым уязвимым местом и входная дверь из не выделенного помещения. Другие две стены являются капитальными и содержат инженерные средства защиты. Такое расположение

Интенсивность звукового давления, создаваемого диктором на потолке помещения в его проекции, обладает наибольшим вкладом в звуковое поле. На потолке отмечается незначительный уровень шумового звукового поля, создаваемого генераторами. Интенсивность звукового поля диктора на уровне потолка значительно затухает по мере удаления от источника звука. Можно отметить, что звуковое давление на потолке создается преимущественно диктором, что определяет уязвимость утечки информации через СТС, расположенные

на потолке помещений. Расположение СТС, использующих радиодиапазон для передачи информации за пределы контролируемого помещения, на потолке не рассматривается как вероятная модель угрозы, но может иметь место, если имеется подвесной потолок скрывающий систему вентиляции. Использование СТС радиодиапазона на потолке не обеспечивает значительной дальности передачи и в связи с этим маловероятен. Со всем иначе обстоит дело при использовании модуляции видимого света, создаваемого светодиодами осветительных приборов помещений. Осветительные светодиодные приборы располагаются на поверхности потолка или ниже при использовании люстр и потенциально обладают наименьшим расстоянием до говорящих и максимальным расстоянием до генераторов шума. Что обеспечивает хорошие условия для перехвата звукового поля говорящего и отсутствии влияния шумового поля от генераторов шума акустического диапазона. Расположение управляемых осветительных светодиодов на потолке позволяет регистрировать звуковое поле диктора без значительных помех и передачи его по средствам модуляции видимого света.

Для большей информативности рассчитаем отношение сигнал/шум по мощности на разных высотах помещения для переговоров. Отношение сигнал/шум (ОСШ, англ. SNR, Signal-to-Noise Ratio) является безразмерной величиной и удобно для проведения сравнительных оценок:

$$\begin{aligned} SNR(dB) &= 10 \lg(P_{signal}/P_{noise}) = \\ &= 10 \lg(P_{signal}) - 10 \lg(P_{noise}) \end{aligned}$$

Для расчета P_{noise} и P_{signal} воспользуемся выражением 2.

Основные контрмеры могут быть разделены на два типа: процедурные и технические мероприятия.

Процедурные контрмеры включают в себя запрет на использование видеокамер в офисе, закрытие светодиодов, использование более инерционных ламп накаливания или энергосберегающих неоновых ламп, а также экранирование окон. Отдельно необходимо контролировать соблюдение введенных административных ограничений и регулярно их проверять.

Запрет на использование осветительных светодиодных ламп легко реализуется, но приводит к увеличению расходов на электроэнергию. Стоит отметить, что для организации офисных рабочих мест часто используются помещения типа «опен-эйр» которые подразумевают отделение рабочих мест только перегородками или использование стеклянных стен и перегородок все это позволяет камерам видеонаблюдения наблюдения полу-

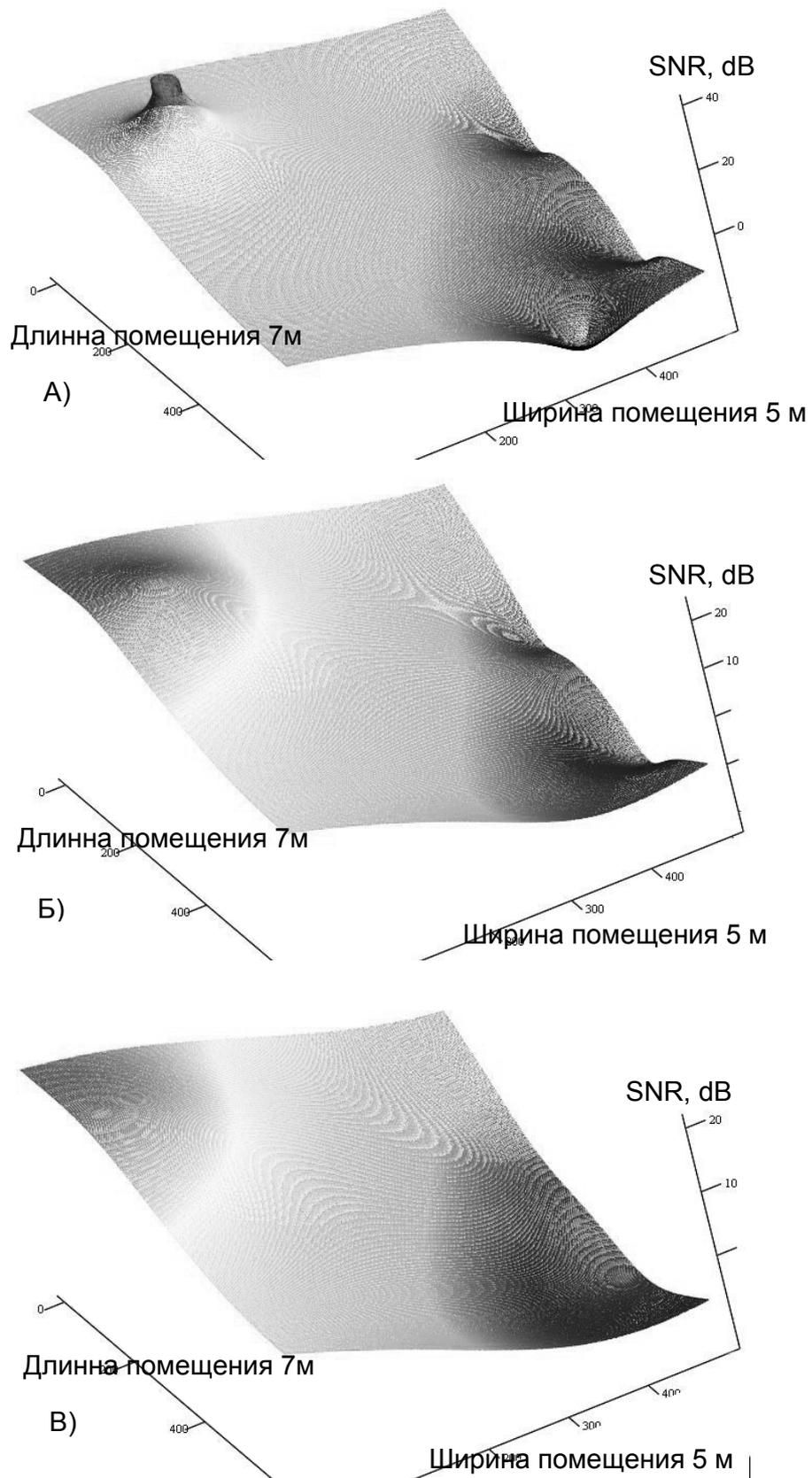


Рис. 2. Распределение отношения сигнал/шум в помещении для переговоров для высот: А – 1.2 м, Б – 2 м, В – 2.7 м.

чать оптический сигнал от светодиодов осветительной техники и компьютеров. Следовательно, необходимо предусмотреть экранирование вычислительной техники от попадания в поле зрения систем видеонаблюдения [5–7].

Целесообразно использовать технические системы противодействия, включающие мониторинг состояния светодиодов с помощью программного или оптического метода. Обнаружение использования светодиодов для передачи сообщений внешними датчиками является идеальным методом, не сообщая злоумышленнику никакой информации о выполняемых мерах обеспечения защиты информации. Такой мониторинг является пассивный и не обнаруживаемый злоумышленником. Внешнее обнаружение передачи обычно по видимому свету весь-

ма информативно, однако для высокой вероятности обнаружения необходимо знать частотный диапазон и вид модуляции и кодирования передаваемого сообщения. Стоит признать, что рассмотренные скрытые оптические каналы утечки информации относятся к маловероятным, но все же они остаются трудно обнаруживаемыми. Ситуация обусловлена мало изученностью технологии передачи информации по средствам модуляции видимого света и отсутствию официальных регламентов и оборудования и методик выявления и противодействия утечки информации по скрытым оптическим каналам по средствам модуляции видимого излучения светодиодов [8–12]. Таким образом, актуальным является угроза утечки акустической информации по средствам модуляции видимого света, и нуждается во всестороннем исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев А. П. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / Зайцев А. П., Шелупанов А. А., Мещеряков Р. В. и др.; под ред. А. П. Зайцева и А. А. Шелупанова. — М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2009—508 с.
2. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. Горелик Г. С. Издательство: Физико-математической литературы. 1959
3. Gary Davis, Ralph Jones. «Sound Reinforcement Handbook». Copyright 1987, 1989 Yamaha Corporation of America and Gary Davis & Associative.
4. ГОСТ 12.1.036–81 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
5. ГОСТ Р 51275–99. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. (Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 12 мая 1999 г. № 160).
6. Clark, L., and Algaier, W.E., Surveillance Detection, The Art of Prevention. Cradle Press LLC, 2007, 197 pp.
7. Управление информационной безопасностью, управление рисками [Текст]: монография / Швырев Б. А., Тимонов Д. А. — М., 2018. — 170 с.
8. Основные понятия национальной кибербезопасности государств, входящих в Северо-Атлантический альянс [Текст]: монография / Б. А. Швырев. — М., 2018. — 114 с.
9. Политические и стратегические цели национальной кибербезопасности [Текст]: монография / Б. А. Швырев. — М., 2018. — 131 с.
10. “Comprehensive Summary of Modulation Techniques for LiFi | LiFi Research”. www.lifi.eng.ed.ac.uk. Retrieved 2018–01–16.
11. Harald Haas. “Harald Haas: Wireless data from every light bulb”. ted.com. Archived from the original on 8 June 2017.
12. “Archived copy”. Archived from the original on 2 February 2016. Retrieved 2 February 2016.

НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

DIRECTION OF DEVELOPMENT OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM

**U. Shirendev
K. Pupkov**

Summary. The article is devoted to the study of modern trends in the development of video surveillance and video monitoring systems. Based on the characteristics and capabilities of the structural components of modern video surveillance systems analyzed in the scientific literature, the authors proposed a logical version of the block diagram of the video control system, which can be used as a basis for creating a video control system at automobile checkpoints.

Keywords: video surveillance, video monitoring, camera, video monitor, recording devices.

Ширэндэв Ундарга

Аспирант, Российский университет дружбы народов
undakadnu@gmail.com

Пупков Константин Александрович

Д.т.н., профессор,
Российский университет дружбы народов

Аннотация. статья посвящена исследованию современных направлений развития систем видеонаблюдения и видеоконтроля. На основе проанализированных в научной литературе характеристик и возможностей структурных компонентов современных систем видеонаблюдения авторами предложено логичный вариант структурной схемы системы видеоконтроля, которое может быть использовано в качестве основы для создания системы видеоконтроля в автомобильных пунктах пропуска.

Ключевые слова: видеонаблюдение, видеоконтроль, камера, видеомонитор, записывающие устройства.

Введение

Сегодня камеры видеонаблюдения становятся многофункциональными. Если изначально они могли только показывать происходящее на объекте, то сейчас — оснащаются многими интеллектуальными функциями. Благодаря системам видеонаблюдения можно получать информирование на мобильный телефон или электронную почту о том, что на объекте кто-то есть, распознавать лица и автомобильные номера, поднимать шлагбаумы и многое другое.

В сфере исследования эволюции систем видеонаблюдения (ВН) и видеоконтроля (ВК) работали такие ученые и практики, как В. М. Алефиренко [1], А. А. Борейко [3], К. Г. Терехов [4], А. М. Носонов [5] и другие. Однако, выбор наиболее рациональных методов построения перспективной системы ВН в различных практических направлениях требует проведения анализа современного развития и состояния средств видеоконтроля в различных системах пропускного контроля (СПК).

Цель статьи — исследовать актуальные направления развития системы видеонаблюдения.

Обсуждение результатов. Переход на цифровые технологии в ВК начался в начале 90-х годов прошлого века, а с середины 90-х ВК перешел во второе поколение своего развития [2] Появились цифровые видеорегастраторы (DVR), что позволило записывать

видеоизображение более высокого качества. Цифровые видеокамеры начали заменять аналоговые телевизионные средства. Эти камеры были частично цифровыми, так как цифровые видеорегастраторы (DVR) имели аналоговый вход для подключения коаксиального кабеля и аналоговый выход для подключения монитора.

Запись сигнала с камер, по-прежнему проводилась на аналоговых (через строчный видеосигнал) кассетных видеомагнитофонах. Возможность работы со старыми аналоговыми видеокамерами следует отнести к несомненным качествам видеорегастраторов, ведь это дало шанс для модернизации старых СПК (не изымая такие видеокамеры), а продолжать использовать их наряду с современными видеокамерами. Этот период времени стал началом эры цифрового ВН. DVR устранил главную проблему систем первого поколения, видеоленты. Жесткий диск цифрового регистратора стал намного долговечнее и объемнее, чем видеокассета. При просмотре записанного видеоизображения регистратор продолжал делать записи. Обязательным атрибутом видеоизображения стало наличие времени и даты. Поиск и просмотр видеоизображения гораздо упростился. Вместе с появлением цифровых видеорегастраторов увидели свет СПК, строившиеся по гибриднему принципу, который обеспечивал передачу видеосигнала в цифровой форме (используя прогрессивную развертку видеосигнала). В то же время разворачивается настоящая война за потребителя средств видеоконтроля для СИВС.

В конце 90-х годов, с появлением третьего поколения средств ВК, стали набирать популярность сетевые технологии на базе цифровых систем (IP-видеокамер), которые обеспечивали удобный просмотр изображений товаропотока, высокое качество записей, быстрый доступ к видеоархивам, с обеспечением просмотра каждого кадра с его увеличением или уменьшением, распознавание лиц или государственных регистрационных номеров ТС и т.д. Аналоговые камеры используются в качестве источника в ряде цифровых или гибридных систем безопасности. С введением сетевых технологий в сферу безопасности АПП качественно изменились и основные критерии, и параметры средств ВК (компактность, эргономичность, надежность, достоверность, своевременность информирования пользователей, в т.ч. об имеющихся событиях и т.д.). Например, программное обеспечение современных регистраторов допускает объединение до 256 видеорегистраторов в единую сеть, что является идеальным решением для территориально распределенных сетей автоматических пунктов пропуска (АПП), которые могут поддерживать режимы: аналоговый, гибридный и сетевой [4].

Начало XXI века отметилось внедрением в цифровой видеорегистратор встроенного интерфейса (TCP / IP), что обеспечило использование СПК удаленными пользователями, в частности, обеспечена возможность дистанционно (в режиме онлайн) просматривать события, архивные записи, прослушивать помещение, управлять камерами и системой непосредственно по локальной сети или через Интернет, автоматически определять и идентифицировать государственные регистрационные номера ТС как подвижных, так и припаркованных. Современные видеокамеры стали общедоступными и управляемыми. Распространенными становятся системы ИРВК высокой распределенной способности, которые могут вести видеозапись HD и Full HD качества. Появилась возможность: изменять положение камеры вокруг вертикальной и горизонтальной оси; изменять масштаб изображения, получая в итоге более высокое качество изображения, использовать аудиоинформацию для получения наиболее полной информации о происшествии и тому подобное. Во втором поколении оборудование видеозаписи системы ВК оставалось совместимым с ранними моделями камер и стало более гибким, что обеспечило его интеграцию в другие системы, в частности, системы управления и контроля доступа и тому подобное.

В период 2002–2018 гг. в СПК произошли значительные инновационные изменения. Департаментом национальной безопасности США тестируется СПК

за человеческим поведением в общественных местах и таможнях, хотя основным трендом этого времени было использование аналогового и гибридного ВК. Именно новейшее оборудование СПК стало уникальным как по функциональности, так и по эффективности, что обеспечивало интеграцию с современными техническими средствами, которые усиливают уровень эффективности сферы охраны и безопасности соответствующих объектов. Так, в отличие от средств охранной сигнализации или сотрудников охраны, которые могут лишь сообщить о факте несанкционированного доступа на охраняемый объект, система интеллектуального ВН:

- ◆ обеспечивает контроль за перемещением товаров и ТС коммерческого назначения в пределах контролируемых территорий в режиме «реального времени» (путем фото и видеофиксации ТС, лиц и т.д.);
- ◆ анализирует события, как в режиме реального времени, так и путем анализа архивных событий, то есть предоставляет полную информацию о правонарушителях и событиях на объекте для оперативной оценки степени опасности и принятия адекватных мер;
- ◆ обеспечивает управление работой оборудованием на расстоянии и обмен аналоговых и цифровых видеокамер и более высокое качество видео;
- ◆ выводит результаты ВК в мониторинговый центр [3–6].

Так, анализ удаленной видеоинформации, совершенный мониторинговым Федеральным таможенным службой в 2018 году, позволил выявить более 600 фактов возможных нарушений налогового и таможенного законодательства при перемещении товаров и ТС через таможенную границу Российской Федерации, по которым инициировано проведение 13 проверок [7]. Использование систем ВК в странах ЕС и США является сдерживающим фактором для правонарушителей и значительно способствует оперативности реагирования на правонарушения. Эффективность применения систем ВК для визуального контроля за потоками людей, грузов и обеспечения безопасности на территории АПП подтверждается и зарубежным опытом: в частности в Евросоюзе разработана и внедряется система ВК Chameleon («бесшовного» панорамного ВК), способная комбинировать в единое панорамное изображение видеопоток с разных видеокамер, обеспечивая операторам природный обзор сцены наблюдения; государствами ЕАЭС (в составе Республик Армении, Беларуси, Казахстана и РФ) осуществляется приведение пунктов пропуска в соответствии с требованиями Единого экономического пространства по вопросам внедрения СВК.

Таким образом, именно 1942 год в истории считается исходной точкой развития ВК. Начиная с конца 60-х годов прошлого века, для обеспечения безопасности широко использовались аналоговые системы ВК. Но настоящая революция в СПК происходила в 70–80-х годах и была связана с развитием носителей информации (изобретение видеокассет формата VHS; ВК работал только в формате онлайн, появление аналоговых интегральных микросхем). Переход на цифровые технологии средств ВК начался примерно с 1990 года. Во второй половине 1990-х годов вместе с появлением цифровых видеорегистраторов появляются комбинированные (гибридные) системы ВК.

Начало XXI века стало новой вехой в развитии СПК, которую можно обозначить как цифровой ВК. Эти системы получили название «Ip-ВК». В состав таких систем входят сетевые СПК, программно-аппаратные комплексы для автоматизированного анализа видеоизображения (распознавание различных действий (движений) человека, считывание государственных номеров ТС и т.д.). Системы Ip-ВК принципиально отличаются от гибридных и аналоговых систем использованием различных сетевых устройств. С началом 2015 году в индустрии средств ВК самым обсуждаемым стал вопрос о дальнейшем развитии стандарта сверхвысокого качества изображения прогрессивного видеоконтроля (4K UHD или 8K UHD) и расширение зоны покрытия видеокамер. Но наверняка разработчики средств видеоконтроля научно-производственных учреждений уже готовят для нас новации, которые еще заставят нас посмотреть на видеоконтроль по-новому. То есть применение новых интеллектуальных функций в средствах видеоконтроля систем ВК, их интеграция в Единую автоматизированную информационную систему ДФС (ЕАИС), к базам других ведомств позволит превратить обычную СПК в мощный инструмент автоматизированного анализа видеопотоков (сигналов) по обеспечению своевременного устранения или предупреждения различных угроз, выполнения широкого круга задач и эффективного информационного мониторинга АПП.

Следовательно, с учетом результатов развития науки и техники, а также международного опыта использования таможенными зарубежными государствами современных средств ВК, становится возможной разработка (совершенствование) и внедрение перспективной системы интеллектуального видеоконтроля в АПП как части сферы его безопасности и ее интеграции в мониторинговый центр, к ЕАИС, к системам безопасности других ведомств, обеспечивать эффективный мониторинг контролируемой зоны (при условии срабатывания средств охранной сигнализации — светового или звукового сигнала оповещения, детекторов движения, видеокамер или внешних охранных датчиков и т.п.) [1, 2; 4].

В то же время вариант перспективной системы ВН в АПП может быть использован в качестве основы комплексного масштабного интеграционного проекта, обеспечения сферы охраны и безопасности АПП, по вопросам:

- ◆ автоматической идентификации лиц ВЭД и номеров ТС (при их видеоизображении в режиме реального времени);
- ◆ осуществления удаленного видеоконтроля за объектами охраняемых АПП;
- ◆ периодической фиксации происходящих событий;
- ◆ отправки изображений по электронной почте или сообщениями;
- ◆ настройки записей видео по расписанию, либо при срабатывании датчиков движения или магнито-контактных датчиков;
- ◆ оповещения об опасности в случае обнаружения движения или срабатывании датчиков на охраняемом объекте;
- ◆ круглосуточного доступа к видеоархиву камер видеоконтроля;
- ◆ просмотра видео (видеоотчета о результатах ВК за объектом по заданным критериям) с мобильного телефона, смартфона или планшета;
- ◆ своевременного принятия оперативных решений, адекватных конкретной ситуации и тому подобное.

Современные интегрированные системы имеют широкие возможности настройки и управления, в том числе по настройке математических алгоритмов обработки и анализа видеоинформации, а при необходимости функциональные возможности системы ВК могут быть расширены, например, и для контроля: скорости движения ТС; движения по встречной полосе; пересечения сплошной линии; остановки в неполюженном месте; управления внешними исполнительными устройствами (световой и звуковой сигнализацией и т.п.).

Заключение. Таким образом, анализ результатов исторического развития средств интеллектуального ВН показывает, что сегодня существует широкий ассортимент современных системообразующих средств видеоконтроля и другого оборудования к СПК, с неограниченными возможностями обеспечения контроля и безопасности охраняемых объектов, которые постоянно совершенствуются и существенно уменьшают влияние человеческого фактора на результаты осуществления таможенного контроля, оформления товаров и ТС, существенно сокращают время на совершение таможенных процедур и уменьшают риски нарушения таможенной и экономической безопасности в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алефиренко В.М., Борейко А. А. Выбор компонентов систем видеонаблюдения // Материалы Междунар. НПК «Теоретические и прикладные проблемы информационной безопасности». Минск, 19 июня 2014 г. С. 92–96.
2. Башилов Алексей Михайлович, Легеза Виктор Николаевич, Королев Владимир Александрович Трёхмерное видеонаблюдение агрообъектов времяпролётной камерой // Вестник ФГОУ ВО МГАУ. 2018. № 1 (83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tryohmernoe-videonablyudenie-agroobektov-vremyaproyotnoy-kameroj> (дата обращения: 13.02.2019).
3. Борейко, А.А., Алефиренко В. М. Выбор видеокамер для систем безопасности с помощью комплексных показателей качества // Тез. докл. XVI республ. НПК «Актуальные проблемы обеспечения общественной безопасности в Республике Беларусь: теория и практика». Минск, 21 мая 2014 г. Часть 1. С. 81–83.
4. Терехов К. Г. Направления совершенствования систем контроля и управления доступом для радиационно-опасных объектов // Глобальная ядерная безопасность. 2018. № 3 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-sovershenstvovaniya-sistem-kontrolya-i-upravleniya-dostupom-dlya-radiatsionno-opasnyh-obektov> (дата обращения: 13.02.2019).
5. Носонов А. М. Основные направления развития третичного сектора экономики г. Саранска [Электронный ресурс] / А. М. Носонов // Современные проблемы территориального развития: электрон. журн. — 2018. — № 4. — 1 электрон. оп. диск (CD-ROM). — Систем. требования: Pentium III, процессор с тактовой частотой 800 МГц; 128 Мб; 10 Мб; Windows XP/Vista/7/8/10; Acrobat 6 х.
6. Организация инженерной системы защиты объектов [Электронный ресурс] // — URL: <http://www.psk-service.ru/tech/kontrol-dostupa/organizaciya-inzhenernoj-sistemy-zashhity-obektov.php> (дата обращения 13.02.2019).
7. Szustakowski Mieczysław, Życzkowski Marek, Karol Mateusz, Kastek Mariusz, Dulski Rafał, Markowski Piotr, Kowalski Marcin, Bareła Jarosław Range capability Testing of long range surveillance cameras used for protection of key installations // CNBOP-PIB. 2014. № . URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/range-capability-testing-of-long-range-surveillance-cameras-used-for-protection-of-key-installations> (дата обращения: 13.02.2019).

© Ширэндэв Ундарга (undakadnu@gmail.com), Пупков Константин Александрович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

ПОСТРОЕНИЕ И СИСТЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ АСИНХРОННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

CREATION AND SYSTEM PROVIDED IMPLEMENTATION OF MODEL OF ASYNCHRONOUS DATA PROCESSING

D. Udin

Summary. Development of modern administrative technologies and the organization of functioning of different control objects, beginning from the industrial enterprises, holdings, the transport systems and finishing with spheres of financial services and ensuring activity of the state and public institutes, generates essential number of tasks which solution demands application of the concept of distributed computing. First of all the tasks connected with providing information services, such as, interdepartmental electronic interaction, electronic public and municipal services, services of electronic transactions and payments and also scientific problems, problems of control and object management belong here. At the same time for the solution the listed tasks, as a rule, demand a real-time mode.

Keywords: information technologies, asynchronous data processing, distributed systems of information processing.

Юдин Дмитрий Сергеевич

Аспирант, Национальный исследовательский университет, «МЭИ» (Московский энергетический институт)
order@echogroup.ru

Аннотация. Развитие современных управленческих технологий и организация функционирования различных объектов управления, начиная от промышленных предприятий, холдингов, транспортных систем и заканчивая сферами финансовых услуг и обеспечения деятельности государственных и общественных институтов, порождает существенное число задач, решение которых требует применения концепции распределенных вычислений. В первую очередь сюда относятся задачи, связанные с предоставлением информационных услуг, таких, как например, межведомственное электронное взаимодействие, цифровизованные государственные и муниципальные услуги, услуги электронных сделок и платежей, а также научные задачи, задачи контроля и управления объектами. При этом для своего решения перечисленные задачи, как правило, требуют режима реального времени.

Ключевые слова: информационные технологии, асинхронная обработка данных, распределенные системы обработки информации.

Синхронная программная модель подразумевает назначение потоку одной задачи вычисления. Когда завершается ее выполнение, тогда появляется возможность заняться другой задачей. Иными словами, в данной модели невозможно остановить выполнение задачи, чтобы в промежутке выполнить другую задачу.

Асинхронная модель программирования в отличие от синхронной предусматривает, что поток начав выполнение какой-либо одной задачи может приостановить ее выполнение и, сохранив ее текущее состояние, начать выполнение другой задачи.

Асинхронные вычислительные модели — класс моделей параллельных вычислений, в которых алгоритмы задач разбиваются на функционально обособленные части, представляемые компонентами, а потоки данных между компонентами буферизируются. Компоненты модели — автоматы специального вида с конечным набором состояний и фиксированной диаграммой переходов [1].

ИТ-инфраструктура предприятия всегда состоит из многих компонентов, включающих системное и прикладное программное обеспечение, которое создано в разное время, на разных платформах и с применением

различных архитектурных подходов. Это приводит к тому, что задача интеграции этих составляющих частей оказывается гораздо сложнее, чем задача разработки их функционала [2].

Эти же условия актуальны и для случаев развертывания и реализации систем оказания государственных и муниципальных услуг в электронном виде и особенно для обеспечения межведомственного электронного взаимодействия, когда обмен данными, которые к тому же должны как правило не только иметь достаточно надежную защиту, но и быть заверенными электронными подписями, при этом разные ведомства в нашей стране изначально оснащались абсолютно разными системами внутреннего электронного документооборота и ведения баз данных.

При этом для каждого случая реализации электронных систем всегда весьма актуальными остаются: удобство использования интерфейса и производительность.

На практике получается, что пользователь системы запускает какую-либо функцию, например элементарную функцию сохранения данных, запускает процесс, который в свою очередь требует выполнения множества промежуточных задач, таких как чтение и заполнение

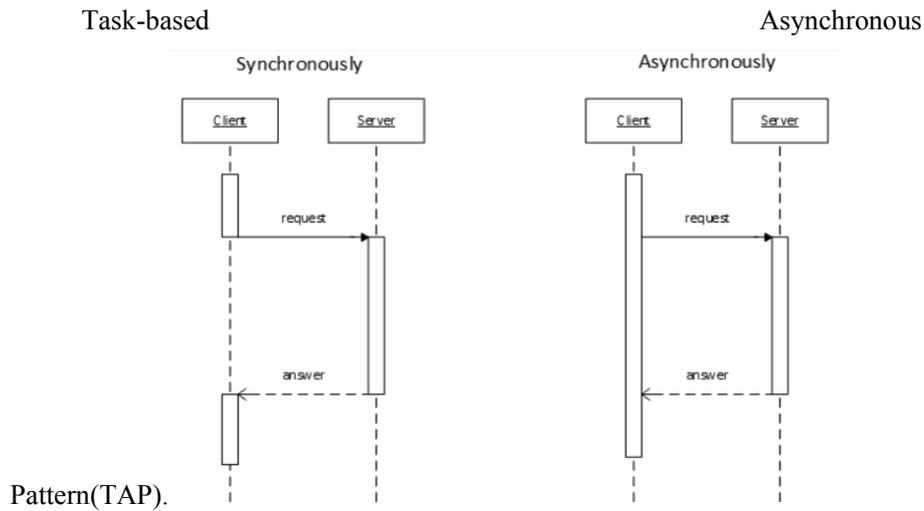


Рис. 1. Диаграмма реализации синхронного и асинхронного процессов.

данных во внутреннем объекте, установление соединения с SQL и сохранения его там.

В свою очередь SQL запускается на другой машине в сети и работает под другим процессом, что может занимать значительное время.

Иными словами, если запрос обрабатывается одним процессом, экран пользователя будет находиться в зависшем состоянии до тех пор, пока процесс не завершится. Именно поэтому большинство приложений и фреймворков сегодня основываются на асинхронной модели, позволяющей наиболее оптимальным образом использовать имеющиеся ресурсы электронных систем.

В то время как выполняется вышеупомянутый запрос пользователя на сохранение данных, около 70–80% ресурсов системы попадают в ожидание зависимых задач, и именно данное обстоятельство позволяет в случае применения асинхронного программирования максимально повышать вычислительную производительность.

Таким образом, как только задача передается другому потоку (например, SQL), текущий поток сохраняет состояние и доступен для выполнения другого процесса, а когда задача SQL завершается, любой поток, который является свободным, может заняться данной задачей [3].

Иными словами, в синхронном коде каждая операция не может начаться, пока не завершена предыдущая. Поэтому вся программа может зависнуть, если для одной из команд требуется слишком много времени на выполнение. Асинхронный код призван убирать, обходить такие блокирующие операции в основном потоке про-

граммы, так что она продолжает выполняться, но где-то в другом месте, а потоковые операции могут исполняться дальше, т.е. главный «процесс» ставит задачу и передает ее другому независимому «процессу».

Сопоставление последовательности синхронного асинхронного процессов представлены на рисунке 1.

Приведенная на рисунке схема описывает поведение потоков для клиент-серверного приложения.

Клиент отправляет запрос данных от сервера, и, вместо того чтобы «зависнуть» ожидая ответ (как в синхронном подходе) продолжает работать, предоставляя пользователю другой функционал приложения.

В настоящее время можно выделить три шаблона асинхронного программирования:

- Asynchronous Programming Model (APM);
- Event-based Asynchronous Pattern (EAP);

Шаблон Asynchronous Programming Model позволяет формировать асинхронные версии синхронных методов посредством двух методов — `Begin <MethodName>` и `End <MethodName>`.

Шаблон Event-based Asynchronous Pattern (EAP) основан на событиях и асинхронных методах. Класс, реализующий этот шаблон содержит методы `MethodNameAsync` и `MethodNameAsyncCancel`

Шаблон базируется на использовании задач. Основа TAP — два типа `System.Threading.Tasks.Task` и `System.Threading.Tasks.Task <TResult>`.

ТАР позволяет определять асинхронные функции в рамках одного метода, чем исключается необходимость создавать функции начала и конца асинхронной операции, а потом еще и обратного вызова.

Проектирование и системная реализация модели асинхронной обработки данных доказала свою востребованность при реализации большинства крупных проектов цифровизации в современной России. В частности, данная модель обработки данных нашла свое применение в реализации отечественных систем спутникового позиционирования и связанных с ней смежных сфер, например таких, как определение границ и кадастрирование земельных участков.

При этом пожалуй самым масштабным из реализуемых сегодня в России проектов, где за основу уже взят принцип асинхронной обработки данных является повсеместное внедрение системы межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ), построение которой должно помогать органам власти исполнять Федеральный закон № 210-ФЗ от 27.07.2010 «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг», согласно которому государственные и муниципальные органы не имеют права требовать с обратившихся к ним за госуслугами граждан какие-либо документы, или сведения, если такие документы или сведения име-

ются в распоряжении других подразделений государственной либо муниципальной власти. Такие сведения органы власти должны запрашивать самостоятельно друг у друга через СМЭВ.

Система межведомственного электронного взаимодействия позволяет федеральным, региональным и местным органам власти, контроля и надзора в электронном виде передавать и обмениваться данными, необходимыми для оказания госуслуг. Система позволяет реализовать принцип «одного окна» при оказании госуслуг населению. Гражданин обращается за услугой в профильное ведомство, а специалисты ведомства добывают необходимые данные в других ведомствах, используя СМЭВ. Применяемые в рамках такого взаимодействия цифровые технологии, связанные с обработкой огромных массивов информации, требуют дальнейшей оптимизации процессов поиска и обработки данных согласно заданным параметрам.

Построение и системная реализация модели асинхронной обработки данных позволяет не просто повысить производительность систем, но и решать широкий спектр прикладных задач, реализуя комплексную интеграцию приложений в информационных системах уровня предприятия (учреждения, или ведомства) а также на межведомственном и межкорпоративном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Казарицкий, Ю. Е. Мороховец «Применение модели асинхронных вычислений в программных системах распределенной обработки данных», [Электронный ресурс]: «Вычислительные сети: теория и практика». URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=5&pa=4&ar=1> (дата обращения: 22.02.2019).
2. Ю. А. Тимошин, Т. Г. Шемсединов, В. П. Ярченко, А. И. Мороз «Технология распределенной обработки данных и приложений с использованием динамически интерпретируемых метамоделей» [Электронный ресурс]: Docplayer.ru, URL: <http://docplayer.ru/46645432-Udk-681-3-621-3-62-52-yu-a-timoshin-t-g-shemsedinov-v-p-yarchenko-a-i-moroz.html> (дата обращения: 22.02.2019).
3. Параллелизм против многопоточности против асинхронного программирования: разъяснение, [Электронный ресурс]: HABR.COM, URL: <https://habr.com/ru/post/337528/> (дата обращения: 22.02.2019).

© Юдин Дмитрий Сергеевич (order@echogroup.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПЛАЦЕНТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ГЕМОДИНАМИКИ БЕРЕМЕННОЙ

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE PLACENTA STRUCTURE CAUSE-SPECIFIC TYPE OF HEMODYNAMICS OF PREGNANT

**K. Azarova
M. Okhapkin
Yu. Ershova
A. Yalcev**

Summary. A Placenta examination of 101 afterbirth has conducted among women aged 21–43 with various types of hypertensive disorders during pregnancy. Pregnant woman with hypertensive syndrome have a complex of structural changes in the arteries arises in the chorial plate. These changes are compensatory-adaptive and pathological in nature.

Histological examination of the placenta is an important diagnostic procedure allowing to make a posthoc analysis with the aim of identify the presence of hypovolemia, placental insufficiency and reveal the true causes of hypertensive disorders and fetal developmental disorders.

Keywords: placenta, chorial plate, arterial hypertension, hemodynamics, hypovolemia.

Азарова Ксения Олеговна

Аспирант, Ярославский государственный медицинский университет

kсения-azarova@rambler.ru

Охапкин Михаил Борисович

Д.м.н., профессор, Ярославский государственный медицинский университет

Obstetrics@yma.ac.ru

Ершова Юлия Владимировна

К.м.н, доцент, Ярославский государственный медицинский университет

Яльцев Андрей Владимирович

Д.м.н., профессор, Ярославский государственный медицинский университет

yaltsev1962@mail.ru

Аннотация. Проведено гистологическое исследование 101 последа у женщин в возрасте 21–43 с различными типами гипертензивных расстройств при беременности. У беременных с гипертензивным синдромом в хориальной пластине возникает комплекс структурных изменений артерий, которые носят компенсаторно-приспособительный и патологический характер. Гистологическое исследование плаценты является важной диагностической процедурой, позволяющей ретроспективно выявить наличие гиповолемии, плацентарной недостаточности и раскрыть истинные причины развития гипертензивных расстройств, нарушений развития плода

Ключевые слова: плацента, хориальная пластина, артериальная гипертензия, гемодинамика, гиповолемия.

Плацента является органом плода, поддерживающим его тесную связь с матерью. Нормальное функционирование этого органа обеспечивает плод-материнский обмен адекватный потребностям плода, что определяет качество его роста и развития. Функция плаценты теснейшим образом связана с гистологическим строением ее тканей. Современная наука обладает огромным количеством данных о морфологии плаценты, издается журнал с одноименным названием, опубликовано бесчисленное количество работ, описывающих гистологическое строение плаценты при различных осложнениях беременности. Однако до сих пор четко не определены морфологические критерии недостаточности функции плаценты, поскольку неясны ее причины. С другой стороны, клинические формы акушерской патологии часто не имеют единой патофизиологической основы, что приводит к невозможности точно предсказать исходы беременности и дать конкретное, диагностически значимое, описание морфологии последа.

Общепринято считать, что основой функциональной состоятельности плаценты является строение ее сосудистой сети (10). Наибольшее значение при этом оказывают артерии хориальной пластины, которые являются артериями крупного калибра и тем самым обеспечивают магистральный кровоток. Существует большое количество научных работ, исследующих связь строения плаценты с особенностями фето- и маточно-плацентарного кровотока. Однако практически отсутствуют работы, посвященные влиянию центральной гемодинамики матери на морфологию плаценты. Хотя очевидно, что состояние сердечно-сосудистой системы, являющейся основой жизнедеятельности организма, определяет кровоснабжение всех жизненно важных органов, в том числе и плаценты, от чего во многом зависит течение, и исход беременности для матери и плода. Кроме того, на протяжении последних десяти лет было опубликовано немало сообщений о высокой прогностической ценности исследования показателей центральной гемодинамики при беременности. Снижение объемных

Распределение по типа гемодинамики клинические диагнозы

| Показатель | Гипокинез (N=62) | Эукинез (гиперкинез) (N=39) |
|---|------------------|-----------------------------|
| АГ, индуцированная беременностью | 15 | 13 |
| Хроническая АГ | 4 | 20 |
| Преэклампсия умеренная | 24 | 2 |
| Преэклампсия тяжелая | 4 | 0 |
| ВЗРП в сочетании с гипертензивными расстройствами | 15 | 4 |

гемодинамических параметров и выраженное повышение периферического сосудистого сопротивления могут предшествовать появлению клинических симптомов осложнений беременности, таких как преэклампсия, задержка роста плода, недонашивание, преждевременная отслойка плаценты.

Цель настоящей работы заключается в выявлении группы морфофункциональных особенностей артериальных сосудов хориальной пластины беременных с различными вариантами гемодинамики, установлении особенности их структурной перестройки и значимости для плацентарно-плодового кровообращения.

Проведено гистологическое исследование 101 последа у женщин в возрасте 21–43 лет (30,48±0,52) с диагнозами: артериальная гипертензия, индуцированная беременностью; хроническая артериальная гипертензия; умеренная преэклампсия, тяжелая преэклампсия, внутриутробная задержка развития плода при сроке гестации 37 (35;38) недель, с гипертензией от 140 (135;150) до 90 (85;100) мм. рт. ст. В качестве сравнения исследовали 22 последа женщин того же возраста без патологии и без повышения артериального давления (от 112,5(110;120) до 80 (70;80) при физиологическом течение беременности.

Гипертензивные расстройства при беременности классифицировали на основании рекомендаций ВОЗ (1987), Международной классификации болезней 10-го пересмотра, Национального Института Здоровья США (2000). Артериальная гипертензия, индуцированная беременностью — гипертензия без протеинурии с АД 140/90 мм. рт. ст. при двух измерениях с 4-х часовым интервалом после 20 недель беременности. Хроническая артериальная гипертензия (ХАГ) выставлялась при наличии этого диагноза до беременности или возникшая до 20 недель беременности. Диагноз умеренной преэклампсии выставлялся при АД более 140/90 мм рт.ст-159/109 мм.рт.ст. и протеинурией свыше 0,3 г/л белка, а тяжелой преэклампсии при АД более 160/110 мм.рт.ст. и протеинурией 2,0 за 24 часа.

Диагноз внутриутробной задержки развития плода (ВЗРП) выставлялся при массе плода менее 10-го перцентиля с учетом гестационного возраста для г. Ярославля.

На клинических базах кафедры акушерства и гинекологии Областного Перинатального центра и акушерского отделения КБ № 2 г. Ярославля всем беременным в III триместре было проведено исследование центральной гемодинамики методом импульсно-волновой доплерэхокардиографии на аппарате Combison –530 «Kretz-technik» (датчик с частотой 3,5 МГц, частотой фильтра 100Гц), с помощью которой определяли показатели сердечного выброса у матери: минутный объем (МО), ударный объем (УО), систолический индекс (СИ), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС).

Так же проведена доплерометрия, с помощью которой определяли кровоток в артерии пуповины, правой и левой маточных артериях.

Все пациентки основной группы были дифференцированы на 3 подгруппы по вариантам центральной гемодинамики:

Гипокинетический вариант (гипокинез) — 62 человека

Эукинетический вариант (эукинез) — 37 человек

Гиперкинетический вариант (гиперкинез) — 2 человека

Послед исследовался на базе кафедры патологической анатомии Ярославского государственного медицинского университета. Из хориальной пластины иссекали ткань в нескольких областях. Материал фиксировали в 10% нейтральном формалине и жидкости Карнуа. Серийные срезы окрашивали гематоксилином и эозином, по Массону, ванн Гизону. Содержание гликогена выявлено посредством ШИК-реакции (контроль с амилазой). На аппарате Ventana ХТ иммуногистохимически определяли индекс пролиферации Ki-67. Морфометрию артериальных сосудов осуществляли с помощью винтового окулярмикрометра. При этом измеряли наружный и внутренний диаметры, рассчитывали толщину стенки, а также площадь поперечного сечения меди (10). Наряду

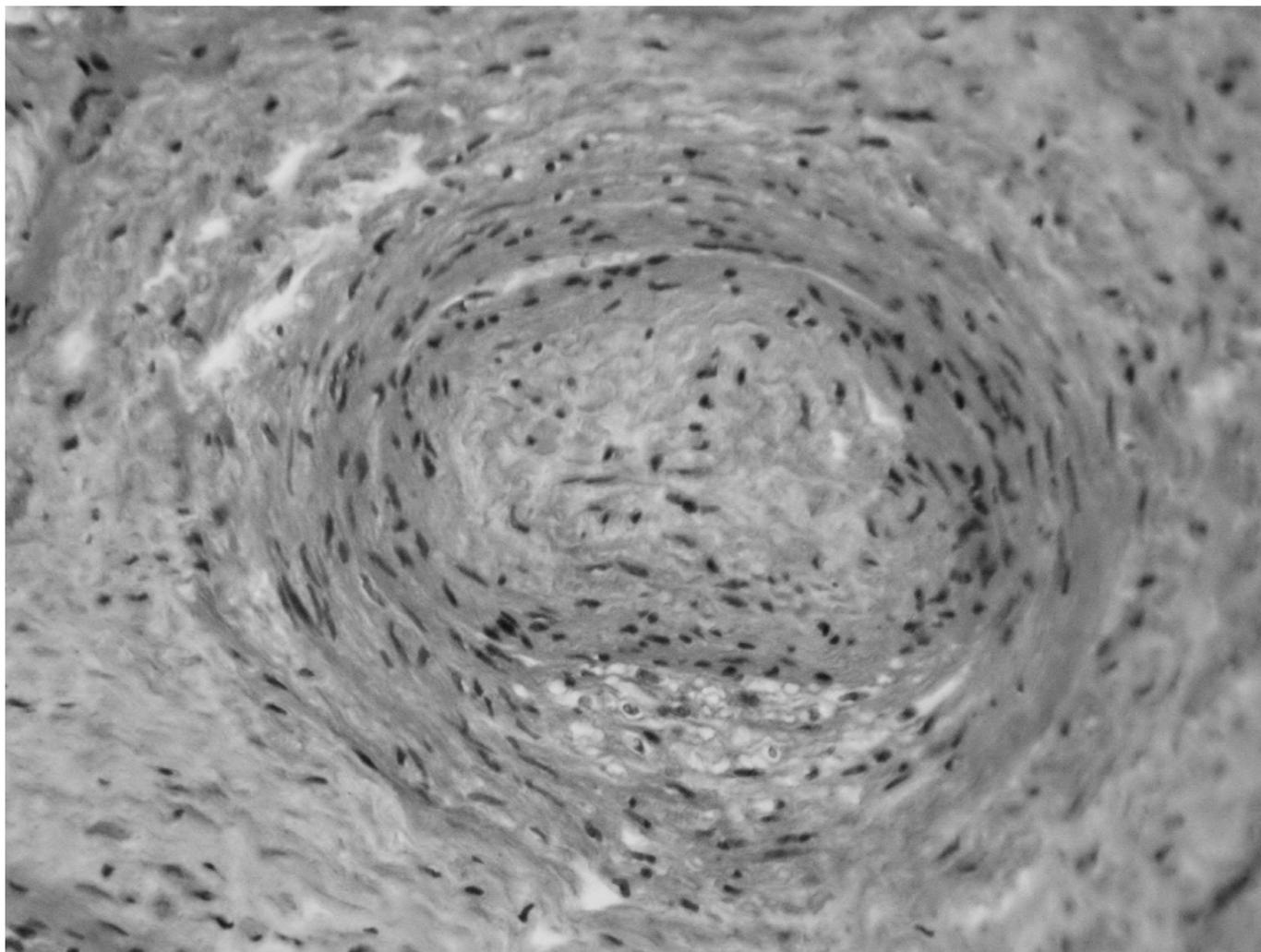


Рис. 1. Полиповидная подушка артерии пуповины.

с этим, в материале определяли калибр сосудов имеющих адаптационные структуры. Вместе с тем, измеряли диаметр попавших в поперечный срез терминальных ворсин, а также их капиллярных синусоидов, как основного звена виллезного дерева.

Статистическая обработка проводилась в программе STATISTICA 10.0. Использовались t-критерий Стьюдента, U — тест Манна-Уитни. Достоверными считались различия при $p < 0,05$.

Проведенные функциональные методы исследования позволили установить, что у женщин контрольной группы пульсационный индекс пуповины составлял 0,86. В то же время, в условиях высокой гипертензии он увеличился до 1,32, что свидетельствует о развитии гипоксии плода (1). При этом минутный объем крови у женщин при физиологическом течении беременности составлял $5,837 \pm 1,095$ л/мин, а при гипертензии $4,814 \pm 1,778$ л/мин.

Уменьшение минутного объема крови (сердечного выброса) также указывает на возникновение гипоксии плода (5).

При проведении корреляционного анализа установлены достоверные взаимосвязи между гипокинетическим типом гемодинамики и наличием характерных изменений в плаценте ($p < 0,001$). При эукинетическом и гиперкинетическом вариантах плацента не отличалась от группы нормы ($p < 0,001$). Морфометрически было установлено, что в среднем наружный диаметр артерий хориальной пластины составлял $90 \pm 1,6$ мкм. У женщин с гипертензией величина наружного диаметра возрастала незначительно. В то же время происходило уменьшение просвета исследуемых артерий с $52 \pm 0,8$ мкм до $18 \pm 0,6$ мкм ($p < 0,001$). Последнее указывает на снижение емкости артериальных сосудов хориальной пластины. Расчет толщины сосудистой стенки позволил выявить значительное возрастание ее. Так, в изучаемых артериях

она увеличивалась с $19 \pm 0,8$ до $39 \pm 3,1$ мкм ($p < 0,001$), т.е. почти в два раза. Площадь поперечного сечения меди повышалась соответственно с 4236 ± 89 мкм² до 6980 ± 110 мкм² ($p < 0,001$). Все это указывает на то, что в основе утолщения стенок изучаемых артерий лежит не только их гипертоническое состояние, но также гипертрофия циркулярной мускулатуры, что, по-видимому, является реакцией на гипертонус. Не редко это приводило к полному сокращению артерий.

Анализ материала показал, что уменьшение просвета артериальных сосудов хориальной пластины в условиях артериальной гипертензии приводит и к изменению просвета синусоидных капилляров терминальных ворсин. Так, в контрольном материале имели просвет $18,4 \pm 0,3$ мкм. В то же время, в условиях гипертензии просвет их синусоидов составил $21,3 \pm 0,4$ мкм ($p < 0,001$), т.е. увеличивался в 1,2 раза.

Проведенные исследования позволили впервые установить, что в артериях пуповины в эмбриональном гистогенезе образуются полиповидные мышечные подушки (рис. 1). В литературе имеются сведения о данных образованиях. (7) Полиповидные подушки обнаружены преимущественно в крупных артериях с калибром 100 мкм и более. Данная структура по внешнему виду похожа на полип, с чем и связано ее название. С поверхности подушки выстланы слоем эндотелия, под которым определяется отчетливо выраженная эластическая мембрана, переходящая со стороны стенки сначала на ножку, затем на тело. Внутренняя структура полиповидной подушки неоднородна. Реализация функций данных структур осуществляется путем сокращения их миоцитов. При этом подушки напрягаются приподнимаются на ножке и выступают в просвет артерии, сокращая или прекращая движение крови. Расслабление мускулатуры подушек приводит к тому, что они, подобно венозным клапанам, отодвигаются потоком крови в сторону и не представляют для него существенного препятствия.

Деление пациенток по типу гемодинамики является прогностически более ценным, чем распределение по клиническим диагнозам, так как исходы беременности зависят не от клинической картины заболевания, а от варианта центральной гемодинамики беременной (5). Гистологическое исследование плаценты является важной диагностической процедурой, позволяющей ретроспективно выявить наличие гиповолемии (при гипокинетическом типе центральной гемодинамики беременной), плацентарной недостаточности и выявить истинные причины развития гипертонивных расстройств, нарушений развития плода

Наряду с этим, морфологическими методами исследования было установлено, что в хориальной пластине

плаценты возникают не только компенсаторно-приспособительные, но также и патологические изменения сосудов плаценты. Они заключаются в резком уменьшении емкости артериального русла хориальной пластины. Кроме того, чрезмерное развитие пучков интимальной мускулатуры и полиповидных подушек может способствовать к полному перекрытию просвета артериальных сосудов.

Проведенные исследования показали, что в артериях плаценты, развивающихся в условиях гипертензии и гипокинеза, формируется комплекс адаптационных образований, основу которых составляют мощные пучки гладкой мускулатуры. Они встречаются и в контрольном материале, однако обнаруживаются реже и менее развиты. О значимости различий можно судить по такой редкой структуре как полиповидные подушки: в контрольной группе наблюдений они выявлены в 10% случаев, а в основной в 38%, т.е. в 3,8 раза чаще. Отмеченное выше указывает на то, что в период антенатального созревания ребенка и его плаценты, данные образования закладываются на ранних этапах беременности. Это свидетельствует о генетической детерминированности возникновения адаптационных структур сосудистого русла в ходе внутриутробного развития человека, их значимости и целесообразности для нормального функционирования системы кровообращения.

Основное предназначение выявленных нами в плаценте и внутренних органах плода адаптационных структур, как было показано выше, сводится к регуляции гемокрикуляции, что реализуется посредством сосудистых реакций типа «сокращение-расслабление». Это приводит в соответствие уровень кровенаполнения сосудистой сети с потребностью в поступлении кислорода и питательных веществ к тем или иным структурно-функциональным единицам соответствующего органа. Периодическое усиление или ослабление их работы находится в полном соответствии с законом перемежающейся активности биологических структур. На активное влияние обсуждаемых структур на гемодинамику указывают результаты наших гистохимических исследований, согласно которым содержание в их мышечном клетках такого энергетически важного материала как гликоген, выше, чем в миоцитах средней оболочки соответствующих сосудов.

Как показали результаты нашего исследования, в случаях нарушенного кровообращения в плаценте, что имеет место в условиях артериальной гипертензии и снижении сердечного выброса, частота регистрации и степень развития адаптационных структур существенно возрастают, что нельзя не связать с увеличением их активности. При этом следует отметить, что распространенность и степень выраженности адаптационных обра-

зований в сосудистой системе определяется не только характеристиками гемодинамического режима в ней, но и особенностями соответствующего органа и его кровеносного бассейна. В частности, ранее в работах было показано сильное развитие данных структур в артериях такого сократимого органа, как сердце (7). В настоящей работе мы обратили внимание на высокую частоту их встречаемости в плаценте. Так, полиповидные подушки в группе со сниженным сердечным выбросом зарегистрированы в три раза чаще, чем с нормальным сердечным выбросом. Вероятно, это связано с особенностями функционирования данного провизорного органа. Сама по себе плацента не может менять свою величину, но сократима матка, со стенкой которой она достаточно интимно связана. Ее мышечные реакции во время беременности приводят к сдавливанию ворсин хориона в различных областях плаценты, сказываясь на микроциркуляторном режиме в этом органе. Кроме того, плод, совершая движения, может механически воздействовать на те или иные зоны плаценты, нарушая движение крови в ней. В подобных условиях адаптационные структуры артерий плаценты являются тем незаменимым материальным субстратом, который переключает потоки крови в пределах ее сосудистого бассейна, обеспечивая необходимое кровенаполнение наиболее активных в функциональном отношении ворсинок хориона и поддержание тем самым снабжения плода кислородом и питательными веществами на оптимальном уровне.

Анализ исследуемого материала показал, что в органном артериальном русле плаценты в условиях гипертензии и различного уровня гемодинамики, с сокращением просвета артериальных сосудов, усиливается развитие комплекса адаптационных структур. Эти образования способствуют рациональному распределению потоков крови на территории недоразвитой плаценты и в органных сосудистых бассейнах, обеспечивая максимально возможное снижение состояния трофического и кислородного голодания плода. Описанные структуры являются одним из механизма приспособления человеческого организма в антенатальном периоде к условиям нарушенного кровообращения.

В условиях повышения давления происходит утолщение и гипертрофия стенок изучаемых артерий, увеличение числа функциональных артерий, а также сосудов замыкающего типа, которые способны активно участво-

вать в регуляции органного кровообращения несущие, компенсаторно-приспособительный характер (2, 10).

Данные сосуды обладают высокой сократительной способностью, на что указывает высокое содержание гликогена, имеющего отношение к образованию энергии мышечного сокращения. Гистологическое строение функциональных артерий хориальной пластины во многом совпадает с морфологией артерий пуповины. Их гладкомышечные структуры также состоят из хорошо очерченных продольного и циркулярного слоев, которые способны активно сокращаться и обладают перистальтической активностью (3). Патологические изменения заключаются в резком уменьшении емкости артериального русла хориальной пластины. Наряду с этим, чрезмерное развитие пучков интимальной мускулатуры приводит к полному перекрытию просвета артериальных сосудов. Данные структурные изменения не могут не привести к резкому сокращению притока крови, развитию острого или хронического малокровия плаценты и, как следствие, привести к развитию плацентарной недостаточности и гипоксическим состояниям у плода.

Проведенное исследование показало, что изменения в строении и функционировании плаценты выявлены преимущественно, в группе гипокинеза, куда достоверно чаще попадали пациентки с преэклампсией и сочетанием АГ беременных с ВЗРП ($p < 0,05$). Деление пациенток по типу гемодинамики является прогностически более ценным, чем распределение по клиническим диагнозам, так как исходы беременности зависят не от клинической картины заболевания, а от варианта центральной гемодинамики беременной (5). Гистологическое исследование плаценты является важной диагностической процедурой, позволяющей ретроспективно выявить наличие гиповолемии (при гипокинетическом типе центральной гемодинамики беременной), плацентарной недостаточности и выявить истинные причины развития гипертензивных расстройств, нарушений развития плода (6). Комплексное обследование, включающее в себя определение типа гемодинамики беременной, доплерографию и последующее гистологическое исследование последа у беременных с различными вариантами гипертензивных расстройств позволяет выявить группы риска, прогнозировать и анализировать исходы родов для новорожденного, предупредить развитие осложнений при последующих беременностях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глуховец Б.И., Глуховец Н. Г. Патология последа. — СПб., 2002
2. Говорка Э. Плацента человека: пер. с польск.-Варшава: Мед.изд-во, 1970
3. Милованов А. П. Патология системы мать-плацента-плод. — М. Медицина, 1999
4. Савельева Г.М., Федорова М. В., Клименко П. А., Сичинова Л. Г. Плацентарная недостаточность. — М., 1991

5. Гурьев Д.Л., Охапкин М. Б., Карпов Н. Ю., Блинов Д. В. Течение и исходы беременности, осложненной преэклампсией, в зависимости от типа центральной материнской гемодинамики // Акушерство и гинекология. 2011. № 7–2. С 14–19.
6. Гурьев Д.Л., Охапкин М.Б, Хитров М. В. Морфологические особенности строения последа при артериальной гипертензии, индуцированной беременностью, и задержке роста плода // Вестник РУДН, серия Медицина, 2009, № 5. С. 12–20.
7. Саркисов Д. С. Очерки по структурным основам гомеостаза. — М. Медицина, 1997
8. Шабалов Н. П. Неонатология. — М. Медпресс-информ, 2006
9. Шорманов С.В., Яльцев А. В. Полиповидные подушки артерий: структура, происхождение, функции // Морфология. 1992. Т. 103. № 2. С. 115–124
10. Шорманов С.В., Яльцев А. В., Шорманов И. С., Куликов С. В. Адаптационные изменения артериальной системы при сосудистой гипертензии // Морфология. 2008. Т. 133. № 2. С. 157
11. Falco M.L., Sivanathan J., Laoreti A. et al. Placental histopathology associated with pre-eclampsia: systematic review and meta-analysis //Ultrasound Obstet Gynecol. — 2017- Vol. 50. — P. 295–301

© Азарова Ксения Олеговна (ksenia-azarova@rambler.ru), Охапкин Михаил Борисович (Obstetrics@yma.ac.ru),

Ершова Юлия Владимировна, Яльцев Андрей Владимирович (yaltsev1962@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ярославский государственный медицинский университет

АНТИФОСФОЛИПИДНЫЕ АНТИТЕЛА, КАК ФАКТОР ПЕРИНАТАЛЬНОГО РИСКА У МНОГОРОЖАВЩИХ ЖЕНЩИН С ПАТОЛОГИЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

ANTIPHOSPHOLIPID ANTIBODIES AS A PERINATAL RISK FACTOR IN WOMEN WITH MULTIPLE THYROID DISORDERS

**M. Aligadzhiev
Sh.Radjabova**

Summary. In the last few years the great number of foreign and home publications and researches was sanctified to the questions of functioning of thyroid at pregnancy. All greater attention to носительству of antibodies to the tissue of thyroid for pregnant, multiparous women, attracts attention accoucheurs-gynaecologists, endocrinologies, this related to that the phenomenon is associated with such unfavorable consequences as development of antiphosphotide syndrome (АФС), unmaturing of pregnancy, parafunction of thyroid, and also birth of children with congenita vices from women with the parafunction of thyroid.

Keywords: antiphosphotide syndrome, unmaturing of pregnancy, pathology of thyroid, antiphosphotide antibodies.

Алигаджиев Магомед Алигаджиевич

Ассистент, Дагестанский научный центр РАМН,
Дагестанская Государственная Медицинская академия
Федерального Агентства здравоохранения
И социального развития РФ
jnus@mail.ru

Раджабова Шарипат Шамильвна

К.м.н., grand PhD ассистент, Дагестанский
научный центр РАМН, Дагестанская Государственная
Медицинская академия Федерального Агентства
здравоохранения и социального развития РФ

Аннотация. За последние годы множество зарубежных и отечественных публикаций и исследований было посвящено вопросам функционирования щитовидной железы при беременности. Все большее внимание к носительству антител к ткани щитовидной железы у беременных, многорожавших женщин, привлекает внимание акушеров-гинекологов, эндокринологов, это связано с тем что феномен ассоциирован с такими неблагоприятными последствиями как развитие антифосфолипидного синдрома (АФС), невынашивание беременности, нарушение функции щитовидной железы, а также рождение детей с врожденными пороками от женщин с нарушением функции щитовидной железы.

Ключевые слова: антифосфолипидный синдром, невынашивание беременности, патология щитовидной железы, антифосфолипидные антитела.

АФС — это аутоиммунное заболевание, в основе которого лежит образование в организме высоких титров антифосфолипидных антител, взаимодействующих с отрицательно заряженными мембранными фосфолипидами и связанными с ними гликопротеидами, приводящее к развитию нарушений в системе гемостаза и васкулопатии.

Изучение АФС началось в 1907 г., когда А. Wassermann разработал серологический метод диагностики сифилиса, используя в качестве антигена спиртовой экстракт из печени пораженного сифилитической инфекцией мертворожденного. В 1941 г. М. Pangborn выделила из миокарда быка аналогичный антиген — фосфолипид, названный кардиолипином. С 1938 по 1945 г. при скрининговых исследованиях по диагностике сифилиса в США положительная реакция обнаружена у многих людей, не имеющих клинических и эпидемиологических признаков сифилитической инфекции. Этот феномен получил название биологической ложно-положительной

реакции Вассермана (Б-ЛПРВ). Оказалось, что Б-ЛПРВ может встречаться в 2 основных вариантах — остром и хроническом. В 1-м случае реакция имеет место у больных, которые перенесли какую-либо не сифилитическую инфекцию, и сохраняется до 6 месяцев. Во 2-м случае Б-ЛПРВ может устойчиво сохраняться в течение многих лет в отсутствие очевидного причинного фактора. В начале 50-х гг. было установлено, что хроническая Б-ЛПРВ чаще выявляется у пациентов с аутоиммунной патологией, данный феномен имеют 30–44% больных системной красной волчанкой (СКВ) (С. R. Rein и G. H. Konstant, 1950; J. E. Moore и C. F. Mohr, 1952).

Изучение антител, обладающих свойствами волчаночного антикоагулянта, началось в 1952 г., когда С. Conley и R. Hartmand впервые выявили удлинение активного частичного тромбoplastинового времени (АЧТВ) и протромбинового времени (ПВ) у больных СКВ и хронической Б-ЛПРВ. На основании этого авторы предположили, что пациенты с данной патологией

имеют какой-то ингибитор свертывания крови. В 1972 г. D. Feinstein и S. Rapaport назвали этот ингибитор волчаночным антикоагулянтом (ВА).

Ассоциация между наличием ВА и Б-ЛПРВ была подтверждена многочисленными исследованиями. При этом обращало на себя внимание то, что ВА очень редко выявляется у больных сифилисом. В 1957 г. A. Laurell и I. M. Nilsson выявили, что ВА представляет собой иммуноглобулин, влияние которого на комплекс «протромбин-тромбин» реализуется через взаимодействие с фосфолипидной порцией протромбинактиваторного комплекса, причем активностью ВА обладают как IgG, так и Ig M.

Несмотря на способность ВА *in vitro* подавлять свертывание крови, оказалось, что у больных, в сыворотках которых содержится ВА, очень редко развиваются геморрагические осложнения, даже после хирургических вмешательств. В 1963 г. E. J.W. Bowie и соавт. описали 8 больных с ВА, которые имели тромбоэмболические осложнения. В 1972 г. D.I. Feinstein и S.I. Rapaport, обобщая результаты клинических и лабораторных исследований больных с ВА, показали, что геморрагические осложнения встречаются только в тех случаях, когда у больных имеет место сопутствующая тромбоцитопения или дефицит протромбина. Тогда же было отмечено, что лишь у 50% больных с ВА имеется СКВ. В дальнейших исследованиях установлено, что ВА ассоциирован с развитием тромбофилических осложнений и встречается не только у больных СКВ, но и у практически здоровых женщин, а также у пациенток с привычным невынашиванием беременности, плацентарной недостаточностью, внутриутробной гибелью плода, отслойкой плаценты, тяжелым гестозом и HELLP-синдромом (З. С. Алекберова, Е. Л. Насонов, 1988; M. Schleider et al., 1976).

В 1983 г. E.N. Harris и соавт. разработали твердофазный радиоиммунный метод, который был в 200–400 раз более чувствительный, чем стандартная реакция Вассермана и позволил обнаружить антитела к кардиолипину у 61% больных СКВ. При этом была выявлена взаимосвязь между наличием антикардиолипиновых антител (АКЛ), ВА, Б-ЛПРВ и развитием тромботических осложнений и тромбоцитопении. Внедрение этого метода в широкую клиническую практику резко повысило интерес к изучению роли антифосфолипидных антител (АФА) при заболеваниях человека.

В 1983 г. группа английских ревматологов под руководством профессора G. R.V. Hughes описала новый клинико-лабораторный симптомокомплекс, характеризующийся венозными и артериальными тромбозами, привычной потерей беременности, тромбоцитопенией, неврологическими нарушениями, ассоциированный

с наличием антител к кардиолипину, что послужило поводом для названия его «антикардиолипиновым синдромом». При дальнейшей разработке иммунологических методов выявления антифосфолипидных антител было обнаружено, что этот синдром связан не только с наличием АКЛ, но и с антителами к другим фосфолипидам. В 1987 г. E. Harries et al. предложили термин «антифосфолипидный синдром». В конце 80-х гг. было установлено, что антитела к фосфолипидам в повышенных титрах и клиническая симптоматика могут иметь место не только при СКВ, но и других ревматических и неревматических заболеваниях, злокачественных новообразованиях, на фоне инфекций и приема ряда препаратов, а также при отсутствии достоверных клинических и серологических признаков СКВ или какой либо, другой патологии, что послужило поводом для разделения АФС на первичный и вторичный (R. A. Asherson, 1989).

В последние десятилетия было выявлено, что точкой приложения АФА при этом синдроме является более сложный комплекс, включающий помимо фосфолипидов некоторые протеины и кофакторы. Наиболее значимы из них $\alpha\beta 2$ -гликопротеин-1 ($\alpha\beta 2$ -ГП-1), протромбин и аннексин. В связи с этим R. Roubey в 1994 г. был предложен термин «антифосфолипидный-кофакторный синдром». В этом же году большая группа исследователей предложила назвать этот синдром в честь его первого исследователя «Hughes-синдром». В России изучение АФС началось в 80-х гг., в Беларуси несколько позже. В настоящее время в нашей стране над проблемой диагностики и лечения АФС работают ведущие ревматологи, гематологи, акушеры-гинекологи, неврологи и врачи других специальностей

Характеристика антифосфолипидных антител и их роль в патогенезе антифосфолипидного синдрома.

АФА — серологический маркер и вероятный патогенетический медиатор АФС. Причины их синтеза до конца не ясны, частота выявления в популяции колеблется от 0 до 14%. Они нередко обнаруживаются в крови здоровых людей, причем данные о клиническом значении этого противоречивы. В семейство АФА входят антитела, обуславливающие Б-ЛПРВ, ВА, антитела к $\alpha\beta 2$ -ГП-1, АКЛ, антитела к протромбину, аннексину V, протеинам С и S и др. ВА представляет собой группу поликлональных аутоантител, которые относятся к иммуноглобулинам класса G и/или M и обладают способностью ингибировать процесс свертывания крови. АКЛ относятся к 3 классам иммуноглобулинов — IgG, IgM и IgA, но основное клиническое значение имеет определение Ig G. Они нарушают образование протромбинактивирующего комплекса, который состоит из фактора X и V, фосфолипидов, тромбоцитов и кальция. Для взаимодействия АФА и фосфолипидов необходим

сывороточный кофактор — $\alpha\beta$ -ГП-1. Он обладает антикоагулянтной активностью *in vivo*, присутствует в нормальной плазме в концентрации примерно 200 мкг/мл в ассоциации с липопротеинами. АФА распознают антигенные детерминанты не фосфолипидов, а конформационные детерминанты в молекуле $\alpha\beta$ -ГП-1 в процессе ее взаимодействия с фосфолипидами. При этом $\alpha\beta$ -ГП-1-зависимое связывание АФА и эндотелиальных клеток приводит к активации эндотелия: гиперэкспрессии молекул адгезии (Е-селектин, VCAM-1, ICAM-1), увеличению прилипания моноцитов к поверхности эндотелия. $\alpha\beta$ -ГП-1 классов IgG и IgM *in vitro* индуцируют экспрессию Е-селектина (ELAM-1) на мембране эндотелиальных клеток и секрецию провоспалительных цитокинов (интерлейкинов 1 и 6) и простагландина E2. Наряду с $\alpha\beta$ -ГП-1 мишенью для АФА могут являться отдельные протеины, регулирующие коагуляционный каскад, такие как протеин С и S, тромбомодулин, экспрессирующиеся на мембране эндотелиальных клеток. АКЛ связываются с белком S только в присутствии $\alpha\beta$ -ГП-1 и кардиолипина. Это вызывает дефицит свободного протеина S, что является одним из важных патогенетических механизмов развития тромбозов при АФС. Большой интерес представляет связь между синтезом АФА и запрограммированной гибелью клеток эндотелия. Основной чертой апоптоза, предшествующей фрагментации ДНК и нарушению целостности клеточной мембраны, является расположение фосфатидилсерина на ее наружной поверхности, в то время как в нормальных условиях фосфатидилсерин локализуется на цитоплазматической (внутренней) ее стороне. Аннексин V покрывает фосфатидилсерин по типу ковра, оказывая местный антикоагулянтный эффект, ингибируя фактор VIII- и фактор IXa-зависимую активацию фактора X на эндотелиальных клетках, возникающую при активации тромбоцитов. Поэтому во время физиологической беременности, несмотря на длительное расположение фосфатидилсерина на поверхности трофобласта, не происходит постоянного тромбообразования. Антитела к аннексину V классов IgG и IgM вытесняют аннексин V с поверхности эндотелиоцитов и клеток трофобласта, что приводит к гиперкоагуляции и развитию тромбозов и инфарктов плаценты.

Антитела к протромбину классов IgG и IgM напрямую ингибируют факторы коагуляции, что приводит к удлинению времени фосфолипид-зависимых коагуляционных тестов. Протромбин (фактор II свертывания) — витамин К-зависимый гликопротеин синтезируется в печени и участвует в свертывании крови. Протромбин обеспечивает создание на мембране поврежденных клеток комплекса факторов Va, Xa и фосфолипидов. В результате этого образуется протромбиназный комплекс, который осуществляет расщепление протромбина до тромбина, что в дальнейшем приводит к превращению фибриногена в фибрин. Протромбин является кофактором действия VA.

Патогенез АФС складывается из следующих звеньев:

- 1) подавление активности прокоагулянтных белков (протеина С, S, антитромбина III, $\alpha\beta$ -ГП-1);
- 2) подавление фибринолиза: увеличение ингибитора активатора плазминогена, подавление фактор II-зависимого фибринолиза;
- 3) активация/повреждение эндотелиальной клетки: усиление прокоагулянтной активности эндотелиальной клетки, усиление экспрессии тканевого фактора и молекул адгезии, нарушение синтеза простаглицина, увеличение синтеза фактора Виллебранда, индукция апоптоза;
- 4) активация тромбоцитов: усиление синтеза тромбосана и факторов агрегации тромбоцитов, агрегация и нарушение функциональной активности тромбоцитов;
- 5) изменение адгезивных характеристик предимплантационного эмбриона, нарушение слияния синцития, снижение глубины инвазии трофобласта, подавление продукции хорионического гонадотропина.

Наиболее частыми и опасными осложнениями при АФС являются артериальные и венозные тромбозы. В 65–70% тромбозы локализуются в венозном русле, при этом в большинстве случаев в венах нижних конечностей. Артериальные тромбозы чаще всего происходят в средней мозговой артерии, но также встречаются тромбозы почечных, коронарных, подключичных, плечевых и пальцевых артерий, а также в атипичных локализациях. АФС занимает первое место среди причин тромбозов у людей до 50 лет. Риск тромбозов достоверно увеличивается при наступлении беременности в связи с физиологическими гиперкоагуляционными изменениями в организме женщины перед предстоящей кровопотерей. Риск развития тромботических осложнений возрастает в 4–5 раз в I триместре и увеличивается до 100 раз в течение первой недели послеродового периода.

Другим распространенным осложнением является тромбоцитопения, встречающаяся у 40–50% пациентов с АФС. В большинстве случаев наблюдается умеренная тромбоцитопения (количество тромбоцитов не менее $(50-100) \cdot 10^9/\text{л}$), не требующая специального лечения, однако в 10% выявляется снижение тромбоцитов ниже $50 \cdot 10^9/\text{л}$.

Антифосфолипидный синдром является системным заболеванием и может проявиться одним или одновременно несколькими клиническими признаками со стороны различных систем органов: центральной нервной системы, сердечнососудистой, эндокринной и др.

Критическим проявлением АФС является катастрофический антифосфолипидный синдром, характеризу-

ющийся множественными артериальными и венозными тромбозами, острой полиорганной недостаточностью, напоминающей таковую при ДВС-синдроме с развитием респираторного дистресс-синдрома, поражением ЦНС, надпочечниковой недостаточностью и др.

В акушерской практике антифосфолипидный синдром проявляется следующими состояниями:

- ◆ привычное невынашивание беременности;
- ◆ плацентарная недостаточность, СЗРП;
- ◆ Преэклампсия
- ◆ HELLP-синдром;
- ◆ антенатальная гибель плода;
- ◆ ПОНРП.

Диагностика

Клинические критерии

Сосудистые тромбозы: Один или более случаев артериального, венозного тромбоза или тромбоз мелких сосудов в любом органе или ткани. Патология беременности:

- ◆ три и более самопроизвольных выкидыша на преэмбрионической или ранней эмбрионической стадии (при исключении — анатомических дефектов матки, гормональных нарушений, материнских или отцовских хромосомных нарушений);
- ◆ одна и более необъяснимая гибель морфологически нормально плода при сроке 10 и более недель;
- ◆ одни и более преждевременные роды морфологически нормальным плодом при сроке до 34 недель в результате тяжелой преэклампсии, плацентарной недостаточности.

Лабораторные критерии

- ◆ IgG и/или IgM антитела к кардиолипину, выявляемые в плазме крови в средних или высоких титрах 2 и более раз с интервалом в 12 нед. Определение АКА должно осуществляться с помощью метода твердофазного иммуноферментного анализа (ELISA). или
- ◆ IgG и/или IgM антитела к $\beta 2$ -гликопротеину I, выявляемые в плазме крови 2 и более раз с интервалом в 12 нед. Определение антител должно осуществляться с помощью метода твердофазного иммуноферментного анализа (ELISA). или
- ◆ Обнаружение в плазме крови в 2 и более случаях с 12-недельным промежутком. ВА определяется в соответствии с рекомендациями подкомитета по ВА Международного Общества по Тромбозам и Гемостазу. Тест на волчаночный антикоагулянт лучше проводить до начала антикоагулянтной терапии.

При сборе анамнеза обращают особое внимание на наличие тромботических осложнений, невынашивания беременности, осложненного течения беременностей (плацентарная недостаточность, ПОНРП, преэклампсия), неудач ЭКО. Необходим тщательный сбор семейного анамнеза (наличие тромботических осложнений в возрасте до 50 лет у близких родственников, невынашивание и акушерскую патологию по женской линии).

Лабораторные исследования

Обнаружение в крови

- ◆ антител, входящих в международные критерии АФС:
- ◆ антитела к $\beta 2$ -гликопротеину I;
- ◆ антитела к кардиолипину;
- ◆ волчаночный антикоагулянт;
- ◆ других антифосфолипидных антител:
- ◆ антитела к аннексину 5;
- ◆ антитела к протромбину;
- ◆ антитела к ХГЧ;
- ◆ антитела к фосфатидилсерину;
- ◆ антитела к фосфатидилинозитолу;
- ◆ антитела к фосфатидиловой кислоте;
- ◆ коагулологические исследования:
- ◆ гиперфибриногенемия;
- ◆ укорочение коагуляционных тестов, активированное время рекальцификации, АЧТВ;
- ◆ тромбоцитопения;
- ◆ увеличение индуцированной агрегации тромбоцитов (с АДФ, адреналином);
- ◆ снижение концентрации плазминогена, тканевого активатора плазминогена, увеличение содержания ингибитора тканевого активатора плазминогена I типа в крови;
- ◆ увеличение содержания маркеров дисфункции эндотелия (фактора фон Виллебранда, фибронектина и др.) в крови;
- ◆ увеличение в крови маркеров внутрисосудистой активации свертывающей системы крови: комплекса тромбин-анти тромбин, F 1+2 фрагментов протромбина, растворимых фибрин-мономерных комплексов, D-димеров, плазмин- $\alpha 2$ -антиплазминового комплекса, изменение теста генерации тромбина.
- ◆ Скрининг на АФС отсутствует. Обследование проводится в группах риска
- ◆ отягощенный анамнез (тромбоземболические осложнения (особенно на фоне приема КОК и беременности), мигренеподобные головные боли, неврологические заболевания, тромбоцитопения, патология почек, поражения кожи);
- ◆ тромботические осложнения у близких родственников в молодом возрасте (до 50 лет);

- ◆ осложненный акушерско-гинекологический анамнез (невынашивание беременности, антенатальная гибель плода, плацентарная недостаточность, преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, задержка внутриутробного развития плода, неудачи ЭКО (3 и более свежих протокола с переносом эмбрионов хорошего качества);
- ◆ длительный прием гормональных или цитостатических лекарственных средств.
- ◆ Общие принципы терапии АФС в акушерстве:
- ◆ лечение рекомендовано начинать на этапе планирования беременности и продолжать в течение 6 недель послеродового периода;
- ◆ проводят индивидуально подобранную антикоагулянтную, антиагрегантную, эфферентную и иммунотерапию под контролем показателей гемостазиограммы, показателей иммунного статуса, титра антифосфолипидных антител, состояния матери и плода;
- ◆ подбор антикоагулянтной терапии производят на основе анти-Ха-активности;
- ◆ при наличии системного аутоиммунного заболевания соединительной ткани проводится терапия основного заболевания (гормональная, иммунотерапия).

Цели лечения

Цель лечения АФС заключается в уменьшении количества циркулирующих аутоантител, активности аутоиммунного процесса, в предотвращении развития тромботических осложнений и обеспечении пролонгирования беременности и рождения здорового ребенка.

Медикаментозное лечение

- ◆ При планировании беременности у пациенток, находящихся на терапии варфарином, следует заменить его на НМГ.
- ◆ При наличии высоких титров АФА, при обнаружении 2 и более видов АФА на этапе планирования беременности рекомендовано проведение эфферентных методов лечения (плазмафереза).
- ◆ При наличии тромбозов в анамнезе или привычного невынашивания на этапе планирования беременности назначаются низкие дозы ацетилсалициловой кислоты (75–100 мг/сут, до 34 нед), и от момента наступления беременности добавляются НМГ в профилактической дозе под контролем анти-Ха-активности. Лечение НМГ продолжается в течение 6 нед после родов.
- ◆ Лечение внутривенным иммуноглобулином (иммуноглобулин человека нормальный 50 мг/мл) у пациенток с АФС проводится в 1 и 2 триместре беременности (Курсовая доза 15 г).

- ◆ При бессимптомной циркуляции АФА назначение антикоагулянтов и антиагрегантов производится в соответствии с выраженностью гиперкоагуляционных и гиперагрегационных изменений. Внутривенный иммуноглобулин назначается при клинических признаках угрозы прерывания беременности или появлении ранних признаков плацентарной недостаточности.
- ◆ При высоких титрах АФА, отсутствии эффекта от лечения НМГ и АСК (появление отслоек плодного яйца, признаков плацентарной недостаточности), лекарственной аллергии на НМГ и антиагреганты, патологии печени показано проведение эфферентных методов лечения при беременности (в 1 и 2 триместре).
- ◆ Назначение глюкокортикоидной терапии показано при вторичном АФС на фоне аутоиммунных заболеваний, при высоких титрах АФА, сочетании 2 и более видов антифосфолипидных антител. Лечение начинают во 2-й фазе предполагаемого фертильного цикла (со 2-го дня овуляции) и продолжают на протяжении всей беременности вплоть до 10–15 сут послеродового периода с последующей постепенной отменой препарата. Используют преднизолон в дозе 5 мг/сут (максимальная суточная доза составляет 10–15 мг) или метилпреднизолон в дозе 4 мг/сут.
- ◆ Для профилактики осложненного течения беременности при АФС можно назначать также следующие лекарственные средства: препараты железа, фолиевую кислоту в дозе до 1–5 мг/сут, полинасыщенные жирные кислоты, поливитамины для беременных.
- ◆ На протяжении всей беременности и 6 нед послеродового периода рекомендовано использование компрессионного трикотажа и назначение венотоников.

Родоразрешение у беременных с АФС часто осложняется антенатальной и интранатальной гипоксией плода, поэтому роды через естественные родовые пути ведут под постоянным КТГ-наблюдением, при наличии соответствующих показаний со стороны матери или плода — путем КС. Оптимальным сроком родоразрешения женщин с АФС является 38 нед беременности.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования литературных источников, показывают что циркуляция АФА, ВА и антител к кофакторам антифосфолипидных антител приводит к тромбофилическому состоянию, которое усугубляется наличием генетической тромбофилии и проявляется повышением маркёров активации системы гемостаза, что увеличивает риск тромботических

и геморрагических осложнений во время беременности, родов и послеродового периода. Наличие антифосфолипидных антител отражает генерализованную активацию иммунной системы и само по себе усиливает аутоиммун-

ный процесс, направленный против фетоплацентарной системы. А в сочетании с циркулирующей антифосфолипидных антител еще больше повышается риск развития акушерских осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева С.А., Хашаева Т.Х. Частота циркуляции антифосфолипидных антител у пациенток с синдромом потери плода и аутоиммунными заболеваниями щитовидной железы. // Вестник медицинского стоматологического института. Москва — 2012. — № 3 (21) — С. 43–47.
2. Абусева З.А., Алиева С.А., Хашаева Т.Х., Эседова А.Э., Мамаева С.М. Аутоиммунные заболевания щитовидной железы у пациенток с невынашиванием беременности и циркуляция антифосфолипидных антител//Материалы XVII Всероссийского научно-образовательного форума «Мать и дитя», МЗ РФ, НЦАГиП. Москва. — 2016. — С. 3–4.
3. Comarmond, C. Antiphospholipid syndrome: from pathogenesis to novel immunomodulatory therapies / C. Comarmond, P. Cacoub // Autoimmunity Reviews. — 2013 May. — Vol. 12, N7. — P. 752–757.
4. Triplett, D. A. Antiphospholipid antibodies / D. A. Triplett // Archives of pathology & laboratory medicine. — 2002 Nov. — Vol. 126, N11. — P. 1424–1429
5. Type 1 and type 2 cytokine-producing CD4+ and CD8+ T cells in primary antiphospholipid syndrome / M. Karakantza [et al.] // Annals of Hematology. — 2004 Nov. — Vol. 83, N11. — P. 704–711.
6. Antiphospholipid antibodies in relation to sterility/ infertility / M. Kovac [et al.] // Hum. Immunol. — 2012 Jul. — Vol. 73, N7. — P. 726–731.
7. Акушерство [Электронный ресурс]: национальное руководство / под ред. Г.М. Савельевой, Г.Т. Сухих, В.Н. Серова, В.Е. Радзинского. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — (Серия «Национальные руководства»). [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970433652.html>
8. Макацария, А.Д. Профилактика повторных осложнений беременности в условиях тромбофилии / А.Д. Макацария, В.О. Бицадзе. Москва: Триада-Х, 2008. — 152 с
9. Сидельникова, В.М. Подготовка и ведение беременности у женщин с привычным невынашиванием: метод. пособия и клинич. протоколы / В.М. Сидельникова. Москва: МЕДпресс-информ, 2010. — 219 с.

© Алигаджиев Магомед Алигаджиевич (jnus@mail.ru), Раджабова Шарипат Шамильвна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Махачкала республика Дагестан

АНОМАЛИИ РОДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У МНОГОРОЖАВЩИХ ЖЕНЩИН В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

ANOMALIES OF PATRIMONIAL ACTIVITY AT THE MULTIGIVING BIRTH WOMEN IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN

**M. Aligadzhiev
Sh. Radjabova**

Summary. It is shown, that among anomalies activity of delivery at multiparity women initial and secondary weakness of patrimonial forces, weakness of labours prevail. In summary: low parameters of efficiency of conservative correction anomalies activity of delivery and high frequency surgical delivery convinces in necessity of applications in obstetrics practice of new methods of preventive maintenance and treatment of anomalies activity of delivery at multiparity women.

Keywords: Multiparous women, anomalies of patrimonial activity, perinatal risk.

Алигаджиев Магомед Алигаджиевич

Ассистент, Дагестанский научный центр РАМН,
Дагестанская Государственная Медицинская академия
Федерального Агентства здравоохранения и социального
развития РФ
jnus@mail.ru

Раджабова Шарипат Шамильевна

К.м.н., grand PhD ассистент, Дагестанский научный
центр РАМН, Дагестанская Государственная Медицинская
академия Федерального Агентства здравоохранения
и социального развития РФ

Аннотация. Многорожавшие женщины, по определению ВОЗ, относятся к группе универсального риска. С целью изучения нарушения родовой деятельности у многорожавших женщин использованы современные методы: интерография, доплерометрия плодово-маточно-плацентарного кровотока, кардиотокография. Исследования проведены у многорожавших женщин в динамике родов. Полученные данные позволяют понять патогенез нарушений родовой деятельности у многорожавших женщин и разработать эффективную систему ее регуляции.

Ключевые слова: Многорожавшие женщины, аномалии родовой деятельности, перинатальный риск.

Общепризнано, что многорожавшие женщины — группа высокого риска по развитию гестационных осложнений [3,4,5,6,1,9]. Уровень ПС у многорожавших составляет 35,7%; показатель мертворождаемости — 16,9%; показатель ранней неонатальной смертности — 18,7%; показатель перинатальной заболеваемости- 215,9% [4].

По шкале перинатального риска В.Е.Радзинского, С.А.Князева, И.Н.Костина (2011), паритет 4–7 родов имеет 1 балл, паритет 8 и более — 2 балла [7], поэтому считают, что паритет родов сам по себе не столь опасен для матери и плода в сравнении с другими факторами, при этом оптимальный способ определения риска — дополнение балльной шкалы риска новыми факторами и регулярная реструктуризация, или обновление, шкалы риска, так как предсказать объективность и сохранность какого-либо фактора риска в будущем затруднительно.

Отмечено, что среди многорожавших немалый удельный вес занимают женщины в возрасте 40 лет и более (9,4%) [3, 4]. Считают, что проживание в сельской местности, низкий уровень жизни, интенсивный труд на дому, однообразный рацион питания, отсутствие возможности уделить должное внимание своему здоровью, частые беременности и роды накладывают отпечаток на

здоровье многодетных матерей [1, 6]. Многорожавшие имеют низкий индекс здоровья [1, 3, 4, 2]. Часто встречается анемия на фоне дефицита различных микроэлементов, в том числе железа, развившемся после предыдущих беременностей [3].

В тоже время ряд авторов считают, что у первородящих, включая поздний репродуктивный возраст, выше риск развития ПЭ, они имеют более высокие показатели циркулирующей растворимой fms- подобной тирозинкиназы-1 (sFlt1) и соотношения sFlt1/плацентарного фактора роста (PlGF), что приводит к ангиогенному дисбалансу [6, 1, 3]. Исследователи предполагают, что полученные результаты могут быть одним из объяснений эпидемиологического наблюдения, что бездетность является фактором риска развития ПЭ.

Многорожавших относят к группе высокого риска по развитию гестационных осложнений из-за экстрагенитальных заболеваний (хроническая артериальная гипертензия, хронические заболевания почек, варикозная болезнь, избыточный вес) и гестационного диабета [1,4,6,9]. Различия в прибавке веса за гестацию между первородящими и многорожавшими практически отсутствуют, при этом некоторые исследователи полагают, что больше набирают вес первородящие [6,9]. Существуют

ет также мнение, что по сравнению с многорожавшими женщинами у первородящих выше риск развития гестационной артериальной гипертензии [9]. Многорожавшие женщины имеют риск развития дилатационной кардиомиопатии, являющейся причиной преждевременных родов, гибели плода и других неблагоприятных перинатальных исходов [6]. Для многорожавших женщин характерен короткий интергенетический интервал. Известно, что для полного восстановления организма женщины после очередной беременности необходимо от 3 до 5 лет [2]. При несоблюдении этого интервала беременность наступает на фоне дефицита микроэлементов, железа, что отражается на течении гестации и перинатальном исходе [4,3].

По данным проведенного в Дагестане исследования, многорожавшие женщины составили половину от умерших из-за послеродовых атонических кровотечений [2, 3, 4]. Частота акушерских кровотечений у многорожавших женщин почти в 2 раза превышает аналогичный показатель у перво- и повторнородящих, при этом ведущее место занимали кровотечения в родах и послеродовом периоде (54,9%) [3]. По мнению авторов, у многорожавших женщин в 1,3 раза чаще встречаются кровотечения на фоне нарушения сократительной способности матки и почти в 2 раза чаще кровотечения объемом более 1000 мл, по сравнению с перво- и повторнородящими. Акушерские кровотечения — «управляемые» причины, с возможностью их прогнозирования и профилактики у многорожавших женщин, для чего рекомендуют активную тактику ведения третьего периода родов с профилактическим введением утеротонического препарата окситоцина 5 ЕД внутривенно или 10 ЕД в/м сразу после рождения ребенка [4]. У многорожавших женщин отмечают частые неблагоприятные перинатальные исходы. При анализе перинатальной заболеваемости новорожденных от многорожавших женщин поражение центральной нервной системы встречалось у 88%, респираторные и сердечно-сосудистые нарушения — у 45%, инфекционные заболевания — у 35%, задержка роста плода — у 20%, врожденные аномалии развития — у 2,2%, геморрагические и гемолитические нарушения — у 4,4%, родовые травмы — у 1,5% [4].

Таким образом, для многорожавших женщин по сравнению с перво- и повторнородящими характерен отягощенный экстрагенитальный анамнез, осложненное течение беременности, родов и послеродового периода.

Одним из частых осложнений родов является послеродовое кровотечение, что, несмотря на внедрение активной тактики ведения 3-го периода родов, обуславливает 28 необходимость дальнейшего изучения патогенетических механизмов развития данного осложнения гестации у беременных женщин и разработку мер про-

филактики, особенно в позднем репродуктивном возрасте. Контраверсии данной проблемы состоят в том, что в РИ встречаются многорожавшие женщины с хорошим уровнем здоровья. И, на удивление, а может быть, естественно, с хорошим перинатальным исходом. Возможно, негативный эффект мультипаритета переоценен, так как чаще всего его рассматривают в не совсем «благоприятных» географических ареалах, этнопопуляциях, конфессиональных группах. Последнее характерно для РИ: конфессия, географические особенности, обычаи, репродуктивное поведение, статус женщины, уровень медицинского обеспечения.

Общие сведения об аномалиях родовой деятельности

К аномалиям сократительной деятельности матки (СДМ) относятся отклонения от нормы таких показателей как базальный тонус матки, определяющий частоту и силу схваток. Аномалии сократительной деятельности во время родов приводят к нарушению механизма раскрытия шейки матки, продвижению плода по родовому каналу.

Частота аномальной родовой деятельности составляет от 10 до 30% от общего числа родов и является основной причиной гипоксически-травматического повреждения плода, разрывов родовых путей, акушерских кровотечений. Каждое третье кесарево сечение производят в родах по поводу аномалий родовой деятельности.

Частота аномальной родовой деятельности проявляется слабостью родовой деятельности по отношению ко всем родам (10%), реже наблюдается дискоординация родовой деятельности (1–3%) и еще реже — чрезмерно сильная родовая деятельность (менее 1%).

В нашей стране принята следующая классификация аномалий родовой деятельности:

- ◆ патологический прелиминарный период;
- ◆ первичная слабость родовой деятельности;
- ◆ вторичная слабость родовой деятельности;
- ◆ чрезмерно сильная родовая деятельность, приводящая к быстрым и стремительным родам;
- ◆ дискоординация родовой деятельности

Эффективность родовой деятельности определяет процессы раскрытия шейки матки и продвижения плода по родовому каналу, которые, в свою очередь, ассоциированы с внутриамниотическим (внутримиотральным) давлением и сопротивлением нижнего полюса матки (нижний сегмент, внутренний зев, шейка матки). Сопротивление это может быть высоким из-за спастического состояния мышечных тканей и слабым, что может вызвать быстрые и стремительные роды [1,6].

Факторы, способствующие развитию аномальной родовой деятельности

Акушерские факторы:

- ◆ преждевременное излитие околоплодных вод (дородовое и раннее);
- ◆ размеров головки плода и таза матери (клинически узкий таз);
- ◆ перерастяжение матки (многоводие, крупный плод);
- ◆ многоплодная беременность;
- ◆ преждевременные и запоздалые роды;
- ◆ тазовые предлежания пода;
- ◆ препятствия к раскрытию шейки матки и продвижению пода, функционально неполноценный плодный пузырь.

Факторы, связанные с патологией репродуктивной системы:

- ◆ инфантилизм; гипоплазия, мальформация сосудов матки;
- ◆ аномалии развития матки (седловидная, двурогая);
- ◆ многократные роды (>3);
- ◆ поздний возраст первородящей (>35 лет);
- ◆ нейроэндокринные заболевания;
- ◆ операции на матке (наличие рубца);
- ◆ миома матки, аденомиоз;
- ◆ генетическая предрасположенность.
- ◆ Общесоматические заболевания, хронические инфекции, интоксикации, метаболический синдром, сахарный диабет, системные заболевания соединительной ткани.
- ◆ Плодные факторы (ЗРП, хроническая гипоксия, пороки развития, плацентарная недостаточность)
- ◆ Ятрогенные факторы: неадекватная корригирующая терапия, чрезмерное применение обезболивающих и спазмолитических средств; родовозбуждение при недостаточно зрелой шейке матки.

Все указанные факторы разделены условно, поскольку во время беременности и родов организмы матери и плода соединены плацентой в единую функциональную систему множеством гормональных, гуморальных и нейрогенных связей.

При аномалиях родовой деятельности в матке происходит дезорганизация проводящей системы, построенной на щелевых контактах с межклеточными каналами. Нарушение в проводящей системе и смещение центра образования и генерации электрических импульсов («водитель ритма» схваток) вызывает некоординированную, асинхронную родовую деятельность, когда отдельные зоны миометрия сокращаются и рас-

слабляются в разном ритме и в разные временные отрезки, что сопровождается резкой болезненностью схваток и отсутствием эффекта. Роды практически останавливаются.

При слабости родовой деятельности имеет место снижение цАМФ, угнетение цикла трикарбоновых кислот, повышение содержания в миоцитах лактата и пирувата. В патогенезе слабости родовой деятельности играет роль снижение образования α -адренорецепторов, ослабление функции адренергического механизма миометрия, снижение эстрогенного баланса. Уменьшение «плотности» специфических α - и β -адренорецепторов делает миометрий малочувствительным к утеро-тоническим веществам. При аномалиях родовой деятельности в матке накапливаются недоокисленные продукты нарушенного обмена, изменяется система тканевого дыхания — аэробный гликолиз заменяется неэкономным анаэробным. Быстро истощаются запасы гликогена и глюкозы. Нарушение кровотока в миометрии, которое сочетается с гипотонической и/или гипертонической дисфункцией матки, иногда приводит к столь глубоким метаболическим расстройствам, что может произойти разрушение синтеза α - и β -адренорецепторов. Развивается столь упорная инертность матки, что многократная и длительная родостимуляция становится абсолютно безуспешной.

Характеристика ИССЛЕДОВАНИЯ

Около 40% родов в мире приходится на женщин, в анамнезе которых пять и более родов. Республика Дагестан — регион с сохранившейся тенденцией многодетности [1, 2]. Одним из наиболее частых и тяжелых осложнений родов у многорожавших женщин (МРЖ) являются аномалии родовой деятельности (АРД) [1–4]. Аномалии родовой деятельности вызывают затяжное течение родов, повышенную частоту акушерского травматизма матери и плода, нередко патологическую кровопотерю в последовом и раннем послеродовом периодах [3–8]. Цель нашего исследования — определение частоты и характера АРД у МРЖ, изучение исходов гестации для матери и плода.

Проведен клинико-статистический анализ родов у 60 МРЖ с АРД. Все беременные подвергнуты обследованию в соответствии с отраслевыми стандартами в акушерстве и неонатологии, включая дополнительные методы исследования: ведение партограммы в родах, наружная гистерография, кардиотокография.

Проводился сравнительный анализ выбора тактики ведения родов и коррекции при аномалиях родовой деятельности у многорожавших женщин.

Результаты исследования и их обсуждение

Средний возраст у обследованных женщин составил от 30 лет и старше (от 20 до 45 лет). Средний возраст менархе у МРЖ составил $12,4 \pm 1,3$ года. Нарушения менструальной функции в ювенильном и репродуктивном периодах наблюдались у 3 пациенток из группы. Средний возраст вступления в брак составил $19,9 \pm 2,8$ года. В процессе исследования установлено, что 74% МРЖ — сельские жительницы с низким уровнем жизни. При оценке качества жизни учитывался средний доход на одного человека в семье, условия быта, взаимоотношения в семье. Следует отметить, что женщины, проживающие в труднодоступных местах (высокогорных аулах), своевременно не получали квалифицированную медицинскую помощь, в частности из-за того, что не всегда соблюдался принцип этапности оказания акушерской помощи. Это объясняет позднее поступление беременных в стационар и тяжесть их состояния.

Максимальное число родов в группе составило — 10, беременностей — 15. Интервал между родами составил в среднем $1,9 \pm 0,12$ года — данный показатель указывает на короткий интергенетический интервал, что крайне неблагоприятно влияет на течение беременности и родов у многорожавших женщин. По поводу гинекологической патологии (вульвовагиниты, воспалительные заболевания матки и придатков, патология шейки матки, функциональные кисты яичников) лечились 16 пациенток из 60 МРЖ, несмотря на то, что воспалительные заболевания матки и придатков отмечались у большинства женщин, что показывает неорганизованность гинекологической помощи в амбулаторно-поликлинических учреждениях. Оперативное лечение произведено 4 (15%) пациенткам. Показанием к оперативному вмешательству явились кисты яичников, старый разрыв промежности.

Количество беременностей составило 270, число родов 205 из них от 3 до 5 родов в анамнезе составило 32 (64,7%), от 6 до 8 родов — 14 (28,3%), более 9 родов — 4 (8,2%). Наиболее частым осложнением акушерского анамнеза у обследованных женщин явились: угроза прерывания беременности — 22,6, невынашивание беременности — 16,7%. Количество искусственных абортов — 19, акушерские кровотечения — 6,9, аномалии родовой деятельности — 10%. Особое внимание заслуживает состояние МРЖ при наступлении беременности, в частности, наличие патологических процессов, в основе которых лежат сосудисто-гипоксические, токсико-иммунологические и метаболические нарушения [9].

Среди осложнений беременности упорно лидирует гестоз — 58, нефропатия 1–2 легкой и средней тяжести — 32, нефропатия тяжелой степени — 24, преэклампсия — 2%. Довольно высокая частота гестоза у многорожавших

женщин обусловлена часто встречающейся у них соматической патологией, снижением адаптационных возможностей организма после неоднократных родов, способствует возникновению целого ряда осложнений [9]. Частота угрозы прерывания беременности — 19 (38%). При распределении МРЖ по сроку беременности при родоразрешении выявлено, что роды при сроке 38–40 нед. наступили у 32 (64%), 41–42 нед. — 7 (14%) пациенток; преждевременные роды в сроке 25–32 нед. — 3 (6%), 33–37 нед. — 8 (16%) обследованных МРЖ. Роды через естественные родовые пути произошли у 38 (76%), индуцированные роды отмечены у 34 (68%) рожениц. Показанием к индукции родов явились первичная и вторичная слабость родовой деятельности, преждевременное излитие околоплодных вод при незрелой шейке матки.

Родовозбуждение во всех случаях проводилось внутривенным капельным введением окситоцина и простагландинов. В результате исследования оперативное родоразрешение отмечено у 12 (24%) МРЖ. Показаниями к операции кесарева сечения были: неэффективность консервативной коррекции аномалий родовой деятельности у 9 (23,3%) пациенток, острая внутриутробная гипоксия плода — 4 (6,6%), ПОНРП — 3 (3,3%). Извлечение плода путем вакуум-экстракции произведено у 1 роженицы по показаниям — упорная слабость потуг, неподдающаяся консервативной коррекции.

Сравнительное изучение частоты аномалий родовой деятельности у МРЖ указывает на преобладание дисфункции сократительной деятельности матки по гипотоническому типу — первичная, вторичная слабость родовой сил и слабость потуг. Чаще всего к причинам данной патологии относятся: частые роды, короткий интергенетический интервал, истощение энергетических ресурсов матки в родах, снижение эстрогенной насыщенности организма, ожирение и слабость брюшного пресса [1, 8, 9].

Аномалиям родовой деятельности обычно предшествуют преждевременное излитие околоплодных вод у 7 (14%) пациенток, раннее излитие околоплодных вод — 9 (18%), ПОНРП составила 2% случаев, послеродовые кровотечения — у 13 (21,1%), ручное обследование полости матки — 16 (26,6%) случая. Наши исследования подтверждают, что акушерские кровотечения являются одним из наиболее частых осложнений послеродового и послеродового периода у МРЖ. Среди причин акушерских кровотечений одно из ведущих мест принадлежит аномалиям родовой деятельности матки.

Всего живых детей родилось — 57, средняя масса новорожденных варьировала от 1,3 до 4,7 кг; 39 детей родились доношенными, 10 — недоношенными. При оценке состояния новорожденных по шкале Апгар выявлено, что в 5–6 баллов оценены 14 новорожденных (28%), 3–4

балла — один (2%). Структура выявленной заболеваемости у новорожденных: гипоксия — 75%; асфиксия — 66,6; респираторный дистресс-синдром — 10,9; поражение ЦНС — 6,5; внутричерепное кровоизлияние — 2,1; родовая травма — 2,1; гипотрофия — 26,5; аспирационный синдром — 14 (28%).

Интранатальная гибель плода возникла в 3 (5%) случаях. Причиной гибели оказалось внутрижелудочковое кровоизлияние. Необходимо подчеркнуть, что АРД неизменно сопровождается нарушением маточно-плацентарного и плодово-плацентарного кровотока. В свою очередь это вызывает снижение тонуса, изменение двигательной активности, гипоксию и асфиксию плода, что и характеризует высокий показатель данных осложнений в наших исследованиях.

Таким образом, сравнительное изучение частоты аномалий родовой деятельности у многорожавших женщин указывает на преобладание дисфункции сократительной деятельности матки по гипотоническому типу — первичная слабость родовой деятельности, вторичная слабость родовых сил и слабость потуг. Причины АРД у МРЖ заключаются в частых родах, коротких интергенетических интервалах, слабости брюшного пресса, ожирении и истощении энергетических ресурсов матки в родах, снижении эстрогенной насыщенности организма. Низкие показатели эффективности коррекции АРД и высокая частота оперативного родоразрешения убеждает в необходимости внедрения в акушерскую практику новых методов профилактики и лечения аномалий родовой деятельности у многорожавших женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асатова М.М., Гафарова Д.Х. // Вестн. Рос. ассоциации акушеров-гинекологов. 1999. — № 2. — С. 85–90.
2. Сидорова И. С. Физиология и патология родовой деятельности. М., 2000.
3. Айламазян, Э.К. Демографическая ситуация и развитие перинатальной психологии в современной России / Айламазян Э.К., Добряков И.В. // Журнал акушерства и женских болезней. — 2013. — т. LXII. — № 1. — С. 10–15.
4. Бапаева, Г.Б. Проблема акушерских кровотечений у многорожавших женщин / Г.Б. Бапаева, С.Н. Кулбаева, З.А. Керимбаева // ДЕНСАУЛЫҚ САҚТАУДЫ ДАМУ ЖУРНАЛЫ. — 2012. — № 3 (64). — С. 100–105.
5. Бегова, С.В. К вопросу эффективности и обоснованности профилактики тромботических осложнений у многорожавших женщин в Республике Дагестан / С.В. Бегова, Б.А. Бегов // В сборнике: Репродуктивная 131 медицина: новые тенденции и неразрешенные вопросы Материалы Всероссийской научной Интернет-конференции с международным участием. Сервис виртуальных конференций Рах Grid; составитель Д.Н. Синяев. — 2014. — С. 13–16.
6. Вильчук, К.У. Современные организационные и неонатальные технологии в РНПЦ «Мать и дитя» / К.У. Вильчук, Т.В. Гнедко // Охрана материнства и детства. — 2012. — № 19. — Т. 1. — С. 23–28.
7. Гинекология. Национальное руководство. Краткое издание / под ред. Г.М. Савельевой, Г.Т. Сухих, И.Б. Манухина. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. — 704 с
8. Клинические рекомендации. Акушерство и гинекология. — 4 е изд., перераб. и доп. / под ред. В.Н. Серова, Г.Т. Сухих. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 1024 с.
9. Костин, И.Н. Стратегия перинатального риска — арифметика, спасающая жизнь / И.Н. Костин // Медицинские аспекты здоровья женщины. — 2012. — № 4. — С. 5–16.

© Алигаджиев Магомед Алигаджиевич (jnus@mail.ru), Раджабова Шарипат Шамильвна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИАБЕТИЧЕСКАЯ ЭМБРИОПАТИЯ НОВОРОЖДЕННЫХ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ЭТИОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЕЗ, КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА, ДИАГНОСТИКА, ЛЕЧЕНИЕ, ПРОФИЛАКТИКА

DIABETIC EMBRYOPATHY OF NEWBORNS: DEFINITION, ETIOLOGY, PATHOGENESIS, CLINICAL PICTURE, DIAGNOSIS, TREATMENT, PREVENTION

**L. Bogatyreva
M. Albakova
Kh. Albakova**

Summary. The article is devoted to the problem of diabetic embryopathy of newborns. Diabetes mellitus in pregnant women is a risk factor for various complications of pregnancy and childbirth. The clinical manifestations of diabetic embryopathy, the causes of which are fetal hyperinsulinemia in response to maternal hyperglycemia, placental changes and metabolic disorders in the fetus, are described. The algorithm of complex diagnostics of newborns, and also a complex of the treatment and preventive actions providing the favorable forecast of a course of diabetic embryopathy of newborns is shown.

Keywords: gestational diabetes mellitus, diabetic embryopathy, diabetic fetopathy.

Богатырева Лидия Николаевна

К.м.н., гинеколог, Ингушский государственный университет

Албакова Мадина Хасолтановна

К.м.н., доцент, педиатр, Ингушский государственный университет

Албакова Хадижет Асхабовна

*Старший преподаватель, педиатр, Ингушский государственный университет
Khadizhet.albakova@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена проблеме диабетической эмбриопатии новорожденных. Сахарный диабет у беременных женщин является фактором риска различных осложнений беременности и родов. Описаны клинические проявления диабетической эмбриопатии, причинами которой является гиперинсулинемия плода в ответ на материнскую гипергликемию, изменения плаценты и нарушения обмена веществ у плода. Показан алгоритм комплексной диагностики новорожденных от матерей с сахарным диабетом, а также комплекс лечебно-профилактических мероприятий, обеспечивающих благоприятный прогноз течения диабетической эмбриопатии новорожденных.

Ключевые слова: гестационный сахарный диабет, диабетическая эмбриопатия, диабетическая фетопатия.

Актуальность проблемы диабетической эмбриопатии новорожденных обусловлена широкой распространенностью среди женщин репродуктивного возраста сахарного диабета, который является социально значимым, мультифакторным заболеванием с генетической предрасположенностью. Диабет не является противопоказанием для беременности, но негативно влияет на вынашивание и развитие потомства, то есть является заболеванием, которое характеризуется репродуктивной токсичностью. Одним из наиболее распространенных нарушений углеводного обмена, встречающегося во время беременности, является гестационный сахарный диабет (ГСД), который отмечается у 4% беременных женщин. Распространенность ГСД наблюдается в 100 раз чаще, чем беременность на фоне сахарного диабета 1 или 2 типа [7].

У женщин с сахарным диабетом возможны следующие осложнения беременности и родов: декомпенсация сахарного диабета с чередованием гипогликемических состояний и кетоацидоза; ухудшение течения нефропа-

тии, ретинопатии и других осложнений сахарного диабета; самопроизвольные аборты, особенно на ранних сроках, которые наблюдаются у беременных в 30% случаев, что в 4 раза чаще, чем в общей популяции; тяжелые гестозы, которые отмечаются в половине случаев, в отличие от общей популяции, в которой имеет место 3% — 5% случаев; артериальная гипертензия, индуцированная беременностью; многоводие; фетоплацентарная недостаточность и хроническая внутриутробная гипоксия плода; почечные инфекции и вульвовагиниты на фоне снижения неспецифической резистентности организма; риск во время родов в связи с крупным плодом; повышенный риск оперативных вмешательств (кесарево сечение), операционные и послеоперационные осложнения; высокий риск преждевременных родов, который отмечаются в 24% наблюдений по сравнению с 6% в общей популяции; пороки развития плода и мертворождаемость, наблюдаемых в 10–12% случаев [3].

Диабетическая эмбриопатия определяется как клиничко-лабораторный комплекс, развивающийся у де-

тей от матерей, страдающим сахарным диабетом (СД), который включает характерный симптомокомплекс внешнего вида и пороки развития. Диабетическая фетопатия — общее название болезней плода от матерей, страдающих СД, возникающих после 12 недели внутриутробной жизни и до начала родов, которая не сопровождается пороками развития. Симптомокомплекс «диабетическая фетопатия» новорожденных от матерей с сахарным диабетом 1 типа (СД1) выявляется у 75%, а при гестационном сахарном диабете (ГСД) — у 25% обследованных. Частота детей с врожденными пороками составляет 6–8%, что в 2–3 раза выше по сравнению с женщинами без диабета, а около 2% новорожденных имеют тяжелые пороки, несовместимые с жизнью [4].

Патогенез заболевания заключается в том, что гипергликемия матери приводит к гипергликемии в системе кровообращения ребенка. Глюкоза легко проникает через плаценту и непрерывно переходит к плоду из крови матери. Происходит также активный транспорт аминокислот и перенос кетоновых тел к плоду. В отличие от этого инсулин, глюкагон и свободные жирные кислоты матери в кровь плода не попадают. В 9–12 недель, когда поджелудочная железа плода еще не вырабатывает собственный инсулин, у плода при постоянной гипергликемии матери формируются преимущественно пороки сердца, позвоночника, спинного мозга и ЖКТ беременности. С 12-й недели внутриутробного развития поджелудочная железа плода начинает синтезировать инсулин и в ответ на гипергликемию развивается реактивная гипертрофия и гиперплазия β -клеток фетальной поджелудочной железы. Вследствие гиперинсулинемии развивается макросомия плода, а также угнетение синтеза лецитина, что объясняет высокую частоту развития респираторного дистресс-синдрома у новорожденных. Кроме того, в патогенезе макросомии имеет значение избыточное поступление глюкозы и аминокислот через плаценту, а также гиперкортицизм. Лабильность уровня глюкозы в крови матери стимулирует активность системы гипофиз — кора надпочечников плода. В результате гиперплазии β -клеток и гиперинсулинемии появляется склонность к тяжелым и длительным гипогликемиям у новорожденных. При отделении плаценты резко прекращается поступление глюкозы к плоду, а гиперинсулинемия при этом не снижается, вследствие чего в течение первых часов после рождения развивается гипогликемия [3].

Диабетическая фетопатия характеризуется сочетанием усиленного роста массы тела и некоторых органов плода с замедленным развитием функциональных систем. К наиболее частым признакам ДФ относятся пастозность мягких тканей, гепатомегалия, лунообразное лицо, короткая шея, избыточная масса тела, короткие конечности, гипертрихоз, одутловатость лица.

Гипертрофия одних органов (сердце, надпочечники, печень, почки) может сочетаться с уменьшением массы других — головного мозга и тимуса [5]. Для таких новорожденных характерны макросомия и родовая травма, недоношенность, асфиксия, респираторный дистресс-синдром (РДС) и синдром транзиторного тахипноэ, кардиомегалия и кардиопатия, полицитемия, стойкая гипогликемия, гипокалиемия, гипербилирубинемия, врожденные пороки. Причиной этих изменений является гиперинсулинемия плода в ответ на материнскую гипергликемию, изменения плаценты и нарушения обмена веществ у плода. При обследовании отмечаются неврологические нарушения: сниженный мышечный тонус и угнетение физиологических рефлексов, сменяющиеся синдромом гипервозбудимости (беспокойство, тремор конечностей, «оживление» рефлексов, расстройство сна, срыгивания, вздутие живота) [4].

Одно из проявлений диабетической фетопатии является висцеромегалия, вероятность развития которой, по мнению одних авторов, зависит от степени компенсации диабета, по мнению других — ни тип, ни тяжесть течения СД непосредственно не влияют на возникновение кардиомиопатии плода. Согласно данным И.И. Евсюковой, Н.Г. Кошелевой, у новорожденных от матерей с ГСД поражение миокарда встречается реже, так как развивается не ранее 38 недель, а при СД I типа — изменения зафиксированы уже в 33 недели [1].

Среди функциональных расстройств новорожденных с диабетической фетопатией ведущее место занимают неврологические нарушения. Во-первых, это связано с уменьшением массы мозга новорожденных с диабетической фетопатией по отношению антропометрической и гестационной нормы. Во-вторых, превышающая в 2,5–3,0 раза частота гипоксии плода в родах способствует формированию гипоксически-ишемической энцефалопатии. Согласно данным, в 20% — 58% случаев неврологические нарушения сохраняются и на первом году жизни и далее: нарушение общей и тонкой моторики, речевые дисфункции, гипо- или гиперактивность [2].

Развитие диабетической фетопатии или эмбриофетопатии обусловлено высоким уровнем инсулина, который стимулирует анаболические механизмы в мышечной, жировой, соединительной тканях и определяет ускоренный рост плода [8]. Одним из основных повреждающих механизмов ГСД, влияющих на систему мать-плацента-плод, является окислительный стресс. Гипергликемия вызывает образование конечных продуктов гликирования белков (КПГ), которые накапливаются в тканях и приводят к активации окислительного стресса [5]. На фоне СД возможно развитие тяжелой гипоксии и ацидоза плода, вследствие гипергликемии и фетоплацентарной недостаточности, являющихся причиной высокой пери-

натальной смертности, низкой оценки по шкале Апгар, нарушений функции центральной нервной системы в будущем, в том числе задержку интеллектуального и психомоторного развития, замедление становления рефлексов, гипертензионный синдром [6].

Благоприятный прогноз лечения заболевания связан с комплексной диагностикой новорожденного, включающей: данные анамнеза, физикальные данные; оценка по шкале Апгар; выявление признаков диабетической фетопатии; выявление видимых врожденных пороков развития; оценку тяжести дыхательных расстройств по шкале Даунса, у недоношенных — по шкале Сильверман; мониторинг частоты дыхания, АД, пульсоксиметрия, термометрия; контроль гликемии 1-й раз сразу после рождения, затем через 2–3 часа после рождения и перед кормлениями, дополнительно при появлении любого симптома, указывающего на возможность развития гипогликемии; биохимический и клинический анализ крови; контроль билирубина при появлении желтухи; бактериологическое исследование, по показаниям — вирусологическое исследование; УЗИ головного мозга и ЭХО-КГ в первые 3 дня после рождения; ЭКГ; рентгенограмма легких при развитии дыхательных нарушений; УЗИ органов брюшной полости и почек.

При развитии гипогликемии у новорожденного вводят 10% раствор глюкозы внутривенно струйно в дозе 2 мл/кг. В дальнейшем переходят на капельное введение

10% раствора глюкозы из расчета 0,1 мл/кг в минуту (точный объем не более 80 мл/кг). Более концентрированные растворы глюкозы вводить не рекомендуется, так как это вызывает дальнейшее повышение уровня инсулина и провоцирует развитие вторичной гипогликемии. Сахар в крови определяют каждые 1–2 часа до повышения его до 2,2 ммоль/л. При достижении этого уровня внутривенное введение глюкозы снижают по интенсивности, сочетая его с пероральным назначением глюкозы. Сахар в крови контролируют каждые 4–6 часов [3].

Профилактика диабетической эмбриопатии новорожденных включает: полную компенсацию сахарного диабета до наступления и во время беременности; санацию хронических очагов инфекции у матерей; терапию, направленную на улучшение структурно-функционального состояния плаценты и маточно-плацентарного кровообращения, стимуляцию созревания легочного сурфактанта у плода; поддержание нормогликемии у матери в родах [3].

Таким образом, повышение эффективности контроля уровня гликемии у матери, введение более строгих критериев компенсации СД, тщательное дородовое наблюдение и оптимизация неонатального ухода, проведение комплексной диагностики новорожденного и своевременных лечебно-профилактических мероприятий обеспечивает благоприятный прогноз течения диабетической эмбриопатии новорожденных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евсюкова И. И. Сахарный диабет: Беременные и новорожденные / И. И. Евсюкова, Н. Г. Кошелева. — СПб.: Спец. лит., 1996. — 268 с.
2. Килина А. В. Здоровье детей раннего возраста у матерей с гестационным сахарным диабетом: автореферат дис. ... кандидата медицинских наук: 14.00.09. — Ижевск, 2007. — 25 с.
3. Коваленко Т. В. Диабетическая фетопатия / Практическая медицина. — 2008. — № 3 (27). — С. 48–50.
4. Неонатология: национальное руководство / Под ред. Н. Н. Володина. — Из-во: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 848 с.
5. Федорова М. В. Сахарный диабет, беременность и диабетическая фетопатия / М. В. Федорова, В. И. Краснополяский, В. А. Петрухин. — М.: «Медицина», 2001. — 292 с.
6. Эсмурзиева З. И. Состояние здоровья детей от матерей, больных сахарным диабетом / З. И. Эсмурзиева, Л. Г. Кузьменко // The journal of scientific articles «Health and education millennium». — 2014. — Т. 16. — № 1. — Р. 1–8.
7. American Diabetes Association: Gestational of Diabetes Mellitus // Diabetes Care. — 2000. — Vol. 23. — Suppl. 1. — P. 77–79.
8. Westgate J. A. Hyperinsulinemia in cord blood in mothers with type 2 diabetes and gestational diabetes mellitus in New Zealand / J. A. Westgate, R. S. Lindsay, J. Beattie, N. S. Patti-son, G. Gamble, L. F. Mildenhall, B. H. Breier, F. D. Johnstone // Diabetes Care. — 2006. — Vol. 29 (6). — P. 1345–1350.

© Богатырева Лидия Николаевна, Албакова Мадина Хасолтановна, Албакова Хадижет Асхабовна (Khadizhet.albakova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ АТИПИЧНОГО ОДОНТОГЕННОГО СЕПСИСА

CLINICAL CASE ATYPICAL ODONTOGENIC SEPSIS

**A. Gromov
S. Ivanov
D. Tishkov
A. Shchenin**

Summary. The article presents a rare clinical case of odontogenic sepsis, which is not associated with a common lesion of the maxillofacial tissues. The patient showed signs of generalized infectious process of bacterial etiology with elements of septic shock on the background of exacerbation of chronic periodontitis of tooth 3.6 without signs of phlegmon. Complex treatment was carried out, the outcome of the disease is favorable. The prevalence of this form of odontogenic infection is 0.006% or less of the total number of patients with inflammatory diseases of the maxillofacial region.

Keywords: infection, purulent process, maxillofacial area, sepsis, diagnostic criteria, odontogenic abscess, periodontitis, septic shock.

Громов Александр Леонидович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Иванов Сергей Викторович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Тишков Денис Сергеевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Щенин Андрей Валентинович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
schenin-92@mail.ru

Аннотация. В статье представлен редкий клинический случай развития одонтогенного сепсиса, не связанного с распространенным поражением тканей челюстно-лицевой области. У пациента обнаружены признаки генерализованного инфекционного процесса бактериальной этиологии с элементами септического шока на фоне обострения хронического периодонтита зуба 3.6 без признаков флегмоны. Проведено комплексное лечение, исход заболевания благоприятный. Распространенность данной формы одонтогенной инфекции составляет 0,006% или менее от общего количества больных с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области.

Ключевые слова: инфекция, гнойный процесс, челюстно-лицевая область, сепсис, критерии диагностики, одонтогенный абсцесс, периодонтит, септический шок.

Введение

Существует большое количество определений понятия «сепсис», несущих различную смысловую нагрузку [1]. В частности, обозначено общепринятое определение сепсиса как патологического процесса, в основе которого лежит реакция организма в виде генерализованного (системного) воспаления на инфекцию различной природы (бактериальную, вирусную, грибковую) [2]. Данные рекомендации и ассоциируемые с ним критерии в России приняты на Калужской согласительной конференции (июнь 2004г) [3].

В свете современных рекомендаций, по результатам «Третьего международного консенсуса по определению сепсиса и септического шока» (2014–2015 гг.), сепсис — это подозреваемая или документированная инфекция в сочетании с остро возникшей органной дисфункцией,

о развитии которой заключают по увеличению индекса шкалы SOFA на 2 балла и более [4].

Следовательно, понятие «сепсис» в настоящее время тождественно понятию органной дисфункции, развивающейся в определенных условиях.

В доступной литературе обнаружены единичные публикации, посвященные критериям одонтогенного сепсиса. Диагноз генерализованной формы одонтогенного воспаления может быть установлен как по результатам анализа большого количества клинических признаков (жалобы, показатели гемодинамики, метаболизма, локальных данных, иммунитета) [5,6,7,8], так и с использованием критериев синдрома системной воспалительной реакции [9,10,11], интегральных шкал, определяющих степень органной недостаточности [12,13].

Так же в доступных публикациях, посвященных воспалительным заболеваниям челюстно-лицевой области, одонтогенный сепсис ассоциируется с наличием большого массива анаэробного гнилостно-некротического поражения тканей, то есть с флегмоной, распространяющейся на 3–4 и более клетчаточных пространств лица и шеи [12,13,14].

Однако нельзя исключить развитие генерализованного одонтогенного воспалительного процесса и при отсутствии массивного поражения тканей челюстно-лицевой области и шеи, учитывая, что сепсис — это результат взаимодействия инфекционного агента и восприимчивого к нему макроорганизма, причем сепсис является синдромом, формирующимся под влиянием факторов, присущих «хозяину»: возраст, сопутствующая патология, окружающая среда [15].

По результатам анализа литературных источников, клинических примеров одонтогенного сепсиса, развивающегося без массивного поражения тканей, обнаружено не было.

В свете вышесказанного, представляет определенный интерес клинический пример одонтогенного сепсиса, сопровождающегося органной недостаточностью, диагностированного у пациента с обострением хронического периодонтита зуба верхней челюсти без какого-либо вовлечения окружающих тканей, периоста, клетчатки, гайморовой пазухи и других анатомических структур.

Материалы и методы. Выполнен ретроспективный анализ историй болезни 480 пациентов с одонтогенными воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи (мужчин — 293 (61%); женщин — 187 (39,0%)) по материалам Курской областной клинической больницы, 2012–2015 гг., а так же 15489 пациентов с гнойно-воспалительными процессами челюстно-лицевой области и шеи с 2000 по 2010 гг. (всего 15969 больных за 15 лет). Оценивалось наличие синдрома системной воспалительной реакции, критерии органной дисфункции при сепсисе, содержание прокальцитонина. Прокальцитонин плазмы определяется полуколичественным методом с помощью иммунохроматографического экспресс-теста (B.R.A.H.M.S., Германия). Результат исследования трактуется следующим образом: менее 0,5 нг/мл — отсутствие системного воспаления; 0,5–2 нг/мл — вероятность синдрома системного воспалительного ответа; 2–10 нг/мл — сепсис, тяжелые бактериальные инфекции; более 10 нг/мл — сепсис, полиорганная недостаточность.

Выполнен поиск клинического случая одонтогенного сепсиса, не связанного с развитием флегмоны челюстно-лицевой области.

Методы, используемые в данном исследовании, одобрены комитетом по этике ФГБОУ ВО КГМУ.

Результаты исследования. Обнаружен клинический случай одонтогенного сепсиса, не связанного с флегмоной челюстно-лицевой области, представленный ниже (что составляет 0,006% проанализированных одонтогенных воспалительных осложнений).

Больной Л., 28 лет, поступил в отделение челюстно-лицевой хирургии Курской областной больницы с жалобами на общую слабость, головную боль и повышение температуры тела до 39°C.

Из анамнеза болезни следует, что около 10 часов назад отмечает появление сильных болей в области зуба 3.6, усиливающихся при надкусывании и приеме горячей пищи, после чего развилось ухудшение общего состояния и появились вышеуказанные жалобы. Больной обратился в стоматологическую поликлинику по месту жительства, где зуб 3.6 был раскрыт по поводу обострения хронического периодонтита. Так же стоматолог вызвал бригаду «скорой медицинской помощи», пациент был доставлен в приемное отделение областной больницы.

Из перенесенных заболеваний больной отмечает острые респираторные вирусные инфекции.

В приемном отделении больной осмотрен челюстно-лицевым хирургом, отоларингологом и терапевтом. Кожные покровы бледные. В легких дыхание везикулярное, хрипов нет. Частота дыхательных движений 16 в 1 мин. Артериальное давление 85/60 мм рт. ст., частота сердечных сокращений 80 в 1 мин. Живот мягкий и безболезненный, перистальтика выслушивается, отеков нет. Симптом поколачивания отрицательный с обеих сторон. Температура тела 38,6°C.

Локальный статус: небольшой отек щечной области слева. Гиперемии кожных покровов и флюктуации нет. Открывание рта свободное. Из протоков слюнных желез чистая слюна. Зуб 3.6 раскрыт, по каналам — небольшое количество гнойного отделяемого, гиперемия слизистой по переходной складке, флюктуация отсутствует. Слизистая оболочка гортаноглотки, видимых отделов гортани бледно-розового цвета.

Дополнительное обследование в виде рентгенографии органов грудной клетки, придаточных пазух носа патологии не выявило. На рентгенограмме нижней челюсти — расширение периодонтальной щели, гранулема в области зуба 3.6.

Заключение отоларинголога: без патологии ЛОР-органов. Для исключения острой респираторной вирусной инфекции вызван инфекционист.

При ультразвуковом исследовании брюшной полости, органов забрюшинного пространства, камер сердца патологии не обнаружено. Фракция выброса 67%. Давление в легочной артерии 12,1 мм рт. ст. В общем анализе крови — выраженный лейкоцитоз $30 \cdot 10^9/\text{л}$ со сдвигом лейкоцитарной формулы влево до 27% палочкоядерных лейкоцитов. Гиперлактатемия 3,3 ммоль/л. В остальном показатели клеточного состава крови, биохимические показатели крови — в пределах физиологических значений.

Пациент осмотрен инфекционистом. Данных за острую респираторную вирусную инфекцию или вирусное поражение иной локализации не получено.

Выполнен тест на прокальцитонин плазмы. Результат содержания прокальцитонина у пациента Л.: ≥ 10 нг/мл, то есть определяется системный воспалительный процесс, сепсис.

Установлен диагноз: обострение хронического периодонтита зуба 3.6. Сепсис (септический шок), органная недостаточность.

С учетом полученной информации пациент был госпитализирован в отделение реанимации и интенсивной терапии. Выполнялась инфузия кристаллоидных растворов, антибиотикотерапия препаратами широкого спектра действия (цефалоспорины III поколения), аминогликозиды, метрогил, гепаринотерапия, симптоматическое лечение, а так же вазопрессорная поддержка в связи с прогрессирующей артериальной гипотензией (дофамин).

Бактериологический посев крови трехкратно роста микрофлоры не выявил.

Общая длительность пребывания в ОРИТ — 2 суток. В последующем больной переведен в профильное отделение с положительной динамикой. Общий срок госпитализации — 9 койко-дней. Больной выписан в удовлетворительном состоянии под наблюдение хирурга-стоматолога и терапевта в поликлинике по месту жительства.

Результаты исследования и их обсуждение. Таким образом, у пациента обнаружены признаки генерализованного инфекционного процесса бактериальной этиологии: очаг одонтогенной инфекции в стадии обострения, синдром системного воспаления, фебрильная лихорадка, выраженный лейкоцитоз со сдвигом лейкоцитарной формулы влево, артериальная гипотензия, высокие значения прокальцитонина плазмы, гиперлактатемия, что подтверждает установленный диагноз. Клинико-лабораторное обследование выполнялось с учетом возможностей лечебно-профилактического учреждения областного уровня. Результат лечения приемлемый.

ВЫВОДЫ

1. Развитие одонтогенного сепсиса, не связанного с наличием флегмоны или абсцесса челюстно-лицевой области, является возможным.

2. Распространенность данной формы одонтогенной инфекции составляет 0,006% или менее от общего количества больных с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области (с учетом уникальности случая).

3. Диагностика и лечение одонтогенного сепсиса должны осуществляться с использованием современных методов, учитывающих особенности этиологии и патогенеза генерализованной бактериальной инфекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазаренко В.А., Кононенко К.В., Бондарев Г.А., Бобровская Е.А. и соавт. Сепсис (современный взгляд на этиологию, патогенез, клинические варианты течения и лечение). Курск: ГБОУ ВПО КГМУ; 2015, 91с.
2. Гельфанд Б.Р., Руднов В.А., Проценко Д.Н., Гельфанд Е.Б., Звягин А.А. и др. Сепсис в начале XXI века. Классификация, клинико-диагностическая концепция и лечение. Патологоанатомическая диагностика: Практическое руководство. — М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева, РАМН; 2004. 130с.
3. Савельев В.С., Гельфанд Б.Р., ред. Сепсис в начале XXI века: классификация, клинико-диагностическая концепция и лечение. Материалы Калужской со-гласительной конференции РАСХИ. М.: «Литтерра»; 2004. 128с.
4. Руднов В.А., Кулабухов В.В. Сепсис-3: обновленные ключевые положения, потенциальные проблемы и дальнейшие практические шаги. Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2016. Т. 13(4): 4–11. DOI 10.21292/2075–1230–2016–13–4–4–11
5. Харитонов Ю.М., Глухов А.А., Громов А.Л. Опыт лечения больных с тяжелыми осложнениями одонтогенной инфекции. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2011;4(4):871–875. DOI: <http://dx.doi.org/10.18499/2070–478X-2011–4–4–871–875>
6. Харитонов Ю.М., Соболева Н.А. Применение методов дискриминантного анализа для классификации форм гнойной инфекции. Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. 18(2):20–23.
7. Харитонов Ю.М., Громов А.Л. Совершенствование диагностики тяжелых осложнений острой одонтогенной инфекции. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. 15(16–1):20–23.
8. Губин М.А., Харитонов Ю.М., Елькова Н.Л., Киков Р.Н. Итоги изучения сепсиса у стоматологических больных. Прикладные информационные аспекты медицины. 2003;6(2):55–61.

9. Губин М. А., Харитонов Ю. М., Громов А. Л., Кутищев А. Ю. Систематика и классификация тяжелых гнойных осложнений у больных с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи. Российский стоматологический журнал. 2010. 5:34–36.
10. Bone R. C. Toward an Epidemiology and Natural History of SIRS. JAMA. 1992;268:3452–3455. DOI:10.1001/jama.1992.03490240060037
11. Levy M. M., Fink M. P., Marshall J. C., Abraham E., Angus D., Cook D. et al. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. Intensive Care Med. 2003;29:530–538. DOI:10.1007/s00134-003-1662-x
12. Оганесян А. А., Куликовский В. Ф. Алгоритмы диагностики анаэробной инфекции у больных с гнойными хирургическими заболеваниями лица и шеи. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. 14(10):108–111.
13. Громов А. Л., Губин М. А., Иванов С. В., Маслихова Р. И. Сравнительная характеристика диагностических возможностей критериев «Сепсис-1» и «Сепсис-3» у больных воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2017; № 3: 66–71. DOI:10.21626/vestnik/2017-3/11
14. Губин М. А., Харитонов Ю. М., Киков Р. Н., Оганесян А. А., Корчагина Е. Н. Повторные операции в гнойной хирургии лица и шеи: монография. Воронеж: «Роза ветров»; 2013. 164с.
15. Singer M., Deutschman C. S., Seymour C., Shankar-Hari M., Annane D., Bauer M. et al. The Third International Consensus definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). JAMA. 2016; 315(8): 801–810. DOI:10.1001/jama.2016.0287

© Громов Александр Леонидович (gromov.alexandr2011@yandex.ru), Иванов Сергей Викторович,
Тишков Денис Сергеевич, Щенин Андрей Валентинович (schenin-92@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Курский государственный медицинский университет

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИПОТЕНТНЫХ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РЕГЕНЕРАЦИИ СУСТАВНОГО ХРЯЦА (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

APPLICATION OF MULTIPOTENT MESENCHYMAL STEM CELLS FOR STIMULATION OF CARTILAGE REGENERATION

M. Yezhov
I. Yezhov
E. Malyshev
A. Malov
S. Gerasimov

Summary. The article describes the use of MMSC, it is shown that this technique is a promising method in the treatment of degenerative-dystrophic diseases of the joints, which makes it a rational method and conduct extensive clinical studies to improve the results of treatment of patients with articular cartilage defects, determine the best way to use MMSC cell types and clarification of indications for their use.

Keywords: cartilage, bone, regeneration, arthrosis, stem cells, orthopedics.

Ежов Михаил Юрьевич

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России
ezha2000@mail.ru*

Ежов Игорь Юрьевич

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России; ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России*

Малышев Евгений Степанович

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России*

Малов Александр Александрович

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России; ГБУЗ «Нижегородская областная клиническая больница им. Н. А. Семашко»*

Герасимов Сергей Александрович

*Врач травматолог-ортопед, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Минздрава России*

Аннотация. В статье описано применение ММСК, показано, что эта методика является перспективным методом при лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов, что позволяет считать его рациональным методом и проводить широкие клинические исследования с целью улучшения результатов лечения пациентов с дефектами суставного хряща, определения наилучшего способа применения ММСК, видов клеток и уточнения показаний к их использованию.

Ключевые слова: хрящ, кость, регенерация, артроз, стволовые клетки, ортопедия.

Введение

Основные современные способы хирургического лечения ограниченных дефектов суставного хряща это способы стимуляции пролиферации мультипотентных мезенхимальных клеток костного мозга (абразивная хондропластика, микрофрактуринг, туннелизация); хирургическая пересадка донорских или аутологичных костно-хрящевых трансплантатов (мозаичная костно-хрящевая аутопластика) и методики имплантации культур клеток, способных к хондрогенезу и его стимуляции (ММСК) [1, 3, 4].

По данным С.В.Петрова (2016) дистракция сустава приводит к стимуляции миграции стволовых клеток в зону дистрагированного сустава, создавая предпосылки для восстановления дефектов суставного хряща.

Использование мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток (ММСК) для стимуляции регенерации суставного хряща было предложено для лечения хрящевых дефектов суставов на ранних стадиях остеоартроза [2, 6, 7]. ММСК также могут оказывать иммуносупрессивное и противовоспалительное действие [8, 9]. А. I. Caplan et al. [10] отмечают, что эти клетки, полученные из пе-

риваскулярных клеток (перицитов), играют ключевую роль в ответ на повреждение тканей не столько путем дифференцировки, сколько за счет индукции процессов регенерации через секрецию биоактивных молекул [11]. ММСК представляют собой ресурс для клеточной терапии, были изучены возможности их применения при остеоартрозе [8].

Первые исследования ММСК, полученных из костного мозга, были основаны на применении клеток в виде суспензии (BMSCs) или в качестве концентрата (BMC) [8]. Кроме того, ведутся исследования по применению стволовых клеток, полученных из периферической крови (PBSC), жировой (ADSCs) и синовиальной ткани (SDSCs) [12, 13]. На доклинической стадии исследуются клетки, полученные из тканей плода [14].

Предполагается, что пуповинная кровь может содержать мультипотентные стволовые клетки, которые могут дифференцироваться в хондрогенном, остеогенном и адипогенном направлениях (14). В связи с этим использование стволовых клеток является перспективным методом восстановления дефектов суставного хряща.

Было отмечено, что хотя возможна направленная хондробластная дифференцировка клеток, полученных из жировой ткани и синовиальной оболочки, после перемещения клеток в область дефекта хряща, они теряют фенотип и способность продуцировать коллаген II типа и гиалинспецифические маркеры [15].

Стромальные клетки костного мозга имеют свойства полипотентности и под воздействием окружения зоны хрящевого дефекта могут дифференцироваться в направлении хондробластов и остеобластов [16]. Имплантация этих клеток позволяет выполнить одноэтапное замещение дефекта суставной поверхности клеточным трансплантатом [17]. Для обеспечения нужной концентрации клеток в области дефекта предложен способ хондропластики с использованием СККМ меченых наноферритиками и направленного магнитного поля [18]. Известны способы пункционного введения этих клеток после предварительной туннелизации дна дефекта, однако отрицательной стороной методики является беспорядочное распространение клеток по всех суставной полости и формирование рубцов в области введения [18]. Кроме того, при пункционном введении не удастся достичь равномерности распределения клеточной культуры в области дефекта [3].

Культивирование клеточной культуры СККМ в отличие от культивирования аутохондроцитов может быть выполнено без дополнительной травмы сустава, сами стромальные клетки костного мозга обладают более высоким регенераторным и пролиферативным потенци-

алом по сравнению с хондроцитами, что позволяет надеяться на хорошие долгосрочные результаты лечения локальных повреждений суставного хряща, восстановленных с помощью этих методик. Наилучшие результаты лечения показывает применение стволовых клеток костного мозга на твердых носителях [19].

На сегодняшний день, несмотря на многочисленные исследования, ряд вопросов по выявлению показаний и способов применения ММСК остаются нерешенными [12, 21].

BMSCs

Культивированные BMSCs и BMC различаются по составу, так как костный мозг содержит разнородные клетки крови на разных стадиях дифференцировки [5, 22]. Они включают в себя эритроциты, тромбоциты и ядро-содержащие клетки, небольшая часть которых содержит MSCs, которые могут быть выделены путем роста культуры [23, 26]. Отмечено, что BMC могут оказывать положительное влияние на регенерацию ткани [24].

Исследователями было показано, что одна внутрисуставная инъекция аутологичных культивированных BMSCs приводит к улучшению клинических показателей при остеоартрозе в ближайшие сроки [23–29]. Эти результаты были подтверждены L. Orozco et al., которые отметили клиническое улучшение состояния коленного сустава в течение первых 12 месяцев после процедуры [29].

Кроме случаев остеоартроза, однократную внутрисуставную инъекцию выполняли у пациентов после частичной резекции мениска. Было показано улучшение клинических показателей, признаки увеличения объема мениска в течение 24 месяцев по данным MPT [29]. Преимущества однократной внутрисуставной инъекции BMSCs, по сравнению с введением гиалуриновой кислоты были отмечены в исследованиях A. Vega et al. [32].

В случае применения BMSCs на фибриновом клее A.M. Naalem et al. [33], наблюдали полное заполнение дефекта суставного хряща. После имплантации культивированных BMSCs на гидроксипатитно-керамической матрице N. Adachi et al. [31] отмечали явления регенерации хрящевой и костной тканей. Клетки на коллагеновой мембране с положительными результатами в двух случаях посттравматического гонартроза использовали C. Kasemkijwattana et al. [34]. Их положительные результаты были подтверждены исследованиями R. Kuroda et al. [35], которые наблюдали формирование гиалиноподобного хряща у пациентов с посттравматическим гонартрозом при гистологической оценке через 12 месяцев. Аналогичную технологию использовали Wakitani et

al. с положительными результатами при пателлофеморальных поражениях [36].

При артрозе голеностопного сустава BMSCs на коллагеновой матрице при оценке отдаленных результатов через 2 года осложнений не наблюдали, было отмечено улучшение клинических показателей [37].

ВМС

Инъекции ВМС после артроскопического дебридмента при гонартрозе показали лучшие результаты по сравнению с результатами дебридмента без применения ВМС [38]. При костно-хрящевых повреждениях таранной кости были показаны клинические улучшения, подтвержденные МРТ, в течение 24 месяцев после имплантации ВМС с коллагеновым порошком [39]. Более низкие результаты лечения были у пациентов с длительным анамнезом заболевания. Тем не менее, было отмечено замедление дегенеративно-дистрофических явлений в голеностопном суставе в сроки наблюдений до 2 лет [40]. Другие исследователи также отмечают постепенное ухудшение состояния сустава в сроки наблюдения до 72 месяцев после имплантации ВМС [42]. Более высокие результаты наблюдали при назначении электромагнитной стимуляции после применения ВМС на коллагеновой мембране при дегенеративно-дистрофических поражениях таранной кости в сроки наблюдения до 12 месяцев [41].

Применение ВМС на коллагеновой мембране также исследовали при гонартрозе с оценкой результатов по клиническим показателям, МРТ и гистологическому исследованию [40], в том числе в случаях больших пателлофеморальных дефектов с формированием гиалинового хряща [43–45].

ADSCs (мезенхимальные стволовые клетки, полученные из жировой ткани)

Отмечено, что ADSCs имеют более низкий хондрогенный потенциал по сравнению с BMSCs [46]. Тем не менее, они могут быть получены после выполнения липосакции, что обеспечивает их доступность, в связи с чем, их клиническое применение увеличивается [12]. Предпочтение при их применении отдается методу выделения стромальной сосудистой фракции, гетерогенной популяции клеток, из преадипоцитов и иммунных клеток. В то время как применение культивированных клеток ограничено [47]. Культивируемые ADSCs применяются в различных дозах и проведенные исследования не показали возможных осложнений. Клинический анализ подтвердил улучшение через 6 месяцев после введения культивируемых ADSCs в высокой дозировке [48].

После однократной внутрисуставной инъекции клеток стромальной сосудистой фракции с гиалуроновой кислотой были получены положительные ближайшие результаты (3 месяца) с клиническим улучшением у больных с гонартрозом и с поражением иных суставов [49, 50]. Количество инъецированных клеток коррелирует с клиническими данными. При выраженных изменениях в суставе процедура показала более низкий результат. При применении подкожного жира у больных с гонартрозом у пожилых пациентов после артроскопии и инъекции PRP клеток стромальной сосудистой фракции [51] клиническое улучшение было получено в сроки наблюдения до 24 месяцев. Кроме того, инъекции клеток стромальной сосудистой фракции значительно улучшили результаты лечения после выполнения высокой остеотомии большеберцовой кости варусной деформации коленного сустава [52].

Были отмечены худшие результаты при однократном введении клеток стромальной сосудистой фракции у пациентов, страдающих ожирением, с выраженными дегенеративно-дистрофическими явлениями в сроки наблюдения от 3 до 12 месяцев [53].

Инъекции клеток стромальной сосудистой фракции после стимуляции мозга при артрозе голеностопного сустава и асептическом некрозе таранной кости [54] обеспечивают хорошие клинические результаты по сравнению хирургическим лечением без применения ADSCs. Результаты были достоверно выше у молодых пациентов с меньшей выраженностью дегенеративно-дистрофических явлений.

Значительное клиническое улучшение в сроки до 2 лет после свободной имплантации клеток стромальной сосудистой фракции при очаговых хрящевых дефектах коленного сустава наблюдали Y. G. Koh et al. [55]. Применение фибринового клея позволило повысить качество формируемой ткани и результаты лечения [56]. Хорошие и отличные результаты были отмечены у 75% пациентов в сроки наблюдения до 2 лет [57]. К снижению эффективности процедуры приводили значительный размер дефекта, повышенный индекс массы тела и пожилой возраст.

Хирургическая имплантация по сравнению с инъекционной техникой показало лучшие результаты при обследовании через 12 месяцев после лечения [58].

PBSC (стволовые клетки, полученные из периферической крови)

Аутологичные PBSC, полученные за счет роста культуры из венозной крови, были использованы при гонартрозе в сочетании с субхондральной туннелизацией

в виде послеоперационных внутрисуставных инъекций с гиалуроновой кислотой. При этом отмечали положительные результаты по данным гистологического исследования. Осложнений не наблюдали.

При хирургической имплантации PBSC [51] на коллагеновой мембране хорошие результаты лечения отмечены в сроки наблюдения до 6 лет. В сроки до 7,5 лет получены положительные результаты при дефектах суставного хряща латерального мыщелка бедренной кости после артроскопической обработки надколенника с применением PBSC покрытых надкостницей [52].

SDSCs

(мезенхимальные стволовые клетки, полученные из синовиальной ткани)

Перспективным источником стволовых клеток для стимуляции регенерации хрящевой ткани являются SDSCs, в связи с максимальной хондрогенной активностью и низким остеогенным потенциалом [40]. Свободная имплантация SDSCs в изолированные дефекты хряща коленного сустава приводит к формированию гиалинового хряща, что подтверждено гистологическим исследованием [53].

Было отмечено, что при дегенеративно-дистрофических поражениях коленного сустава лучшие результаты получены с применением PBSC по сравнению с BMC на коллагеновой мембране в сроки наблюдения до 5 лет [54]

Заключение

Применение ММСК для лечения повреждений суставного хряща значительно увеличилось в последние годы. Для лечения поражений суставного хряща используются различные источники стволовых клеток. Наибольшее количество исследований сосредоточено на лечении коленного и голеностопного сустава. Чаще всего используются клетки, полученные из костного мозга и жировой ткани. ММСК применяются либо после роста культуры либо концентрации клеток. Клетки, полученные из костного мозга, применяются после роста или концентрации, в то время как PBSC и SDSCs применяются только за счет роста *in vitro* из-за их низкого количества. Введение ММСК осуществляется либо хирургическим путем, либо путем внутрисуставных инъекций. Несмотря

на многочисленные исследования, многие вопросы применения ММСК для лечения дефектов хряща остаются нерешенными.

Выводы

На сегодняшний день нет доказательств того, что применение ММСК совместно с добавлением тромбоцитарного фактора роста повышает эффективность проводимого лечения. В связи с чем представляется перспективным подобное исследование для выяснения роли PRP в регенерации хрящевой ткани [13]. Эффективность использования MSCs в клинических условиях была подтверждена клинически и по данным МРТ. Однако гистологическое исследование дает противоречивые результаты. Тем не менее, осложнений при их применении отмечено не было [13].

Культивируемые клетки преимущественно применяются в виде внутрисуставных инъекций. Для клеточных концентратов предпочтение отдается хирургической имплантации. Противоречивые доклинические и клинические данные, а также законодательные, этические и экономические факторы [8] не позволяют доказать преимущество того или иного метода. При применении BMC и клеток стромальной сосудистой фракции методом хирургической имплантации показано, что использование матриц повышает результаты лечения [7, 43, 56].

Оптимальная доза клеток для введения также не определена, исследования дают противоречивые результаты [30, 48].

Не определены наилучшие источники клеток для лечения хрящевых дефектов. Представляется актуальным проведение исследований при лечении мелких суставов, в связи с тем, что большинство исследований сосредоточено на лечении крупных суставов.

Таким образом, применение ММСК является перспективным методом при дегенеративно-дистрофических заболеваниях суставов, что позволяет считать его рациональным методом и проводить широкие клинические исследования с целью улучшения результатов лечения пациентов с дефектами суставного хряща, определения наилучшего способа применения ММСК, видов клеток и уточнения показаний к их использованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брянская А. И. Сравнительная оценка хирургических методов лечения пациентов с локальными глубокими дефектами суставной поверхности мыщелков бедренной кости. — автореф. ... к.м.н. С.-Пб., 2011.
2. Куляба Т. А., Корнилов Н. Н., Тихилов Р. М., Брянская А. И., Горностаев В. С., Деев Р. В. Лечение дефектов хряща коленного сустава с использованием стволовых клеток и мембраны Chondro-Gide // Сборник тезисов VIII конгресса РАО. — 2009. — С. 61.

3. Тихилов Р. М., Брянская А. И., Куляба Т. А., Корнилов Н. Н., Горностаев В. С. Хирургические способы лечения локальных полнослойных дефектов хряща мыщелков бедренной кости // Материалы съезда травматологов и ортопедов РФ. — Саратов. — 2010. — Т. II, С. 537–538.
4. Миронов, С. П. Использование аутологичных хондроцитов для восстановления поврежденного суставного хряща / С. П. Миронов и др. // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2008. — № 4. -С. 84–91.
5. Омеляненко, И. П. Соединительная ткань (гистофизиология и биохимия) / И. П. Омеляненко, Л. И. Слуцкий. М., 2011 — Т. II. — 380 с.
6. Kulyaba T. A., Kornilov N. N., Deev R. V., Gornostaev V. S., Branskaya A. I., Borzo I. J., Cupcina N. V., Pinaev G. P. The characteristic of mesenchymal stromal cells culture derived from knee fat pad // Osteoarthritis and Cartilage. — Vol. 17 — Suppl.1, 2009 — P. 265.
7. Kon E, Filardo G, Roffi A, Andriolo L, Marcacci M. New trends for knee cartilage regeneration: from cell-free scaffolds to mesenchymal stem cells. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2012;5:236–43.
8. Filardo G, Madry H, Jelic M, Roffi A, Cucchiari M, Kon E. Mesenchymal stem cells for the treatment of cartilage lesions: from preclinical findings to clinical application in orthopaedics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21:1717–29.
9. Manfredini C, Maumus M, Gabusi E, Piacentini A, Filardo G, Peyrafitte JA, Jorgensen C, Bourin P, Fleury-Cappellesso S, Facchini A, et al. Adipose-derived mesenchymal stem cells exert antiinflammatory effects on chondrocytes and synoviocytes from osteoarthritis patients through prostaglandin E2. *Arthritis Rheum.* 2013;65:1271–81.
10. Caplan AI. All MSCs are pericytes? *Cell Stem Cell.* 2008;3:229–30.
11. Caplan AI. New era of cell-based orthopedic therapies. *Tissue Eng Part B Rev.* 2009;15:195–200.
12. Perdisa F, Gostynska N, Roffi A, Filardo G, Marcacci M, Kon E. Adipose-derived mesenchymal stem cells for the treatment of articular cartilage: a systematic review on preclinical and clinical evidence. *Stem Cells Int.* 2015;2015:597652.
13. Ahmed TA, Hincke MT. Mesenchymal stem cell-based tissue engineering strategies for repair of articular cartilage. *Histol Histopathol.* 2014;29:669–89.
14. Berg L, Koch T, Heerkens T, Bessonov K, Thomsen P, Betts D. Chondrogenic potential of mesenchymal stromal cells derived from equine bone marrow and umbilical cord blood. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2009;22:363–70.
15. Filardo G., Perdisa F., Roffi A. et al. Stem cells in articular cartilage regeneration // *J Orthop Surg Res.* 2016; 11: 42
16. Kotobuki N, Hirose M, Takakura Y, Ohgushi H. Cultured autologous human cells for hard tissue regeneration: preparation and characterization of mesenchymal stem cells from bone marrow. *Artif Organs.* 2004;28:33–9.
17. Sensebe L, Krampera M, Schrezenmeier H, Bourin P, Giordano R. Mesenchymal stem cells for clinical application. *Vox Sang.* 2010;98:93–107.
18. Indrawattana N, Chen G, Tadokoro M, Shann LH, Ohgushi H, Tateishi T, Tanaka J, Bunyaratvej A. Growth factor combination for chondrogenic induction from human mesenchymal stem cell. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004;320:914–9.
19. Centeno CJ, Busse D, Kisiday J, Keohan C, Freeman M, Karli D. Increased knee cartilage volume in degenerative joint disease using percutaneously implanted, autologous mesenchymal stem cells. *Pain Physician.* 2008;11:343–53.
20. Davatchi F, Abdollahi BS, Mohyeddin M, Shahram F, Nikbin B. Mesenchymal stem cell therapy for knee osteoarthritis. Preliminary report of four patients. *Int J Rheum Dis.* 2011;14:211–5.
21. Emadedin M, Aghdami N, Taghiyar L, Fazeli R, Moghadasali R, Jahangir S, Farjad R, Baghaban Eslaminejad M. Intra-articular injection of autologous mesenchymal stem cells in six patients with knee osteoarthritis. *Arch Iran Med.* 2012;15:422–8.
22. Rich S, Munar A, Soler Romagosa F, Peirau X, Huguet M, Alberca M, Sánchez A, García Sancho J, Orozco L. Treatment of knee osteoarthritis with autologous expanded bone marrow mesenchymal stem cells: 50 cases clinical and MRI results at one year follow-up. *J Stem Cell Res Ther.* 2015;5:7.
23. Orozco L, Munar A, Soler R, Alberca M, Soler F, Huguet M, Sentis J, Sanchez A, Garcia-Sancho J. Treatment of knee osteoarthritis with autologous mesenchymal stem cells: two-year follow-up results. *Transplantation.* 2014;97:66–8.
24. Vangsness CT, Jr, Farr J, 2nd, Boyd J, Dellaero DT, Mills CR, LeRoux-Williams M. Adult human mesenchymal stem cells delivered via intra-articular injection to the knee following partial medial meniscectomy: a randomized, double-blind, controlled study. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:90–8.
25. Adachi N, Ochi M, Deie M, Ito Y. Transplant of mesenchymal stem cells and hydroxyapatite ceramics to treat severe osteochondral damage after septic arthritis of the knee. *J Rheumatol.* 2005;32:1615–8.
26. Vega A, Martin-Ferrero MA, Del Canto F, Alberca M, Garcia V, Munar A, Orozco L, Soler R, Fuertes JJ, Huguet M, et al. Treatment of knee osteoarthritis with allogeneic bone marrow mesenchymal stem cells: a randomized controlled trial. *Transplantation.* 2015;99:1681–90.
27. Haleem AM, Singergy AA, Sabry D, Atta HM, Rashed LA, Chu CR, El Shewy MT, Azzam A, Abdel Aziz MT. The clinical use of human culture-expanded autologous bone marrow mesenchymal stem cells transplanted on platelet-rich fibrin glue in the treatment of articular cartilage defects: a pilot study and preliminary results. *Cartilage.* 2010;1:253–61.
28. Kasemkijwattana C, Hongeng S, Kesprayura S, Rungsinaporn V, Chaipinyo K, Chansiri K. Autologous bone marrow mesenchymal stem cells implantation for cartilage defects: two cases report. *J Med Assoc Thai.* 2011;94:395–400.
29. Kuroda R, Ishida K, Matsumoto T, Akisue T, Fujioka H, Mizuno K, Ohgushi H, Wakitani S, Kurosaka M. Treatment of a full-thickness articular cartilage defect in the femoral condyle of an athlete with autologous bone-marrow stromal cells. *Osteoarthritis Cartilage.* 2007;15:226–31.
30. Wakitani S, Nawata M, Tensho K, Okabe T, Machida H, Ohgushi H. Repair of articular cartilage defects in the patello-femoral joint with autologous bone marrow mesenchymal cell transplantation: three case reports involving nine defects in five knees. *J Tissue Eng Regen Med.* 2007;1:74–9.
31. Richter M, Zech S. Matrix-associated stem cell transplantation (MAST) in chondral defects of foot and ankle is effective. *Foot Ankle Surg.* 2013;19:84–90.
32. Varma HS, Dadarya B, Vidyarthi A. The new avenues in the management of osteo-arthritis of knee — stem cells. *J Indian Med Assoc.* 2010;108:583–5.
33. Giannini S, Buda R, Vannini F, Cavallo M, Grigolo B. One-step bone marrow-derived cell transplantation in talar osteochondral lesions. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467:3307–20.

34. Buda R, Castagnini F, Cavallo M, Ramponi L, Vannini F, Giannini S. "One-step" bone marrow-derived cells transplantation and joint debridement for osteochondral lesions of the talus in ankle osteoarthritis: clinical and radiological outcomes at 36 months. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015.
35. Cadossi M, Buda RE, Ramponi L, Sambri A, Natali S, Giannini S. Bone marrow-derived cells and biophysical stimulation for talar osteochondral lesions: a randomized controlled study. *Foot Ankle Int.* 2014;35:981–7.
36. Buda R, Vannini F, Cavallo M, Baldassarri M, Luciani D, Mazzotti A, Pungetti C, Olivieri A, Giannini S. One-step arthroscopic technique for the treatment of osteochondral lesions of the knee with bone-marrow-derived cells: three years results. *Musculoskelet Surg.* 2013;97:145–51.
37. Gigante A, Calcagno S, Cecconi S, Ramazzotti D, Manzotti S, Enea D. Use of collagen scaffold and autologous bone marrow concentrate as a one-step cartilage repair in the knee: histological results of second-look biopsies at 1 year follow-up. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2011;24:69–72.
38. Gobbi A, Karnatzikos G, Sankineani SR. One-step surgery with multipotent stem cells for the treatment of large full-thickness chondral defects of the knee. *Am J Sports Med.* 2014;42:648–57.
39. Skowronski J, Skowronski R, Rutka M. Large cartilage lesions of the knee treated with bone marrow concentrate and collagen membrane — results. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2013;15:69–76.
40. Koga H, Muneta T, Nagase T, Nimura A, Ju YJ, Mochizuki T, Sekiya I. Comparison of mesenchymal tissues-derived stem cells for in vivo chondrogenesis: suitable conditions for cell therapy of cartilage defects in rabbit. *Cell Tissue Res.* 2008;333:207–15.
41. Jang Y, Koh YG, Choi YJ, Kim SH, Yoon DS, Lee M, Lee JW. Characterization of adipose tissue-derived stromal vascular fraction for clinical application to cartilage regeneration. *In Vitro Cell Dev Biol Anim.* 2015;51:142–50.
42. Jo CH, Lee YG, Shin WH, Kim H, Chai JW, Jeong EC, Kim JE, Shim H, Shin JS, Shin IS, et al. Intra-articular injection of mesenchymal stem cells for the treatment of osteoarthritis of the knee: a proof-of-concept clinical trial. *Stem Cells.* 2014;32:1254–66.
43. Pak J, Chang JJ, Lee JH, Lee SH. Safety reporting on implantation of autologous adipose tissue-derived stem cells with platelet-rich plasma into human articular joints. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:337.
44. Bui K, Duong T, Nguyen N, Nguyen T, Le V, Thanh Mai V, Lu-Chinh Phan N, Le Minh D, Ngoc N, Van Pham P. Symptomatic knee osteoarthritis treatment using autologous adipose derived stem cells and platelet-rich plasma: a clinical study. *Biomedical Research and Therapy.* 2014;1:02–8.
45. Koh YG, Choi YJ, Kwon SK, Kim YS, Yeo JE. Clinical results and second-look arthroscopic findings after treatment with adipose-derived stem cells for knee osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:1308–16.
46. Koh YG, Kwon OR, Kim YS, Choi YJ. Comparative outcomes of open-wedge high tibial osteotomy with platelet-rich plasma alone or in combination with mesenchymal stem cell treatment: a prospective study. *Arthroscopy.* 2014;30:1453–60.
47. Michalek J, Moster R, Lukac L, Proefrock K, Petrasovic M, Rybar J, et al. Autologous adipose tissue-derived stromal vascular fraction cells application in patients with osteoarthritis. *Cell Transplant.* 2015.
48. Kim YS, Park EH, Kim YC, Koh YG. Clinical outcomes of mesenchymal stem cell injection with arthroscopic treatment in older patients with osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med.* 2013;41:1090–9.
49. Koh YG, Choi YJ, Kwon OR, Kim YS. Second-look arthroscopic evaluation of cartilage lesions after mesenchymal stem cell implantation in osteoarthritic knees. *Am J Sports Med.* 2014;42:1628–37.
50. Kim YS, Choi YJ, Suh DS, Heo DB, Kim YI, Ryu JS, Koh YG. Mesenchymal stem cell implantation in osteoarthritic knees: is fibrin glue effective as a scaffold? *Am J Sports Med.* 2015;43:176–85.
51. Kim YS, Choi YJ, Koh YG. Mesenchymal stem cell implantation in knee osteoarthritis: an assessment of the factors influencing clinical outcomes. *Am J Sports Med.* 2015;43:2293–301.
52. Kim YS, Kwon OR, Choi YJ, Suh DS, Heo DB, Koh YG. Comparative matched-pair analysis of the injection versus implantation of mesenchymal stem cells for knee osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2015;43:2738–46.
53. Saw KY, Anz A, Merican S, Tay YG, Ragavanaidu K, Jee CS, McGuire DA. Articular cartilage regeneration with autologous peripheral blood progenitor cells and hyaluronic acid after arthroscopic subchondral drilling: a report of 5 cases with histology. *Arthroscopy.* 2011;27:493–506.
54. Turajane T, Chaweewannakorn U, Larbpaiboonpong V, Aojanepong J, Thitiset T, Honsawek S, Fongsarun J, Papadopoulos KI. Combination of intra-articular autologous activated peripheral blood stem cells with growth factor addition/ preservation and hyaluronic acid in conjunction with arthroscopic microdrilling mesenchymal cell stimulation Improves quality of life and regenerates articular cartilage in early osteoarthritic knee disease. *J Med Assoc Thai.* 2013;96:580–8.
55. Fu WL, Ao YF, Ke XY, Zheng ZZ, Gong X, Jiang D, Yu JK. Repair of large full-thickness cartilage defect by activating endogenous peripheral blood stem cells and autologous periosteum flap transplantation combined with patellofemoral realignment. *Knee.* 2014;21:609–12.
56. Skowronski J, Skowronski R, Rutka M. Cartilage lesions of the knee treated with blood mesenchymal stem cells — results. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2012;14:569–77.
57. Sekiya I, Muneta T, Horie M, Koga H. Arthroscopic transplantation of synovial stem cells improves clinical outcomes in knees with cartilage defects. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473:2316–26.
58. Skowronski J, Rutka M. Osteochondral lesions of the knee reconstructed with mesenchymal stem cells — results. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2013;15:195–204.

© Герасимов Сергей Александрович (ezh2000@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИПЛЕН-ПЛЕНОК В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАРОДОНТА

SUBSTANTIATION OF USING DIPLLEN-FILMS IN COMPLEX TREATMENT OF PERIODONTAL DISEASES

**N. Kochkina
E. Polyakova
Ju. Lavrenchuk**

Summary. in this paper, the authors substantiate the choice of dental self-adhesive double-sided film «diplen-dent» with metronidazole at the stages of complex treatment of periodontal diseases. Clinical studies involving two groups of patients, quantitative assessment of the severity of inflammation in the periodontium and oral hygiene using periodontal indices. The high efficiency of the drug «diplen-dent» with metronidazole in the treatment of periodontal diseases. The use of dental self-adhesive double-sided film «diplen-dent» in the treatment of periodontal disease contributed to the rapid suppression of symptoms of inflammation due to the active components of the drug.

Keywords: periodontal diseases; periodontal indices; complex treatment; diplen-dent; Metrogyl dent.

Лечение и профилактика заболеваний полости рта является одной из актуальных проблем современной стоматологии. Разнообразие клинических картин данных патологий зачастую осложняют выбор адекватной медикаментозной терапии [1, с. 235].

Немаловажное значение при этом имеет не только назначение лекарственного средства, подходящего с точки зрения этиологии и патогенеза заболевания, но и обладающего современными фармакологическими характеристиками [2, с. 293].

В пародонтологии наиболее широко в качестве местной медикаментозной терапии применяются аппликации с противовоспалительными и противомикробными препаратами в виде мазей, гелей, растворов и т.п. Ротовая жидкость затрудняет нанесение гидрофобных мазей на влажную поверхность слизистой оболочки полости рта и сокращает время воздействия лекарственных средств. Вследствие этого разработка новых аппликационных форм введения лекарственных средств представляется весьма перспективной. При этом необходимо иметь возможность целенаправленного, локального

Кочкина Наталья Николаевна
К.м.н., Оренбургский Государственный Медицинский
Университет

Полякова Елена Вячеславовна
Старший преподаватель, Оренбургский
Государственный Медицинский Университет

Лавренчук Юлия Сергеевна
Оренбургский Государственный Медицинский
Университет
julia.lav1996@mail.ru

Аннотация. В данной работе авторы приводят обоснование выбора стоматологической самоклеящейся двусторонней пленки «Диплен-дента» с метронидазолом на этапах комплексного лечения заболеваний пародонта. Клинические исследования с участием двух групп пациентов, количественной оценкой тяжести воспалительного процесса в пародонте и гигиенического состояния полости рта с помощью пародонтальных индексов. Показана высокая эффективность препарата «Диплен-дента» с метронидазолом в комплексной терапии заболеваний пародонта. Применение стоматологической самоклеящейся двусторонней пленки «Диплен-дента» в комплексной терапии заболеваний пародонта способствовало быстрому подавлению симптомов воспаления за счет активно действующих компонентов, входящих в состав препарата.

Ключевые слова: заболевания пародонта; пародонтальные индексы; комплексное лечение; Диплен-дента; Метрогил Дента.

введения препарата, контроль продолжительности воздействия и концентрации активного вещества [3, с. 1].

Наибольший интерес представляют двухслойные самоклеящиеся стоматологические пленки «Диплен-дента» с различными фармакологическими препаратами. Гидрофильный слой приклеивается к влажной слизистой оболочке, раневой поверхности. Наружный, гидрофобный слой пластичен, хорошо моделируется на поверхности слизистой рта и защищает пораженный участок от различных внешних механических, химических и бактериальных воздействий. В состав пленок могут входить различные антибактериальные, антисептические, противовоспалительные, кератопластические и обезболивающие фармакологические препараты [3, с. 1].

Целью настоящего исследования является обоснование выбора стоматологической самоклеящейся двусторонней пленки «Диплен-дента» с метронидазолом на этапах комплексного лечения заболеваний пародонта.

Нами были проанализированы 24 амбулаторные карты стоматологических больных с воспалительными за-

Таблица 1. Динамика индексных показателей состояния тканей пародонта при хроническом пародонтите.

| Показатели | Группа | До лечения | После начала лечения | |
|--|--------|------------|----------------------|-----------|
| | | | 3 сутки | 7 сутки |
| 1) ПМА,% | 1 | 35,75±1,57 | 17,39±1,12 | 2,95±0,45 |
| | 2 | | 16,45±1,23 | 2,51±0,27 |
| 2) ПИ, баллы | 1 | 3,95±0,41 | 3,07±0,26 | 1,33±0,17 |
| | 2 | | 2,47±0,39 | 1,02±0,21 |
| 3) Индекс кровоточивости десневой борозды,% | 1 | 62,08±1,63 | 27,34±0,95 | 5,27±2,24 |
| | 2 | | 24,75±1,25 | 4,95±2,13 |
| 4) Упрощенный гигиенический индекс Грин-Вермильона,% | 1 | 2,87±0,13 | 1,98±0,15 | 1,57±0,13 |
| | 2 | | 1,91±0,12 | 1,48±0,11 |

Примечание: $p \leq 0,05$ по сравнению с данными до лечения.

болеваниями пародонта в стадии обострения в возрасте от 20 до 45 лет (9 мужчин и 15 женщин) с давностью процесса до 2 лет. У 11 пациентов хронический пародонтит генерализованная форма легкой степени тяжести, у 13 — хронический пародонтит генерализованная форма средней степени тяжести. Пациенты были разделены на 2 группы — основная и контрольная (по 12 человек в каждой).

Все пациенты как основной, так и контрольной групп, обследовались по стандартной схеме. Она включала: опрос, осмотр и инструментально-функциональные методы исследований. В карте обозначены жалобы больного, длительность заболевания, перенесенные и сопутствующие заболевания, наследственная отягощенность. Далее описаны данные внешнего осмотра, а также осмотр и инструментальное обследование полости рта, учитывая цвет и увлажненность слизистой оболочки, глубину преддверия полости рта, наличие и выраженность тяжей слизистой оболочки, прикрепление уздечек. Определены соотношение зубных рядов, положение зубов в зубной дуге, состояние твердых тканей, наличие трем и диастем, оценка состояния пломб и др. При обследовании тканей пародонта особое внимание уделено их состоянию (цвет, плотность, болезненность, отечность, кровоточивость, гипертрофия) [4, с. 92].

Для количественной оценки тяжести воспалительного процесса в пародонте и гигиенического состояния полости рта в работе использовалась индексная оценка состояния тканей пародонта, которая также основывалась на данных из амбулаторных карт пациентов. Использованы показатели: папиллярно-маргинально-альвеолярного индекса (ПМА) — оценивалось состояние десны в области каждого зуба после окрашивания ее раствором Шиллера-Писарева в коричневый цвет за счет гликогена при наличии воспаления; пародонтального индекса (ПИ) — учитывали тяжесть гингивита, наличие пародонтальных карманов, подвижность зубов

и деструкцию костной ткани, индекса кровоточивости десневой борозды; индекс кровоточивости десневой борозды — определяли степень кровоточивости при зондировании или давлении на десневой сосочек, гигиеническое состояние полости рта оценивали с помощью упрощенного гигиенического индекса Грин-Вермильона — исследовали количество зубного налета и зубного камня на вестибулярных поверхностях зубов 1.6, 1.1, 2.6, 3.1 и язычных поверхностях зубов 3.6, 4.6. Исследования проводились до лечения, через 3 и через 7 дней.

Всем пациентам назначали соответствующую комплексную местную и общую этиотропную, патогенетическую и симптоматическую терапию: профессиональная гигиена полости рта, санацию полости рта, местное медикаментозное лечение, хирургическое лечение по показаниям (закрытый или открытый кюретаж, гингивэктомия и др.), ортопедические мероприятия с иммобилизацией подвижных зубов и восстановлением зубных рядов (временное шинирование при помощи композиционных пломбировочных материалов и стекловолоконной ленты, постоянное шинирование цельнолитыми съемными конструкциями и др.), физиотерапевтическое лечение по показаниям. Все больные ставились на диспансерный учет (при легкой степени тяжести контрольный осмотр назначен через 4–6 месяцев, при средней степени тяжести — через 2–3 месяца). Общее лечение пациентов с сопутствующей патологией корректировалось с учетом рекомендаций соответствующих специалистов.

Пациентам первой группы — контрольной, согласно данным амбулаторных карт, назначили применение стоматологического геля «Метрогил Дента», содержащий метронидазола бензоат и хлоргексидина диглюконат. При пародонтите после снятия зубных отложений пародонтальные карманы обрабатывали гелем «Метрогил Дента» на ватных турундах и производили аппликацию геля на область десен. Время экспозиции — 30 мин.

В дальнейшем аппликации геля пациенты проводили самостоятельно на область десен после чистки зубов два раза в день в течение 7–10 дней, в зависимости от тяжести заболевания [5, с. 105].

Пациентам второй группы — основной назначили самоклеящуюся двустороннюю пленку «Диплен-дента», содержащую метронидазола гемисукцинат, хлоргексидина биглюконат и линкомицина гидрохлорид. При использовании пленки: после снятия зубных отложений вырезали ножницами пластину необходимого размера, снимали прозрачную защитную пленку, и клеящей стороной накладывали на область вмешательства, и адаптировали в полости рта. Экспозиция около 1–2 часов. Курс применения составляет 6–10 дней, в зависимости от тяжести заболевания, предпочтительно на ночь после чистки зубов.

Анализ полученных результатов подтвердил высокую эффективность «Диплен-дента» с метронидазолом в комплексной терапии заболеваний пародонта. В процессе проводимого лечения, согласно записям амбулаторных карт пациентов, были выявлены единые закономерности изменений в обеих группах, но с небольшим опережением положительной динамики по срокам — в основной. Уже на 3–4 сутки отмечалось снижение отека и гиперемии десневого края, а также снижение болезненности и кровоточивости десен.

Наличие пародонтита легкой степени сопровождалось жалобами пациентов на кровоточивость десен. Осмотр выявлял симптомы катарального гингивита: гиперемия, отечность десневых сосочков, присутствие над- и поддесневых зубных отложений, а также наличие пародонтальных карманов глубиной до 3,5 мм и незначительной подвижности зубов (I степень). На рентгенограммах характерно разволокнение кортикальной пластинки, окружающей межальвеолярные гребни, резорбция вершечек гребней с участками очагового остеопороза.

Клинически пародонтит средней степени сопровождался жалобами пациентов на неприятный запах изо рта, кровоточивость десен при приеме пищи и чистке зубов. Осмотр выявлял более значительную гиперемию и отечность десневых сосочков, пародонтальные карманы отмечены глубиной до 6–7 мм, чаще с присутствием серозного экссудата в пародонтальных карманах и подвижность зубов I–II степени. На рентгенограммах прогрессирование деструктивных изменений в костной ткани приводило к разрушению перегородок до 1/2 их высоты.

Проведенные исследования показали, что у больных хроническим пародонтитом при оценке состояния тканей пародонта до лечения отмечалось значительное увеличение индексов (табл. 1). Сравнительный анализ показателей индексной оценки показал, что положительная динамика была достигнута в обеих группах, что свидетельствует об успешности проводимых лечебных мероприятий. Средние значения индексов ПМА, ПИ и индекса кровоточивости десневой борозды указывают на противовоспалительную активность исследуемых препаратов. В конце курса лечения показатели гигиенического индекса Грин-Вермильона у всех пациентов свидетельствовали о хорошем гигиеническом состоянии полости рта. Противовоспалительная активность стоматологического геля «Метрогил Дента» по показателям индексов ПМА и ПИ была также высокой, хотя и уступала активности пленкам «Диплен-дента» с метронидазолом.

Таким образом, применение стоматологической самоклеящейся двусторонней пленки «Диплен-дента» показало их высокую эффективность при лечении заболеваний пародонта. Простота их использования, возможность пролонгированного действия, прозрачность, отсутствие осложнений у пациентов позволяют рекомендовать пленки «Диплен-дента» для широкого использования в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барер Г.М., Зорян Е. В. Рациональная фармакотерапия в стоматологии. Москва: Литтерра, 2006. 568 с.
2. Сампиев А.М., Никифорова Е. Б., Соповская А. В. Современное состояние исследований в области создания стоматологических пленок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3. С. 293–297.
3. Блекжанова Г. Б. Применение пленок «Диплен-Дента» в комплексном лечении генерализованного пародонтита [Электронный ресурс] // Вестник КазНМУ: Пресс-служба. URL: <https://kaznmu.kz/press/en/2012/01/23> (дата обращения 28.01.2019)
4. Кондюрова Е.В., Адамчик Р. А., Прытков В. А., Дерябина Е. В., Акимов В. В., Полозова Э. И. Эффективность профилактического применения мембранопротекторов при хроническом пародонтите // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 92–100.
5. Юник Фармасьютикал Лабораториз. Стоматологический гель для десен «Метрогил Дента» в лечении заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта // Практическая медицина. 2009. № 1(33). С. 105–106.

© Кочкина Наталья Николаевна, Полякова Елена Вячеславовна, Лавренчук Юлия Сергеевна (julia.lav1996@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОРТОДОНТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПОЛОСТИ РТА К ПРОТЕЗИРОВАНИЮ

ORTHODONTIC PREPARATION OF THE ORAL CAVITY FOR PROSTHETICS

**A. Leontieva
D. Dubenko**

Summary. The preparation of the oral cavity for prosthetics plays an important role in the course of orthopedic treatment of patients, as they often come to the orthopedic doctor with a number of issues associated to oral cavity. Dental anomalies, deformations of teeth and dentitions, in most cases complicate further orthopedic treatment. Therefore, without prior orthodontic preparation, it is not always possible to reach high-quality prosthetics. Objective: to study the characteristics and prevalence of dental defects in adult patients, the frequent development of dental deformations, as well as to put together algorithms to treat patients with dental defects and dental deformations in case of complications.

Keywords: preparation for prosthetics, dental defects, dental deformation.

Леонтьева Алена Владимировна

Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет имени академика И. П. Павлова
bobridra@mail.ru

Дубенко Дмитрий Андреевич

Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет имени академика И. П. Павлова
dubendm@mail.ru

Аннотация. Важная роль в ходе ортопедического лечения пациентов отводится подготовке полости рта к протезированию, так как зачастую пациенты приходят к врачу-ортопеду с рядом сопутствующих проблем в полости рта. Зубочелюстные аномалии, деформации зубов и зубных рядов, в большинстве случаев осложняют дальнейшее ортопедическое лечение. Поэтому без предшествующей ортодонтической подготовки не всегда возможно провести качественное протезирование. Цель исследования: изучить характеристику и распространенность дефектов зубных рядов у взрослых пациентов, частоту развития деформаций зубных рядов, а также составить алгоритмы лечения пациентов с дефектами зубов и зубных рядов, осложненных деформациями.

Ключевые слова: подготовка к протезированию, дефекты зубных рядов, деформации зубных рядов.

В зубочелюстной системе все компоненты связаны. Каждый выполняет определенную функцию, которая является частью зубочелюстной системы в целом. Устойчивость и целостность, а также функциональное и морфологическое единство зубных рядов обеспечиваются присутствием всех зубов в полости рта с сохраненными межзубными контактами между ними, а также альвеолярным гребнем, межзубной связкой. Частичная потеря зубов — патология, характеризующаяся нарушением целостности зубных рядов с образованием дефектов. После потери первого зуба нарушается единство зубной дуги. Это, в свою очередь, приводит к разделению зубов на функционирующие и нефункционирующие группы. Первые — имеют сохранившихся антагонистов и выполняют функцию жевания в полном объеме. Вторые — утратили своих антагонистов, не способны участвовать в акте жевания. По мере потери зубов нарушается адекватное перераспределение функциональной нагрузки между зубами. При этом пародонт функционирующих зубов испытывает необычное по величине, продолжительности, направлению давление, что в итоге приводит к его функциональной перегрузке [2,4,5].

Дефекты зубных рядов приводят не только к функциональным, но и морфологическим нарушениям. К морфологическим — относятся деформации зубного ряда,

возникающие как следствие частичной потери зубов. Деформации зубных рядов характеризуются перемещением в пространстве тех зубов, которые потеряли антагониста или соседние зубы [4,5].

Каждый зуб испытывает на себе влияние замкнутой цепи сил с равнодействующей силой равной нулю, благодаря чему находится в одном положении. При частичной потере зубов во время смыкания зубных рядов возникает избыточное давление, то есть функциональная перегрузка, сохранившихся зубов. Как следствие происходит смещение зубов в различных плоскостях: зубоальвеолярное удлинение; зубоальвеолярное укорочение; перемещение зубов в дистальном или мезиальном направлении; перемещение зубов в оральном или вестибулярном направлении; деформация зубных рядов за счет комбинированного перемещения зубов [4,5].

Изменивший положение зуб не способен адекватно воспринимать падающую на него нагрузку, что влечет за собой нарушения со стороны пародонта. Кроме того, нарушается нормальное бугорковое соотношение деформированного зуба с антагонистами, что может привести к нарушению движений нижней челюсти из-за возникновения блока. В случае мезиального перемещения зубов врач-ортопед и хирург могут столкнуться с про-

Таблица 1. Частота встречаемости дефектов зубных рядов среди пациентов различных возрастных групп (n=200).

| Дефект зубного ряда | Обследованные пациенты | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|---------|-----|----------|
| | 18–25 лет | | 26–35 лет | | 36–45 лет | | >45 лет | | Всего |
| Отсутствует | 59 | 85% | 20 | 42% | 11 | 25% | 5 | 13% | 95(47%) |
| Присутствует | 10 | 15% | 23 | 58% | 35 | 75% | 37 | 87% | 105(53%) |
| Число пациентов | 69 | - | 48 | - | 44 | - | 39 | - | 200 |

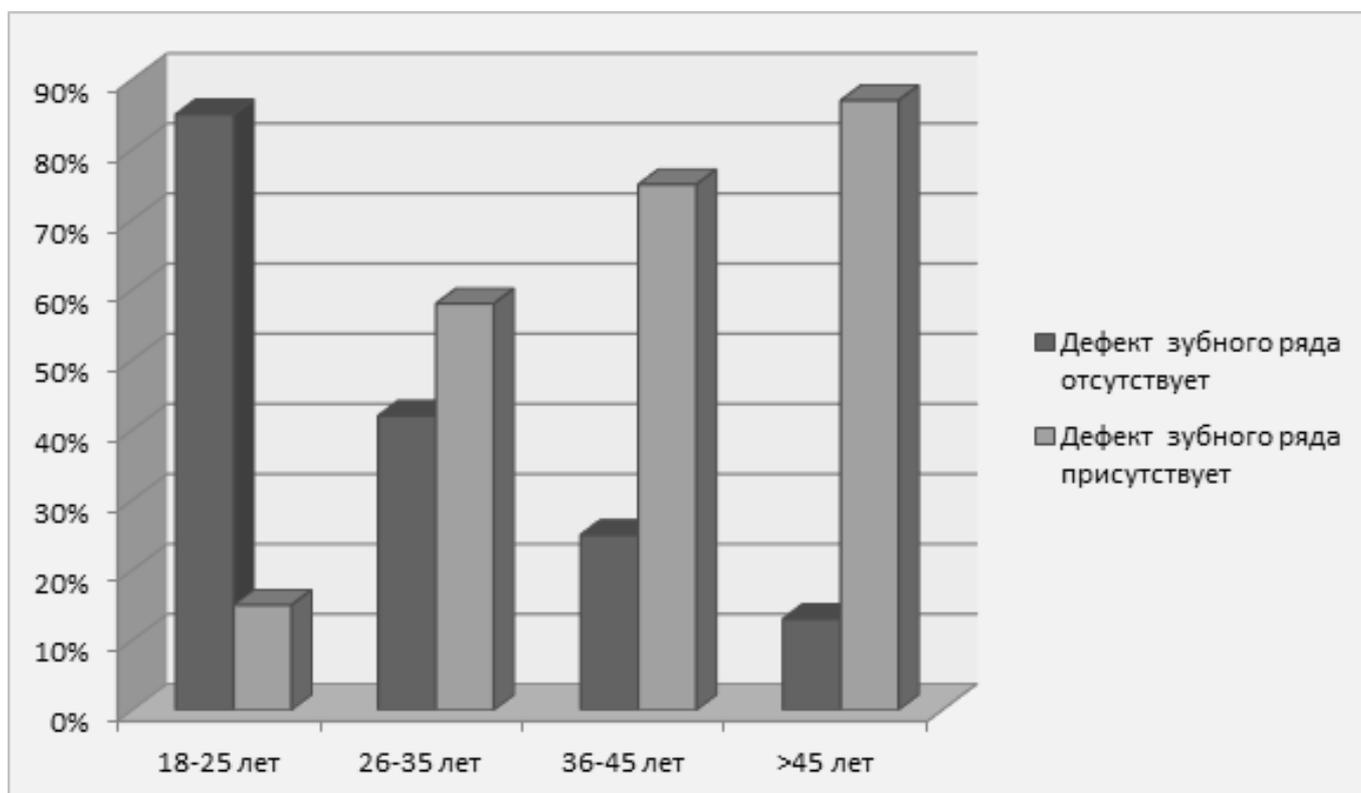


Диаграмма 1. Частота встречаемости (%) дефектов зубных рядов у лиц разных возрастных групп, нуждающихся в ортодонтическом лечении (n=200).

блемой дефицита места в зубном ряду. Расстояние между естественным зубом и имплантатом должно составлять 1.5мм — 2мм минимум, а между двумя имплантатами — не менее 3мм [1,2,5].

Материалы и методы

На базе стоматологической клиники «Таридент» для решения задач, поставленных в данной работе, был проведен ретроспективный анализ среди 200 пациентов мужского и женского пола в возрасте от 18 до 60 лет, нуждающихся в ортодонтическом лечении.

Нами было отобрано 200 карт стоматологических пациентов, которые за последние 5 лет проходили ортодонтическое лечение.

Пациенты были разбиты на четыре возрастные группы:
 1) 18–25 лет;
 2) 26–35 лет;
 3) 36–45 лет;
 4) старше 45 лет.

Частота встречаемости дефектов зубных рядов и их сочетание с деформациями зубных рядов у взрослых.

Таблица 2. Встречаемость деформаций зубных рядов у пациентов с дефектами зубных рядов (n=105).

| Деформации зубных рядов | Обследованные пациенты по возрастным группам | | | | | | | |
|----------------------------|--|-----|-----------|-----|-----------|-----|----------|-----|
| | 18–25 лет | | 26–35 лет | | 36–45 лет | | >45 лет | |
| | Чел. | % | Чел. | % | Чел. | % | Чел. | % |
| Зубоальвеолярное удлинение | 1 | 10% | 2 | 9% | 7 | 20% | 5 | 14% |
| Мезиальный наклон зубов | - | - | 8 | 35% | 10 | 29% | 7 | 19% |
| Вестибулярный наклон зубов | - | - | 2 | 9% | 2 | 6% | 4 | 11% |
| Комбинированные деформации | - | - | 3 | 13% | 12 | 34% | 18 | 49% |
| Отсутствие деформаций | 9 | 90% | 8 | 35% | 4 | 11% | 3 | 8% |
| Всего пациентов | 10 (10%) | | 23 (22%) | | 35 (33%) | | 37 (35%) | |

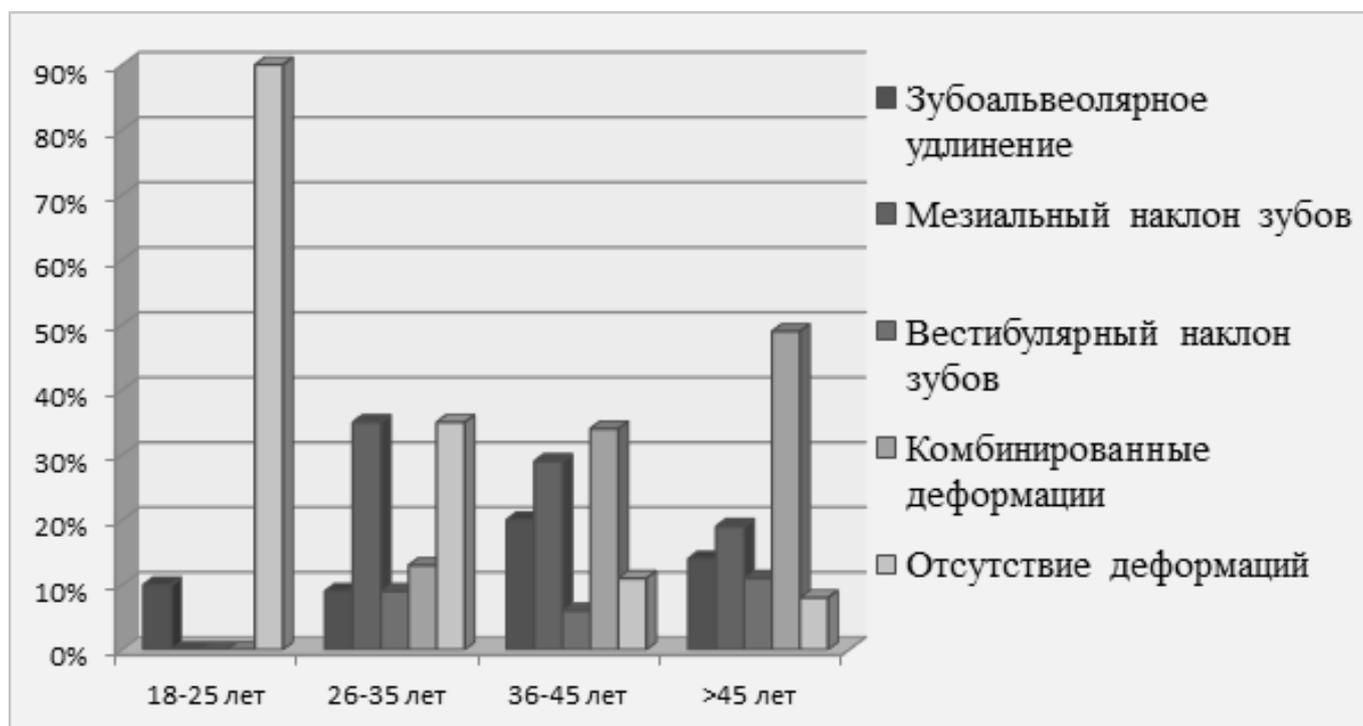


Диаграмма 2. Встречаемость деформаций зубных рядов (%) у пациентов с дефектами зубных рядов (n=105).

Для начала нами был проведен анализ частоты встречаемости дефектов зубных рядов среди пациентов разных возрастных групп (Таблица 1, Диаграмма 1).

Дефекты зубных рядов были отмечены у 105 человек, что составило 53% от общего числа обследованных. Пациенты, не имеющие дефекта зубного ряда, составили 47% (95 человек) от общего количества обследованных.

Изучив данные Таблицы 1 и Диаграммы 1, можно сделать вывод, что наибольшее число лиц, не имеющих нарушений целостности зубного ряда, находилось в пределах возрастной группы от 18 до 25 лет. Наибольшее число пациентов, у которых диагностировали дефекты зубных рядов, находилось в пределах возрастной группы от 45 лет.

Встречаемость деформаций зубных рядов у пациентов с дефектами зубных рядов

Далее мы выявили частоту встречаемости деформаций зубных рядов у пациентов с дефектами зубных рядов Таблицы 2 и Диаграммы 2.

Деформации зубных рядов отсутствуют у выбранных пациентов лишь в 23% случаях.

Среди возрастных групп наименьшее число развившихся деформаций было зарегистрировано у пациентов от 18 до 25 лет (10%). Наибольшее число развившихся

Таблица 3. Частота встречаемости зубочелюстных аномалий у обследованных пациентов (n=200).

| Зубочелюстные аномалии | Обследованные | % |
|------------------------|---------------|-------|
| Скученность зубов | 65 | 32,5% |
| Глубокий прикус | 25 | 12,5% |
| Дистальный прикус | 27 | 13,5% |
| Мезиальный прикус | 28 | 14% |
| Перекрестный прикус | 9 | 4,5% |
| Открытый прикус | 16 | 8% |
| Ортогнатический прикус | 30 | 15% |
| Всего | 200 | 100% |

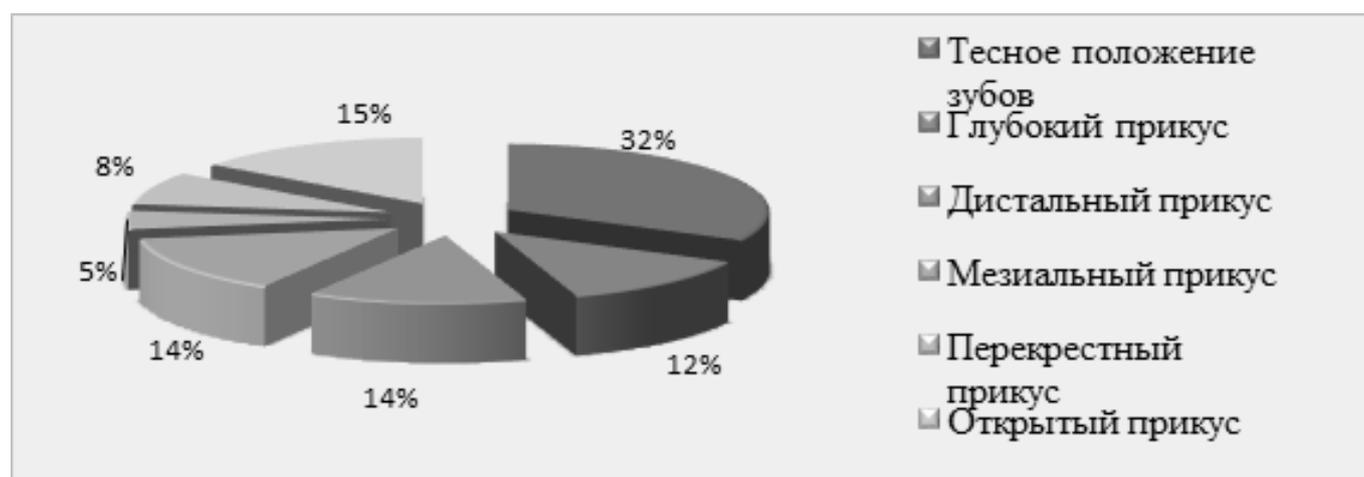


Диаграмма 3. Частота встречаемости зубочелюстных аномалий у обследованных пациентов (n=200).

деформаций было выявлено в возрастной группе пациентов от 45 лет (35%).

Комбинированные деформации встречаются наиболее часто (31%). В особенности среди возрастной группы от 45 лет (49%).

В наименьшем количестве случаев встречается такой вид деформации, как вестибулярный наклон зубов 8%. Наиболее часто данный вид деформации диагностировался среди возрастной группы пациентов от 45 лет (11%).

Частота встречаемости зубочелюстных аномалий у пациентов

Ортогнатический прикус у выбранных пациентов встретился лишь в 15% случаев. Чаще всего встречается такая аномалия, как скученность зубов.

Поэтому делаем вывод, что коррекция прикуса не требовалась лишь 15% обследованных пациентов. Данные представлены в Таблице 3 и Диаграмме 3.

Алгоритмы лечения пациентов

Исходя из данных представленных таблиц и диаграмм, мы пришли к выводу, что ортодонтическое лечение у выбранных пациентов преследовало две основные цели: создание условий для дальнейшего протезирования и коррекция зубочелюстных аномалий.

Пациентам возрастной группы от 18 до 25 лет в большинстве случаев ортодонтическое лечение показано вследствие неудовлетворительной эстетики. Причем деформации зубных рядов в данной возрастной группе практически отсутствуют, что при необходимости делает возможным выполнить протезирование без предварительной ортодонтической подготовки.

Частота развития дефектов зубных рядов с возрастом увеличивается. Максимальная частота развития деформаций отмечается в возрастной группе пациентов от 45 лет. Поэтому в группах старшего возраста требовалась не только коррекция прикуса, но и проведение ортодонтической подготовки к протезированию.



Рис. 1. Алгоритм лечения пациентов с дефектами зубов и зубных рядов, осложненных деформациями.

Ортодонтическое лечение перед протезированием может проводиться локально с помощью интрузионной каппы или ортодонтических имплантатов в случае отсутствия сопутствующей патологии прикуса; или системно с помощью несъемной ортодонтической конструкции при сопутствующей патологии прикуса [1,2].

Ортодонтические имплантаты — широко используются в ортодонтии в качестве дополнительной опоры для перемещения зубов в зубных рядах. Они имеют

меньший диаметр, чем денальные имплантаты, что позволяет устанавливать их и на вестибулярной, и на небной поверхностях без значительного вреда для окружающих тканей. Как правило, имплантаты применяются в ситуациях, когда необходимо перемещение зубов в сагиттальной (дистализация/мезиализация) и вертикальной (интрузия/экструзия зуба) плоскостях.

Ортодонтическая дуга — это основной элемент, который генерирует силу, необходимую для перемещения

зубов в пространстве, и передает ее на ортодонтический замок. Механическая характеристика дуги определяется её внутренними и внешними свойствами. Внутренние свойства зависят от структурных особенностей и природы используемого сплава. Диаметр дуги или ее длина определяют внешние (макроскопические) свойства.

Ортодонтический замок — элемент, с помощью которого активные силы передаются на зуб. Замок включает в себя: опорную площадку, крылья, паз. В конструкцию замка закладываются конкретные параметры: угол рабочего паза, толщина и высота основания замка, — которые определяют положение зуба в зубном ряду, свойственное нормальной окклюзии для данного пациента.

В качестве дополнительных элементов применяют лигатуры, эластические цепочки, эластическую нить, эластические тяги, эластические сепараторы, пружины «открытая/закрытая».

На рисунке 1 представлен алгоритм лечения пациентов с дефектами зубов и зубных рядов, осложненных деформациями.

Выводы

В данной статье нами были поставлены на изучение следующие вопросы:

- ◆ Изучить характеристику и распространенность дефектов зубных рядов у взрослых пациентов, частоту развития деформаций зубных рядов;
- ◆ Составить алгоритмы лечения пациентов с дефектами зубов и зубных рядов, осложненных деформациями.

Мы пришли к выводу, что дефекты зубных рядов — распространенная проблема среди населения. При отсутствии своевременного замещения дефекта ортопедической конструкцией, зубные ряды начинают деформироваться, что в последующем приведет к невозможности протезирования из-за отсутствия необходимых условий. К лечению таких пациентов требуется комплексный подход. Поэтому взаимодействие врача — ортопеда и врача — ортодонта — это важный этап на пути качественного протезирования.

Без предварительной ортодонтической подготовки развившиеся деформации обычно лишь маскируются ортопедической конструкцией, что негативно скажется на конечном результате лечения, а также может привести к более серьезным осложнениям (например, к потере зуба вследствие неравномерного распределения нагрузки).

В данной статье мы делали акцент на проведении ортодонтической подготовки к протезированию при отсутствии необходимых условий вследствие развившихся деформаций зубных рядов. Мы пришли к выводу, что существует несколько вариантов проведения ортодонтического лечения: местно, если отсутствует необходимость коррекции всего зубного ряда или, к примеру, пациент отказывается от глобального длительного вмешательства; и системно, например, при сопутствующей патологии прикуса. Поэтому нами был составлен алгоритм лечения пациентов с дефектами зубов и зубных рядов, осложненных деформациями, которая подходит для использования как врачам-ортодонтам, так и врачам-ортопедам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ортодонтические мероприятия при подготовке к протезированию пациентов с дефектами и деформациями зубных рядов: диссертация / Марков Н. М. — Москва: 2009—105 с.
2. Ортодонтия. Дефекты зубов, зубных рядов, аномалий прикуса, морфофункциональные нарушения в челюстно-лицевой области и их комплексное лечение / Ф. Я. Хорошилкина. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2015—550 с.
3. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник / Л. С. Персин [и др.]. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015—637 с.
4. Трезубов В. Н., Арутюнов С. Д., Мишнев Л. М. и др. Клиническая стоматология: учебник / Под ред. В. Н. Трезубова, С. Д. Арутюнова. — М.: Практическая медицина, 2015. — 788 с.
5. Трезубов В. Н., Щербаков А. С., Мишнев Л. М., Фадеев Р. А. Ортопедическая стоматология (факультетский курс): Учебник для медицинских вузов / Под ред. проф. В. Н. Трезубова. — 8 изд.—е, перераб. и доп. — СПб: ООО «Изд-во Фолиант», 2010. — 656 с.

© Леонтьева Алена Владимировна (bobridra@mail.ru), Дубенко Дмитрий Андреевич (dubendm@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ЛАКТОФЕРРИНА ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВОГО ОБМЕНА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК

THE DEPENDENCE OF THE LEVEL OF LACTOFERRIN FROM INDICATORS OF CALCIUM-PHOSPHORUS METABOLISM IN CHRONIC KIDNEY DISEASE

**S. Mirzoeva
R. Garafeeva
M. Gerikhanova**

Summary. In this study, we compared the concentration of lactoferrin in the blood and indicators of phosphorus-calcium metabolism in 40 patients with chronic kidney disease and 10 healthy volunteers. The aim of the study was to identify the dependence of the level of lactoferrin on the indicators of phosphorus-calcium metabolism in chronic kidney disease. During the study, we revealed a statistically significant difference in comparing the level of lactoferrin, phosphorus in a group of patients with chronic kidney disease of immune nature with a group of patients with chronic kidney disease of non-immune nature. It was also found that the level of lactoferrin and phosphorus in patients with chronic kidney disease of immune nature is significantly lower than in patients with chronic kidney disease of non-immune nature.

Keywords: calcium-phosphorus metabolism, lactoferrin, chronic kidney disease.

Мирзаева Сара Шамилевна
Казанский государственный медицинский
университет
sara096@mail.ru

Гарафеева Рузана Ризвановна
Казанский государственный медицинский
университет

Гериханова Марьям Магомедовна
Казанский государственный медицинский
университет

Аннотация. В данной работе нами было проведено сопоставление концентрации лактоферрина в крови и показателей фосфорно-кальциевого обмена у 40 больных с хронической болезнью почек и 10 здоровых добровольцах. Целью исследования было выявление зависимости уровня лактоферрина от показателей фосфорно-кальциевого обмена при хронической болезни почек. В ходе исследования мы выявили статистически достоверную разницу при сравнении уровня лактоферрина, фосфора у группы пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы с группой пациентов с хронической болезнью почек не иммунной природы. Также было установлено, что уровень лактоферрина и фосфора у пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы достоверно ниже, чем у пациентов с хронической болезнью почек не иммунной природы.

Ключевые слова: фосфорно-кальциевый обмен, лактоферрин, хроническая болезнь почек.

В нашем исследовании мы попытались выявить зависимость уровня лактоферрина от показателей фосфорно-кальциевого обмена при хронической болезни почек.

Лактоферрин относится к группе природных иммуногенных белков молока и является представителем железосвязывающих гликопротеинов семейства трансферринов. В настоящее время лактоферрин рассматривается как возможный диагностический показатель при различных патологических состояниях [1,2]. Изучение концентраций лактоферрина может также использоваться для диагностики и мониторинга заболеваний почек [3].

Ранее было выявлено, что лактоферрин присутствует в почках: был найден мРНК лактоферрина, который экспрессируется в дистальных канальцах коркового вещества, кроме того, лактоферрин продуцируется и выделяется

в восходящей части канальца и далее реабсорбируется по ходу канальцев, в основном после насыщения железом [4]. Одной из приоритетных задач перед мировым сообществом ученых и врачей является поиск и изучение биомаркеров, отражающих нарушение функции почек. В то же время, современная персонифицированная медицина диктует необходимость определения и ассоциирования с патологическими состояниями всё большего числа молекул-предвестников болезней.

На сегодняшний день имеется мало исследований, которые отражают взаимосвязь показателей активности заболеваний почек с концентрацией лактоферрина. Наличие большого количества белка ЛФ в канальцах, но очень низкие его уровни в моче указывают на дополнительные функции ЛФ в почках. Стоит обратить внимание на то, что ЛФ участвует в метаболизме железа, поглощая свободное железо из мочи, тем самым делая его доступным для метаболизма. Также возможно, что

в качестве хелатора железа и антиоксиданта ЛФ участвует в антиоксидантных защитных системах, которые защищают почку от немикробного окислительного повреждения, то есть, при ишемии-реперфузии и воспалении. Таким образом, оценка соотношений клинической картины и экспрессии гена ЛФ может иметь большую клиническую значимость, явится основополагающей для выработки методов первичной и вторичной профилактики, диагностики, выбора тактики лечения хронической болезни почек, определения индивидуальных факторов риска и прогноза.

Также до сих пор практически не существует исследований зависимости уровня лактоферрина от показателей фосфорно-кальциевого обмена. В одной из работ Григорьевой Д. В. и соавт. [5] проводилось исследование регуляции внутриклеточной концентрации свободных ионов кальция в нейтрофилах при действии рекомбинантного лактоферрина. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о способности рекомбинантного лактоферрина инициировать увеличение концентрации кальция в цитозоле нейтрофилов с последующей активацией Ca^{2+} -зависимых функциональных ответов нейтрофилов.

Кроме того, показано, что лечение блокаторами кальциевых каналов снижает выделение лактоферрина [6]. Гемодиализ с использованием цитрата в качестве антикоагулянта удаляет экстракорпорально кальций, блокируя высвобождение лактоферрина [7] из полиморфноядерных лейкоцитов.

Отметим, что ряд авторов не отметили корреляции между уровнем лактоферрина и почечной недостаточностью. Например, Deicher R. et al. [8] измеряли содержание бета (2) -микроглобулина (бета(2) м) и лактоферрина полиморфноядерных лейкоцитов при почечной недостаточности и после трансплантации почек. Полиморфноядерные лейкоциты лизировали ультразвуком и после центрифугирования оба белка анализировали в супернатанте методом иммуноферментного анализа. Несмотря на заметные различия в уровнях бета(2) м в плазме, среди анализируемых групп не было обнаружено существенной разницы в содержании бета (2) м и лактоферрина полиморфноядерных лейкоцитов. Не было также никакой корреляции между уровнем бета(2) м в плазме и содержанием бета(2) м полиморфноядерных лейкоцитов. У контрольных субъектов, а также у реципиентов почечного аллотрансплантата с хорошо функционирующим трансплантатом уровень бета(2) м полиморфноядерных лейкоцитов положительно коррелировал с уровнем лактоферрина полиморфноядерных лейкоцитов ($r = 0,55, p < 0,001; n = 55$). Оба белка считаются колокализующимися в пероксидазо-отрицательных гранулах полиморфноядерных лейкоцитов. Однако в азо-

темических и уремиических группах пациентов не было обнаружено корреляции.

Результаты иммунофлюоресцентного анализа полиморфноядерных лейкоцитов контрольной группы показали цитоплазматическое гранулированное распределение гранул обоих белков. В полиморфноядерных лейкоцитах уремиических пациентов лактоферрин перешел в перинуклеарную локализацию. Полиморфноядерные лейкоциты, полученные у уремиических пациентов, не вызывали увеличения выделения лактоферрина после стимуляции хемотаксическим пептидом f-Met-Leu-Phe по сравнению с полиморфноядерными лейкоцитами, полученными от здоровых добровольцев. Авторы отметили, что у уремиических пациентов отмечается аномалии содержания лактоферрина полиморфноядерных лейкоцитов и его высвобождение, которые являются обратимыми после успешной трансплантации почек. Обратим внимание на то, что механизмы, связанные с дегрануляцией полиморфноядерных лейкоцитов, до конца не ясны. Однако выявлено, что важную роль при этом играют внутриклеточные ионы кальция [9].

Материалы и методы

Диагностический поиск был направлен на выявление частоты нарушений фосфорно-кальциевого обмена и их связи с уровнем лактоферрина в крови.

Критерии включения: мужчины и женщины старше 18 лет; наличие хронической болезни почек, с и без признаков хронической почечной недостаточности С1-С5 согласно критериям KDIGO от 2012 года. Абсолютные критерии исключения: структурные аномалии почек, поликистозная болезнь; эндокринопатии (кроме сахарного диабета, ожирения); инфекция вирусами гепатитов, ВИЧ; системные инфекции, септические состояния; беременность.

Клинически определяли следующие показатели фосфорно-кальциевого обмена: фосфор, кальций, кальций ионизированный (колориметрический метод, ионселективные электроды), паратгормон (электрохемилюминесцентный иммуноанализ).

Определение концентрации лактоферрина в образцах крови проводили иммуноферментным методом с использованием коммерческого набора Hbt human Lactoferrin ELISA TEST KIT (HyCult Biotechnology (Нидерланды)), согласно инструкции. Расчет результатов проводят путем вычисления средних значения абсорбции (A450) для дублей каждого из стандартов, образцов и контролей. Построение калибровочной кривой проводили с использованием метода аппроксимации.

Таблица 1. Средние значения показателей фосфорно-кальциевого обмена и лактоферрина

| Показатель | Референсные значения | Пациенты с хронической болезнью почек не иммунной природы | | Пациенты с хронической болезнью почек иммунной природы | |
|---------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | | Среднее | Стандартная ошибка среднего | Среднее | Стандартная ошибка среднего |
| Кальций, ммоль/л | 2,0–2,8 | 2,28 | 0,042 | 2,30 | 0,054 |
| Кальций ионизированный, ммоль/л | 1,03–1,23 | 1,24 | 0,02 | 1,26 | 0,02 |
| Фосфор, ммоль/л | 0,81–1,45 | 1,55 | 0,08 | 1,23 | 0,06 |
| Паратгормон, пмоль/л | 1,3–6,8 | 35,28 | 13,74 | 4,93 | 1,49 |
| Лактоферрин, нг/мл | | 65,00 | 2,97 | 39,96 | 5,04 |

Исследование экспрессии гена ЛФ методом ПЦР проводилось по следующей схеме: суммарную РНК выделяли из цельной крови. РНК выделяли в соответствии с протоколом miRNEasy. Далее РНК использовалась в реакции обратной транскрипции с использованием обратной транскриптазы Superscript IV (ThermoFisher Scientific) в соответствии с протоколом производителя. ПЦР проводили с использованием материкса iTaq™ Universal SYBR® Green Supermix (Bio-Rad).

Результаты

В исследовании участвовало 50 человек, из которых 10 здоровых добровольцев, вошедших в контрольную группу. Возраст 40 пациентов составил от 20 до 75 лет ($45,43 \pm 2,32$). Из них 23 женщины и 17 мужчин.

Все пациенты, участвовавшие в исследовании, разделены на следующие группы: I группа — пациенты с хронической болезнью почек иммунной природы ($n=20$); II группа — пациенты с хронической болезнью почек не иммунной природы ($n=20$); контрольная группа ($n=10$).

В первую группу вошли пациенты со следующими диагнозами: хронический гломерулонефрит, болезнь Шегрена, гипергомоцистеинемия быстро прогрессирующий гломерулонефрит микроскопический полиангиит, гломерулонефрит с полулуниями, некротизирующий капиллярит.

Во вторую группу вошли пациенты со следующими диагнозами: диабетическая нефропатия, поликистозная болезнь почек, ишемическая болезнь почек, уратная нефропатия, хроническая почечная недостаточность в исходе гипертонического нефроангиосклероза, гипер-

тонический ангиосклероз, фибромускулярная дисплазия почечных артерий, ишемическая нефропатия, хронический пиелонефрит.

Из 40 пациентов 37 страдали артериальной гипертензией. Микроскопический полиангиит выявлен у 14 пациентов, хронический гломерулонефрит у 7, поликистозная болезнь почек у 2 пациентов, тромботическая микроангиопатия у 2 пациентов, у 15 пациентов Ишемическая нефропатия, первичный антифосфолипидный синдром, терминальная стадия почечной недостаточности в исходе хронического гломерулонефрита, ХБП в исходе гипертонического нефроангиосклероза, хроническая почечная недостаточность в исходе гипертонического нефроангиосклероза, хроническая почечная недостаточность смешанного генеза, хронический пиелонефрит, хронический тубулоинтерстициальный нефрит с нарушением функции почек.

По классификации ХБП (KDIGO, 2012) пациенты были распределены следующим образом:

1. Пациенты с хронической болезнью почек иммунной природы:

- ◆ С1-С2–7 пациентов;
- ◆ С3а-С5–13 пациентов;

2. Пациенты с хронической болезнью почек не иммунной природы:

- ◆ С3а-С5–20 пациентов.

При изучении частоты встречаемости нарушений фосфорно-кальциевого обмена было выявлено, что снижение уровня кальция ниже допустимых величин имеют 15% пациентов, гиперкальциемия имеется у 4% пациентов.

Средние значения показателей фосфорно-кальциевого обмена представлены в таблице 1.

По результатам обследования повышение уровня ионизированного Са имеют 12% обследованных, 42% обследованных имеют гиперфосфатемию, у 59% пациентов повышен уровень паратгормона. 5% пациентов имеют пониженный уровень паратгормона.

Среднее значение лактоферрина в исследуемой выборке составило $49,428 \pm 3,425$.

Также было проведено исследования зависимости уровня лактоферрина от высоты активности воспаления (рассчитывалось по уровню СРБ). Корреляции обнаружено не было. Однако, при этом выявлено, что у пациентов с суточной протеинурией более 150 мг сутки отмечается рост уровня лактоферрина ($53,2 \pm 4,25$ по сравнению с $43,7 \pm 8,45$ нг/мл). Корреляции между стадией ХБП и уровнем лактоферрина получено не было. При сопоставлении уровня лактоферрина у пациентов с ХБП неиммунной и иммунной природой на ранних и поздних стадиях статистически достоверных данных получено не было ($p > 0,05$).

В результате исследований выявили статистически достоверную разницу ($p < 0,05$) при сравнении уровня ЛФ ($39,96 \pm 5,04$), фосфора ($1,23 \pm 0,06$) у группы пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы с группой пациентов с хронической болезнью почек не иммунной природы (ЛФ ($65,0 \pm 2,97$), фосфор ($1,55 \pm 0,08$)). Уровень ЛФ у пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы достоверно ниже.

При изучении частоты встречаемости нарушений фосфорно-кальциевого обмена было выявлено, что снижение уровня кальция ниже допустимых величин имеют 15% пациентов, гиперкальциемия имеется у 4% пациентов.

При проведении корреляционного анализа показателей фосфорно-кальциевого обмена с уровнем лак-

тоферрина выявлено, что в исследуемой выборке имеется высокая корреляция ($0,828$, $p < 0,01$) только между уровнями лактоферрина, фосфора и паратгормоном. По остальным показателям фосфорно-кальциевого обмена и ЛФ статистически достоверная корреляция не выявлена.

Заключение

В данном исследовании предпринята попытка максимальной широко рассмотреть особенности взаимосвязи и прогностического значения лактоферрина и регуляции его гена с клиническими и лабораторными проявлениями хронической болезни почек, впервые в мире, так как на сегодняшний день практически не существует исследований зависимости уровня лактоферрина от показателей фосфорно-кальциевого обмена.

В ходе исследования нами было проведено сопоставление концентрации лактоферрина в крови и показателей фосфорно-кальциевого обмена у 40 больных с хронической болезнью почек и 10 здоровых добровольцах.

Выявлено, что уровень ЛФ и фосфора у пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы достоверно ниже, чем у пациентов с хронической болезнью почек не иммунной природы. При этом данные ПЦР демонстрируют, что даже в образцах с наименьшим уровнем ЛФ, последовательность гена присутствует в геноме. Следовательно, снижение уровня ЛФ в крови может быть связано с заболеванием. Корреляции между стадией ХБП и уровнем лактоферрина получено не было. Уровень лактоферрина и фосфора у пациентов с хронической болезнью почек иммунной природы достоверно ниже, чем у пациентов с хронической болезнью почек не иммунной природы.

В дальнейшем необходимо проведение исследования с целью выявления и оценки прогностического значения лактоферрина при хронической болезни почек на более крупной выборке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова Е.И., Филипенко Н.В. Фекальный лактоферрин в выявлении колоректального рака на разных стадиях его развития // Проблемы здоровья и экологии. 2012. № 4 (34). С. 98–102
2. Зурнаджьянц В. А., Бондарев В. А., Кчибеков Э. А., Зурнаджьянц А. В. Ферропротеины в диагностике воспалительного процесса в ране при грыжах передней брюшной стенки // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2014. № 4 (175). С. 32–34
3. Немцова Е. Р. и др. Иммуноферментный метод определения лактоферрина человека и его использование для диагностики гнойно-септических осложнений // Вопросы медицинской химии. — 1995. — Т. 41. — № 3. — С. 58–61
4. Abrink M. et al. Expression of lactoferrin in the kidney: implications for innate immunity and iron metabolism // Kidney international. — 2000. — Т. 57. — № 5. — р. 2004–2010.
5. Григорьева Д. В. и др. Ca²⁺-сигнализация в нейтрофилах при действии рекомбинантного лактоферрина человека. — 2016. с. 239–242

6. Haag-Weber M, Schollmeyer P, Hörl WH: Granulocyte activation during haemodialysis in the absence of complement activation: Inhibition by calcium channel blockers. *Eur J Clin Invest* 1988;18:380–385. DOI:10.1111/j.1365–2362.1988.tb01027.x
7. Böhler J, Schollmeyer P, Dressel B, Dobos G et al.: Reduction of granulocyte activation during hemodialysis with regional citrate anticoagulation: dissociation of complement activation and neutropenia from neutrophil degranulation. *J Am Soc Nephrol* 1996;7:234–241. DOI:10.1159/000045683
8. Deicher R. et al. Neutrophil β 2-microglobulin and lactoferrin content in renal failure patients // *American Journal of Kidney Diseases*. — 2000. — Т. 35. — №. 6. — p. 1117–1126.
9. Schmaldienst S. et al. Angiogenin: a novel inhibitor of neutrophil lactoferrin release during extracorporeal circulation // *Kidney and Blood Pressure Research*. — 2003. — Т. 26. — №. 2. — p. 107–112.

© Мирзаева Сара Шамилевна (sara096@mail.ru), Гарафеева Рузана Ризвановна, Гериханова Марьям Магомедовна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Казань

ПРЕЖДЕВРЕМЕННАЯ ОТСЛОЙКА НОРМАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОЙ ПЛАЦЕНТЫ. АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

PLACENTAL ABRUPTION. ANALYSIS OF CLINICAL CASES

**J. Nechaeva
I. Kurako
A. Firsova**

Summary. An Abruptio placenta, represented in this article, is a critical and severe complication of gestation and delivery. We would like to adduce the newest statistical information of this problem and two cases from clinical practice of maternity hospital. The first case was unique, because abruption was identified in the conditions of imaginary well-being. The clinical picture had internal bleeding and there was antenatal death of fetus. Emergency caesarian section was performed. We noticed Couvelaire uterus and could save it. The second case had obvious symptoms of abruption placenta, that's why the complication was successfully prevented. There was a high possibility of vascular pathology on the mother's side in these two cases. According to these cases we want to remind, that abruption placentae must be diagnosed immediately. The abruption can result in fetal or mother death through severe bleeding leading to haemorrhagic shock, D.I.C. and Couvelaire uterus.

Keywords: placental abruption, Couvelaire Uterus, cesarean delivery.

Нечаева Юлия Станиславовна

Врач, ассистент, Тверской государственный
медицинский университет; ГБУЗ «Областной родильный
дом»

obstetrics_tver@mail.ru

Курако Ирина Александровна

Тверской государственный медицинский университет
kurako.irina@yandex.ru

Фирсова Анастасия Геннадьевна

Тверской государственный медицинский университет
anastasia_firsova@bk.ru

Аннотация. Главной проблемой, рассмотренной в данной статье, является одно из тяжелейших осложнений беременности и родов — преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты. Приведённые новейшие статистические данные подчёркивают актуальность и значимость данной проблемы. В статье представлены два клинических случая из практики родильного дома города Твери. Уникальность первого случая состоит в том, что ПОНРП у пациентки манифестировала на фоне мнимого благополучия. Клиническая картина острого внутреннего кровотечения сопровождалась признаками антенатальной гибели плода. При экстренном хирургическом лечении была проведена органосохраняющая операция, несмотря на развившееся осложнение — матку Кювелера. Выраженная симптоматика второго случая позволила своевременно поставить диагноз ПОНРП и успешно предотвратить данное осложнение. Анализ клинических случаев позволяет выявить высокую вероятность сосудистых нарушений со стороны матери. Авторы статьи подчеркивают, что ПОНРП требует незамедлительной постановки диагноза и принятия мер, направленных на предупреждение развития жизнеугрожающих осложнений, таких как геморрагический шок, ДВС-синдром, матка Кювелера, а также на минимизацию риска неблагоприятного исхода для матери и плода.

Ключевые слова: Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, матка Кювелера, кесарево сечение.

Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты (далее ПОНРП) — это частичное или полное отделение нормально расположенной плаценты от стенок матки, которое происходит до рождения плода во время беременности или родов в сроке 20 недель и более [1]. В России частота ПОНРП варьирует от 0,3–0,4% [2], выполнение срочного кесарева сечения по поводу ПОНРП составляет в среднем 50 на 2500 родов, из них тяжелые случаи — 0,05–0,08% всех родов [3], [4]. В ряде развитых стран частота данной патологии колеблется в довольно широких пределах — 0,3–1,4% от общего количества родов и увеличивается по мере приближения срока родов [4], [5]. Американские

авторы отмечают, что в новом тысячелетии частота тяжелых случаев ПОНРП значительно возросла [6], [7], [8], [9].

ПОНРП является одним из самых жизнеугрожающих осложнений беременности и родов, как со стороны матери, так и со стороны плода. Материнская смертность колеблется в значениях от 1,6 до 15,6% [4]. Наиболее тяжелыми осложнениями являются геморрагический шок (19,4%), матка Кювелера (16,5%) и ДВС-синдром (5,8%) [9], [11].

Известны и изучены многочисленные факторы, обуславливающие ПОНРП — сосудистые, гемостатические,

инфекционно-воспалительные, механические, генетические и даже социальные [2]. К предрасполагающим факторам данного осложнения относят преэклампсию, артериальную гипертонию, травму, короткую пуповину, большое количество родов, преждевременный разрыв плодных оболочек, злоупотребление алкоголем, употребление кокаина, аномалии матки [12].

В исследовании, проведенном в Китае, выявлены факторы риска развития ПОНРП, такие как недостаточная перинатальная помощь, задержка внутриутробного развития плода, ранняя преэклампсия или ее наличие во время предыдущей беременности [13]. Риск ПОНРП при последующей беременности у женщин, в анамнезе которых уже имелась ПОНРП, составляет 11,9% [2].

Клиническое течение ПОНРП зависит от степени отслойки, тяжести сопутствующей патологии, состояния системы гемостаза. Выраженность и характер симптомов ПОНРП определяются величиной и местом отслойки. Наиболее часто клиническая картина представлена кровотечением и симптомами геморрагического шока, болью в животе, гипертонусом матки, острой гипоксией плода. Однако ПОНРП может протекать и в легкой форме. При этом клинические симптомы будут скудными. Иногда столь грозное осложнение беременности и родов является случайной находкой при плановом ультразвуковом исследовании. [14]

В данном исследовании мы хотим продемонстрировать клинические случаи из врачебной практики родильных домов города Твери.

Клинический случай 1. Пациентка Б. 33 года. Соматический анамнез отягощен простудными заболеваниями, варикозной болезнью вен нижних конечностей. Менструальная функция без особенностей, гинекологические заболевания отрицает. Первая беременность 6 лет назад, нормальные срочные роды в 38–39 недель беременности, масса плода 2350,0. Роды и послеродовый период протекали без особенностей. Настоящая беременность вторая. На учете в женской консультации с 11 недель беременности. За период наблюдения в первой половине беременности ранний гестоз, 19–20 недель беременности — низкое расположение плаценты, 21–22 недели — плацентарные нарушения IA степени, проведено амбулаторное лечение с положительным эффектом (контрольная доплерометрия: признаков плацентарных нарушений нет). В 30 недель беременности — тазовое предлежание плода, в 31–32 недели беременности — бактериальный вагиноз, санирована. С 36 недели беременности отмечает повышение артериального давления до 140/80 мм рт. ст, получала гипотензивную терапию (метилдопа). В 38 недель беременности направлена в родильный дом для обследования, лечения ГВБ и родоразрешения.

При поступлении жалоб не предъявляла, показатели гемодинамики в норме. Матка в нормотонусе, безболезненна во всех отделах при пальпации. Положение плода продольное, предлежащая часть — головка плода. Сердцебиение ясное, ритмичное 140 уд/мин. По данным *per vaginam* отмечена незрелая шейка матки. При обследовании в анализах отклонений от нормы не выявлено. На КТГ — удовлетворительное состояние плода. Через 2 суток с момента поступления у пациентки внезапно появились жалобы на тянущие боли внизу живота. При объективном исследовании: пульс 80 уд/мин, АД 110/70 мм рт.ст. Родовой деятельности не отмечалось, матка возбудима при пальпации. Сердцебиение плода ритмичное, ясное, 140 уд/мин. Через 10 минут: жалобы на резко возникшее головокружение, тошноту, рвоту, усиление тянущих болей внизу живота. Состояние средней степени тяжести. Пульс — 86 уд/мин, АД 110/70 мм рт. ст. Кожные покровы бледные. Матка в гипертонусе, не расслабляется, болезненна при пальпации. Сердцебиение плода не выслушивается, шевеление не ощущается, выделения из половых путей — слизистые, светлые. При *per vaginam*, проведенном в условиях развернутой операционной, отмечены незрелые родовые пути. Предварительный диагноз: подозрение на ПОНРП, антенатальная гибель плода. Выполнено экстренное абдоминальное родоразрешение доступом по Stark. Матка вскрыта остро, края раны тупо разведены в стороны. Через 3 минуты за головку извлечена мертвая доношенная девочка, массой 3250,0 длиной 52 см. Вслед за ребенком в рану родилась плацента со сгустками — 600 мл. В мышцу матки был введен метилэргометрин в дозе 0,2 мг. Матка выведена в рану, на края раны наложены зажимы. При осмотре отмечалась матка Кювелера. Рана матки ушита отдельными 8-образными кетгутowymi швами и непрерывным швом ПГА по Ревердену. После введения сокращающих средств было решено придерживаться стратегии «*pack and wait*» в течении следующих 1,5 часов. Кровотечения не было. Матка оставалась плотной. Было решено сохранить матку и закончить операцию. Разрез передней брюшной стенки ушит послойно. Кровопотеря за операцию — 1500,0 мл. В послеоперационном периоде наблюдалась постгеморрагическая анемия тяжелой степени тяжести. Проводилась трансфузионная терапия свежезамороженной плазмой, эритроцитарной массой. Лапаротомная рана зажила первичным натяжением. Швы сняты на 7 сутки после операции. Пациентка выписана на 8 сутки послеоперационного периода. Через 2 года у данной пациентки третья беременность завершилась плановым кесаревым сечением в 38 недель и рождением здорового ребенка.

Клинический случай 2. Пациентка Ш. 28 лет. Соматический анамнез отягощен пневмонией, краснухой, ветряной оспой, варикозной болезнью вен нижних ко-

нечностей. Менструальная функция без особенностей. Гинекологические заболевания — эрозия шейки матки (ДЭК в 2015 году). Первая беременность закончилась родами, родился ребенок в доношенном сроке беременности массой 2570 г. Роды осложнились плотным прикреплением плаценты и кровотечением, в послеродовом периоде была осуществлена трансфузия свежезамороженной плазмы. Настоящая беременность вторая. Поставлена на учет в женскую консультацию в 9 недель беременности. Течение беременности: в 20 недель — низкая плацентация, в 23 недели — ОРВИ, в 26 недель — истмико-цервикальная недостаточность (произведена коррекция в стационаре акушерским пессарием), в 27–28 недель — плацентарные нарушения 1 А степени, маловодие, анемия 1 степени (проводилось стационарное лечение — без эффекта). В 37–38 недель направлена на стационарное лечение врачом женской консультации с диагнозом ложные схватки. При обследовании выявлен недостаточный рост плода. Лечение проводилось.

На 7 сутки у пациентки появились жалобы на излитие околоплодных вод, кровянистые выделения из половых путей. АД — 135/75 мм рт. ст., пульс — 90 ударов в минуту, ритмичный. Матка в гипертонусе, не расслабляется, болезненна при пальпации. Положение плода продольное, предлежит головка в малый таз. Сердцебиение плода приглушено, ритмичное 105–120 ударов в минуту. Околоплодные воды окрашены кровью. Заподозрена преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, в связи с чем решено закончить беременность путем операции кесарева сечения в экстренном порядке. Течение операции без особенностей. Кровопотеря составила 700 мл. Родился живой мальчик массой 2650 г, длиной 50 см, 7 баллов по Апгар. Ребенок переведен в детскую больницу, мать выписана на 6 сутки.

Выводы

1. Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты является одной из актуальных и приоритетных тем в связи с высоким риском неблагоприятных исходов для женщины, плода и новорожденного.

2. В ряде случаев ПОНРП манифестирует на фоне мнимого благополучия. Иногда столь грозное осложнение беременности и родов является случайной находкой при плановом УЗИ [14].

3. В обоих приведенных случаях при первой беременности отмечается низкий вес плода при доношенном сроке беременности, что позволяет предполагать возможные сосудистые нарушения со стороны матери.

4. До появления патогномичных признаков симптоматика ПОНРП схожа с рядом различных осложнений беременности и родов. Затруднение в дифференциальной диагностике может послужить причиной неверного выбора тактики ведения беременности и родов.

5. ПОНРП требует незамедлительной постановки диагноза и принятия мер, направленных на предупреждение развития жизнеугрожающих осложнений, таких как геморрагический шок, ДВС-синдром, матка Кювелера, а также на минимизацию риска неблагоприятного исхода для матери и плода.

6. Частота тяжелых случаев ПОНРП в сравнении с прошлым тысячелетием увеличивается, в связи с чем необходимость детального изучения данной проблемы значительно возрастает. Также необходимо отметить высокую частоту развития рецидивов [6], [7], [8], [9].

ЛИТЕРАТУРА

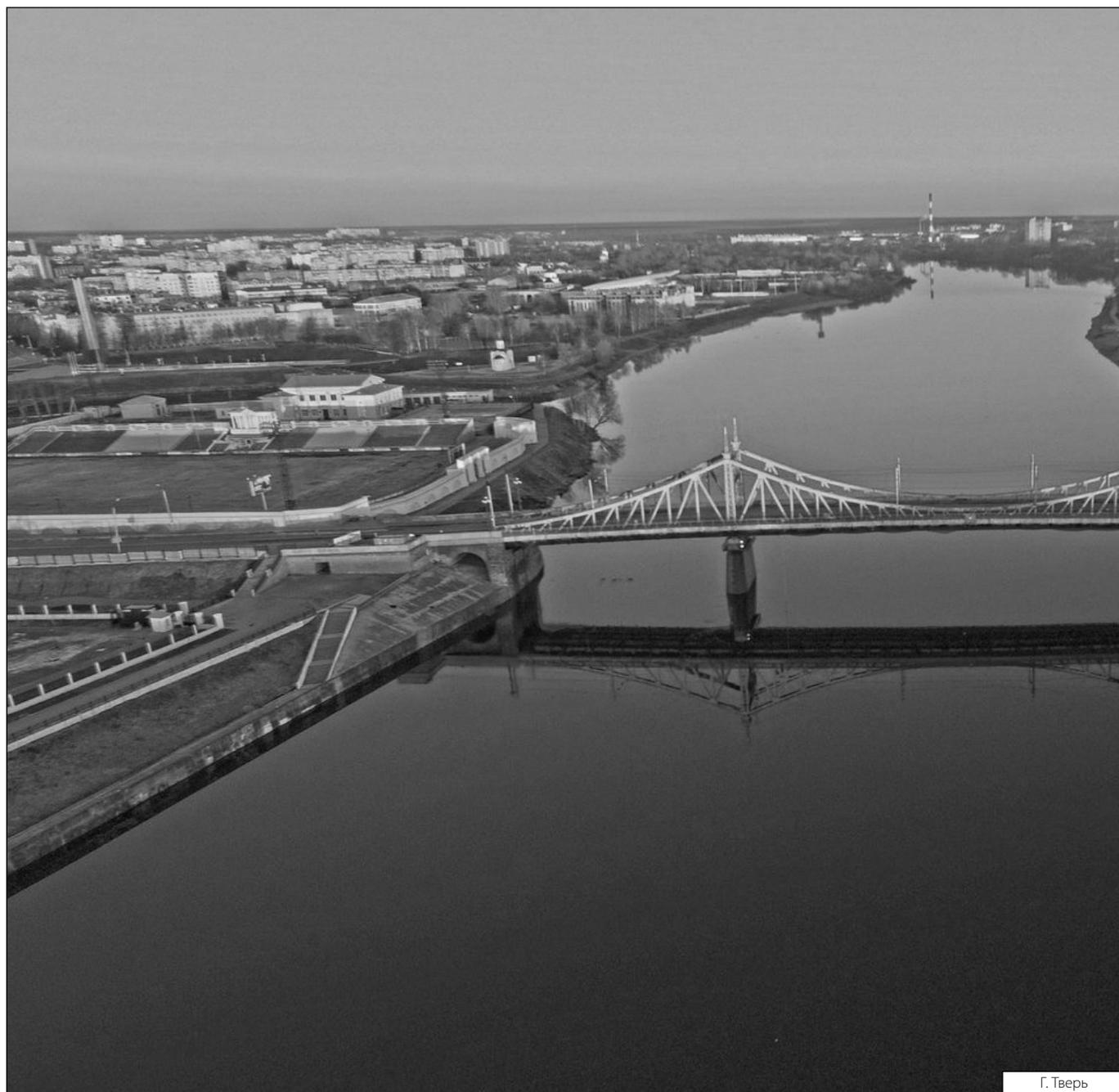
1. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists Antepartum Haemorrhage. Green-top. Guideline No. 63 November 2011.
2. Айламазян А. К., Кулаков В. И., Радзинский В. Е., Савельева Г. М., ред. Акушерство: Национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа. 2015;1200.
3. Гребнева О. С., Зильбер М. Ю., Волкова А. А. Дискуссионные вопросы патогенеза преждевременной отслойки плаценты (литературный обзор). Научное обозрение. Медицинские науки. 2016;2:33–43.
4. Ananth CV, Lavery JA, Vintzileos AM, Skupski DW, Varner M, Saade G. Severe placental abruption: clinical definition and associations with maternal complications. *Am J Obstet Gynecol.* 2016; 214:2:272.e1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.09.069>.
5. Айламазян Э. К. Неотложная помощь при экстремальных состояниях в акушерской практике // СПб.: СпецЛит, 2007. — 400 с; 121.
6. Tikkanen M. Placental abruption: epidemiology, risk factors and consequences. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2011;90:2:140–149. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0412.2010.01030.x>.
7. Räisänen S, Gissler M, Nielsen HS, Kramer MR, Williams MA, Heinonen S. Social disparity affects the incidence of placental abruption among multiparous but not nulliparous women: a registerbased analysis of 1,162,126 singleton births. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2013;171:2:246- <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2013.09.009>.
8. Ghaheh HS, Feizi A, Mousavi M, Sohrabi D, Mesghari L, Hosseini Z. Risk factors of placental abruption. *J Res Sci.* 2013;185:422–426. PMID: PMC3810579.
9. Geuneuc A, Carles G, Lemonnier M, Dallah F, Jolivet A, Dreyfus M. Placental abruption: Background and revisited prognostic factors about a series of 171 cases. *J Gynecol Obstet Biol Reprod. (Paris).* 2016;45:3:300–306. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2015.04.003>.

10. Kasai M, Aoki S, Ogawa M, Kurasawa K, Takahashi T, Hirahara F. Prediction of perinatal outcomes based on primary symptoms in women with placental abruption. *J Obstet Gynaecol Res.* 2015;41:6:850–856. <https://doi.org/10.1111/jog.12637>.
11. Tikkanen M, Luukkaala T, Gissler M, Ritvanen A, Ylikorkala O, Paavonen J. Decreasing perinatal mortality in placental abruption. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2013;92:3:298–305. <https://doi.org/10.1111/aogs.12030>.
12. G. Edward Morgan, Jr., MD Maged S. Mikhail, MD Michael J. Murray, MD, PhD Clinical Anesthesiology. 2018.1016.
13. Wang YN, Yang Z. Multivariate analysis of risk factors with placental abruption in preeclampsia. *Zhonghua Fu Chan KeZaZhi.* 2010;45:11:825–828.
14. Нагорнева С. В., Прохорова В. С., Шелаева Е. В. и др. Бессимптомная отслойка нормально расположенной плаценты в третьем триместре беременности/ *Журнал акушерства и женских болезней.*–2017.–Т.66.–№ 3.–С.97–104. doi: 10.17816/JOWD66397–104.

© Нечаева Юлия Станиславовна (obstetrics_tver@mail.ru),

Курако Ирина Александровна (kurako.irina@yandex.ru), Фирсова Анастасия Геннадьевна (anastasia_firsova@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Тверь

СОСТОЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА И СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ В ПОКОЕ И ПРИ НАГРУЗОЧНОМ ТЕСТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ У БОЛЬНЫХ ИБС

THE STATE OF THE STRAIN AND STRAIN RATE AT REST AND DURING THE LOAD TEST, DEPENDING ON THE SEVERITY OF CORONARY ARTERY DISEASE

S. Pirtskhalava
E. Asymbekova
L. Shakhnazaryan
B. Yusufov
Yu. Buziashvili

Summary. Myocardial strain is one of the new objective indicators of the functional state of the left ventricular myocardium. Changes in the strain during induced ischemia were studied predominantly with dobutamine stress echocardiography. In the stress test myocardial strain were not studied.

Aim: to study the state of myocardial strain and the strain rate at rest and during exercise test, depending on the severity of coronary artery disease.

Material and Methods: 34 patients with coronary heart disease have been examined. All patients underwent standard examination, stress echocardiography with a load, tissue dopplerography, coronary angiography. All patients were divided into 2 groups depending on the severity of coronary artery disease — group 1 — patients with a single vascular lesion, group 2 — with a multi-vascular lesion.

Results: In group 1, all patients had a lesion of one artery — the LAD in 83% of patients and in 17% — RCA. Myocardial strain at rest was reduced in patients of groups 1 and 2. In group 1, the average strain was $-15.5 \pm 2.02\%$, in group 2 — $-14.9 \pm 2.5\%$. The tolerance threshold for exercise in group 1 was higher than in group 2 ($p = 0.01$). In response to the load, the strain is worsened in both groups.

Conclusion: Changes in myocardial strain during stress echocardiography is a significant marker of the presence of myocardial ischemia and determines the severity of coronary artery disease.

Keywords: ischemic heart disease, left ventricle, stress echocardiography, myocardial strain, myocardial strain rate, systolic function, diastolic function.

Пирцхалава София Давидовна

Аспирант, Национальный медицинский
исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва
sofiko0311@yandex.ru

Асымбекова Эльмира Уметовна

Д.м.н., в.н.с., Национальный медицинский
исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

Шахназарян Лусине Самвеловна

К.м.н., врач-кардиолог, Национальный медицинский
исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

Юсуфов Борис Тельманович

Аспирант, Национальный медицинский
исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
имени А. Н. Бакулева Минздрава России, г. Москва

Бузиашвили Юрий Иосифович

Академик РАН, д.м.н., профессор, Национальный
медицинский исследовательский центр сердечно-
сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева Минздрава
России, г. Москва

Аннотация. Деформация миокарда является одним из новых объективных показателей функционального состояния миокарда левого желудочка. Изменения деформации при индуцированной ишемии изучались преимущественно при добутаминовой стресс-эхокардиографии. При нагрузочной пробе изменения деформации миокарда не изучались.

Цель исследования: изучить состояние деформации миокарда и скорости деформации в покое и при нагрузочном тесте в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

Материал и методы: Обследовано 34 больных ИБС кардиохирургического профиля. Всем больным проводили стандартное обследование, стресс-эхокардиографию с нагрузкой, тканевую доплерографию, коронарографию. Все больные были разделены на 2 группы в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий — 1 группа — пациенты с однососудистым поражением, 2 группа — с многососудистым поражением.

Результаты исследования: В 1 группе у всех больных было поражение одной артерии — ПМЖВ у 83% больных и у 17% — ПКА. Во 2 группе больных среднее число пораженных артерий на группу составило $3,2 \pm 1,1$.



Введение

Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) — метод неинвазивной оценки ИБС. Преимущества метода — переносимость, универсальность, быстрая доступность результатов и относительно низкая стоимость [1, 2, 3, 4, 5]. Стресс-ЭхоКГ допускает более точную стратификацию риска у пациентов с ИБС или риском ее развития [6]. Использование стресс-ЭхоКГ важно не только для визуализации и регистрации ишемии миокарда, но и определения объема данной ишемии миокарда, диагностики обратимости исходной дисфункции миокарда, диагностики гибернированного и оглушенного миокарда и т.д. [7, 8, 9].

Добавление изучения глобальной деформации (Str) к исходным характеристикам и фракции выброса (ФВ) у больных со стабильной ИБС к регрессионной модели значительно улучшило прогнозирование сердечных событий, напротив, добавление параметров Д у пациентов с ОИМ не увеличивало силу прогнозирования сердечных событий [10–13].

Степень изученности тематики остается на низком уровне. По данным литературы встречаются единичные работы по изучению деформации при стресс-ЭхоКГ с нагрузочными пробами [21], тогда как большинство исследований проводились с добутаминовой пробой [22, 23, 24, 25].

Цель исследования

Изучить состояние деформации миокарда и скорости деформации в покое и при нагрузочном тесте в зависимости от тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС

Материал и методы

Для выявления влияния степени тяжести поражения коронарных артерий на состояние ДФ миокарда 34

Деформация миокарда в состоянии покоя была снижена у больных 1 и 2 группы. Порог толерантности к физической нагрузке в 1 группе был выше, чем во 2 группе ($p=0,01$). В ответ на нагрузку происходит ухудшение деформации в обеих группах.

Заключение: изменения деформации миокарда при стресс-эхокардиографии является значимым маркером наличия ишемии миокарда и определяет степень тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, левый желудочек, стресс-эхокардиография, деформация миокарда, скорость деформации миокарда, систолическая функция, диастолическая функция.

больных ИБС были разделены на 2 группы: 1 группа — больные ИБС с однососудистым поражением коронарных артерий ($n=12$) и 2 группа — больные ИБС с многососудистым поражением коронарных артерий ($n=22$). Сравнительная клиничко-анамнестическая характеристика больных двух групп представлена в таблице 1.

Всем больным проводился стандартный объем обследования, включая коронароангиографию, стресс-эхокардиографию с нагрузкой, тканевую доплерографию. Пациенты за 48 часов до исследования отменяли прием бета-блокаторов. У всех пациентов оценивалась сократительная и диастолическая функции (ДФ) левого желудочка, деформация миокарда до и после нагрузки, другие значимые показатели.

Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета статистических программ STATISTICA фирмы StatSoft, Inc., (США) версии 10.0.

Результаты собственных исследований

Функциональное состояние больных 1 и 2 групп представлено в таблице 2.

Диастолическая функция левого желудочка у больных ИБС в первой и второй группах представлена в таблице 3.

Степень поражения коронарных артерий (одно- или многососудистое поражение) в отличие от систолической функции и сократимости миокарда имеет значение при анализе диастолической функции. Так, и в 1 группе, и во 2 группе ДФЛЖ нарушена — преобладает скорость позднего наполнения над скоростью раннего наполнения и соответственно отношение Е/А меньше единицы, не различаясь между группами. Но принципиальной разницей между группами является то, что ДФ у боль-

Таблица 1. Клинико-anamnestическая характеристика больных

| Показатели | 1 группа, n=12 | 2 группа, n=22 |
|--------------------------------------|----------------|----------------|
| Возраст, лет | 61,2±10,2 | 62,2±10,8 |
| Пол муж/жен | 11/1 | 17/5 |
| Возраст манифестации ИБС, лет | 59,2±9,5 | 59,4±12,7 |
| Индекс массы тела, кг/м ² | 26,9±2,4 | 27,6±3,3 |
| Стенокардия, средний ФК | 2,2±0,6 | 2,6±1,1 |
| Стабильная стенокардия напряжения | 8/67% | 19/86% |
| Инфаркт миокарда в анамнезе | 6/50% | 11/50% |
| Артериальная гипертензия | 8/66% | 13/59% |
| Сахарный диабет | 2/16% | 2/9% |
| Атеросклероз периферических артерий | 2/16% | 4/18% |
| Дислипидемия | 3/25% | 4/18% |

Таблица 2. Функциональное состояние больных 1 и 2 группы.

| Показатели | 1 группа | 2 группа | p |
|---------------------|------------|------------|-----|
| АД систол., мм ртст | 155,4±38,5 | 154,3±35,6 | 0,9 |
| АД диаст., мм ртст | 87,9±27 | 89±15 | 0,9 |
| ЧСС, уд/мин | 71±5,1 | 70±9,2 | 0,9 |
| КДО, мл | 115±21 | 110±26 | 0,8 |
| КСО, мл | 46±9,9 | 49±15 | 0,8 |
| ФВ,% | 58±3,7 | 55±4,8 | 0,6 |
| ИНСС | 1,09±0,08 | 1,18±0,13 | 0,6 |

Таблица 3. Показатели диастолической функции левого желудочка

| Показатели | 1 группа | 2 группа | P |
|---|-----------|----------|------|
| E, см/сек | 73,4±13,8 | 78,5±27 | 0,2 |
| A, см/сек | 85±36 | 90±14 | 0,5 |
| Время замедления (DT), мсек | 189±36 | 178±36 | 0,4 |
| Время изоволюметрического расслабления (IVRT), мсек | 95,7±11 | 98,7±15 | 0,6 |
| S/D | 1,3±0,4 | 1,2±0,2 | 0,3 |
| E/A | 0,99±0,4 | 0,95±0,2 | 0,6 |
| E/e | 7,5±2,0 | 9±3,9 | 0,2 |
| Коэффициент жесткости | 0,43±0,09 | 0,45±0,1 | 0,5 |
| Индекс Tei | 0,56±0,1 | 0,62±0,1 | 0,05 |

ных с многососудистым поражением коронарных артерий была более тяжелой степени (по отношению E/e). Последний показатель отражает повышенное давление в левом предсердии при повышении более 8. Единственно, индекс Tei был увеличен выше нормы в обеих группах и выше во второй группе, чем в первой (p=0,05) (Рис. 1).

Как видно из рисунка, у всех больных было поражение ПКА, системы огибающей артерии, у 77% поражение передней межжелудочковой артерии.

Деформация миокарда в состоянии покоя была снижена у больных 1 и 2 группы. В 1 группе усредненная де-

формация была $-15,5 \pm 2,02\%$, во 2 группе — $14,9 \pm 2,5\%$ (p=0,1). При измерении деформации миокарда в различных позициях разницы между группами также не было (Рис. 2).

Как видно из представленных данных, в группе больных с многососудистым поражением деформация миокарда в состоянии покоя была ниже, чем у больных с однососудистым поражением. Наличие локальной асинергии миокарда сопровождается снижением деформации миокарда левого желудочка. Больным 1 и 2 группы проводилась стресс-эхокардиография с нагрузкой на тредмилле (таблица 4).

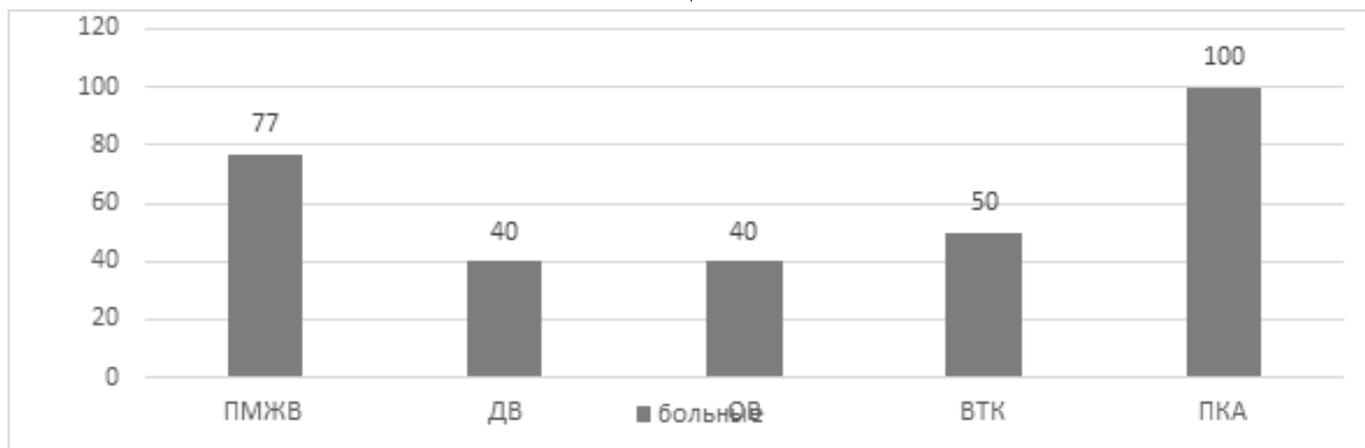


Рис. 1. Распределение больных по поражению коронарных артерий во 2 группе больных.

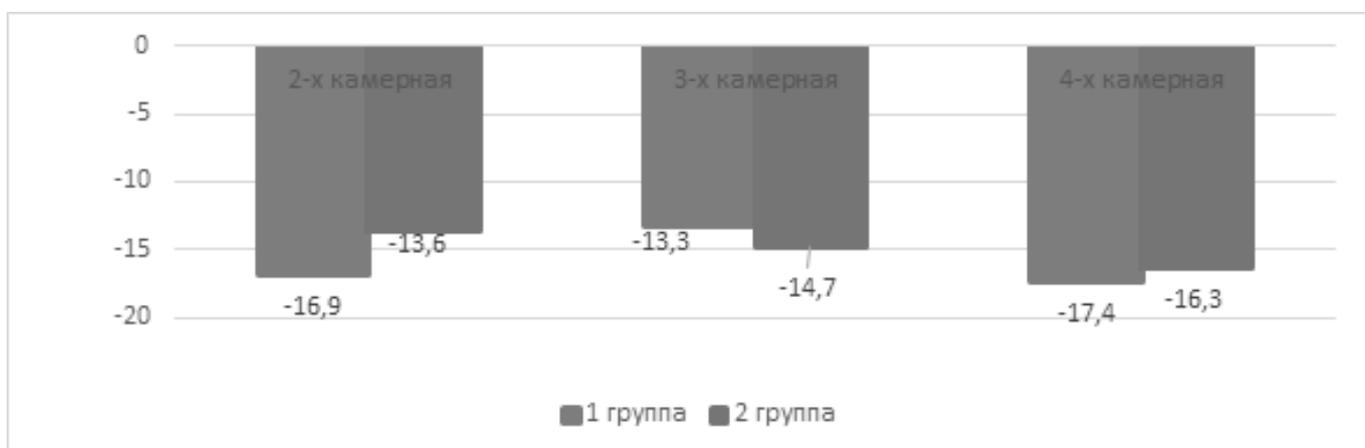


Рис. 2. Деформация миокарда в состоянии покоя в двух группах больных

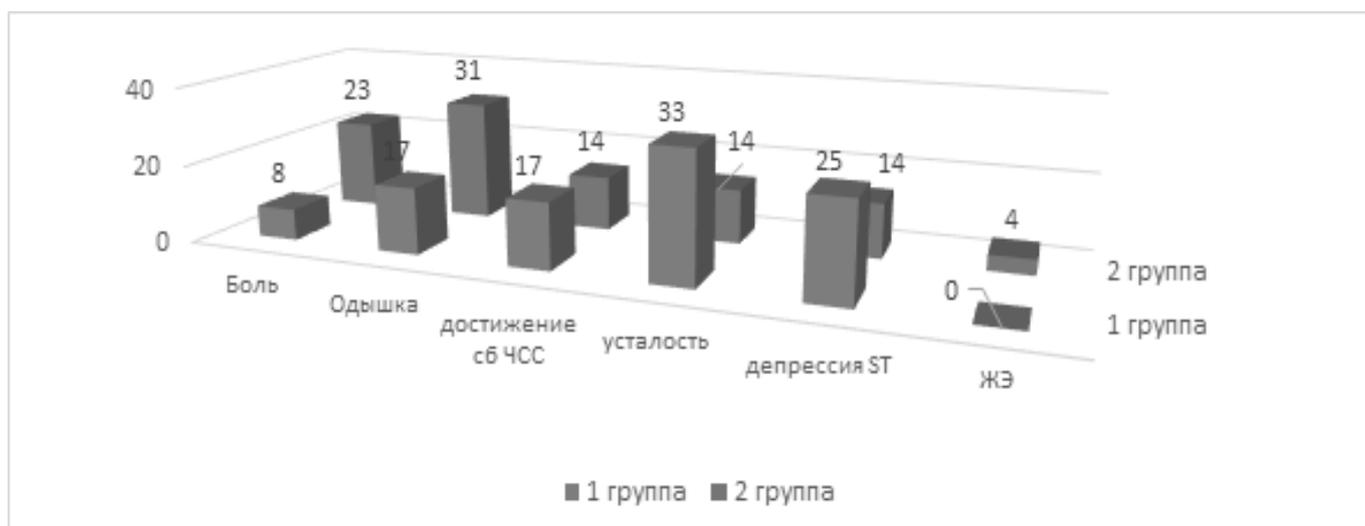


Рис. 3. Критерии прекращения пробы с нагрузкой на тредмиле

Таблица 4. Результаты стресс-ЭхоКГ с тредмиллом

| Показатели | 1 группа | 2 группа | p |
|---------------------------|----------|----------|------|
| ЧСС исходно, уд/мин | 71±5,1 | 70±9,2 | нд |
| КДО исходно, мл | 115±21 | 110±26 | нд |
| КСО исходно, мл | 46±9,9 | 49±15 | нд |
| ФВ исходно,% | 58±3,7 | 55±4,8 | нд |
| Порог толерантности, mets | 6,65±1,5 | 5,4±1,1 | 0,01 |
| Макс. ЧСС, уд/мин | 128±10,4 | 127,5±17 | нд |
| Время нагрузки, мин | 4,0±1,8 | 3,3±1,3 | 0,2 |
| КДО п/е нагрузки, мл | 100±20 | 108±20 | нд |
| КСО п/е нагрузки, мл | 44±10 | 56±16 | 0,02 |
| ФВ п/е нагрузки,% | 56±7 | 48±9,4 | 0,01 |

Таблица 5. Деформация миокарда до и после нагрузки

| Показатели | 1 группа | | | 2 группа | | |
|----------------|----------|----------|-------|----------|----------|--------|
| | до | после | P | до | после | P |
| ДФ 2-х | 16,9±3,6 | 14,9±3,1 | 0,1 | 13,6±2,9 | 8,3±2,7 | 0,0001 |
| ДФ 3-х | 13,3±0,4 | 12,2±5,8 | 0,009 | 14,7±2,6 | 10,1±3,2 | 0,0001 |
| ДФ 4-х | 17,4±4,6 | 11,9±4,7 | 0,5 | 16,3±2,9 | 13,4±3,8 | 0,006 |
| Усредненная ДФ | 15,9±2,0 | 13,0±4,5 | 0,02 | 14,9±2,5 | 10,2±3,2 | 0,0001 |

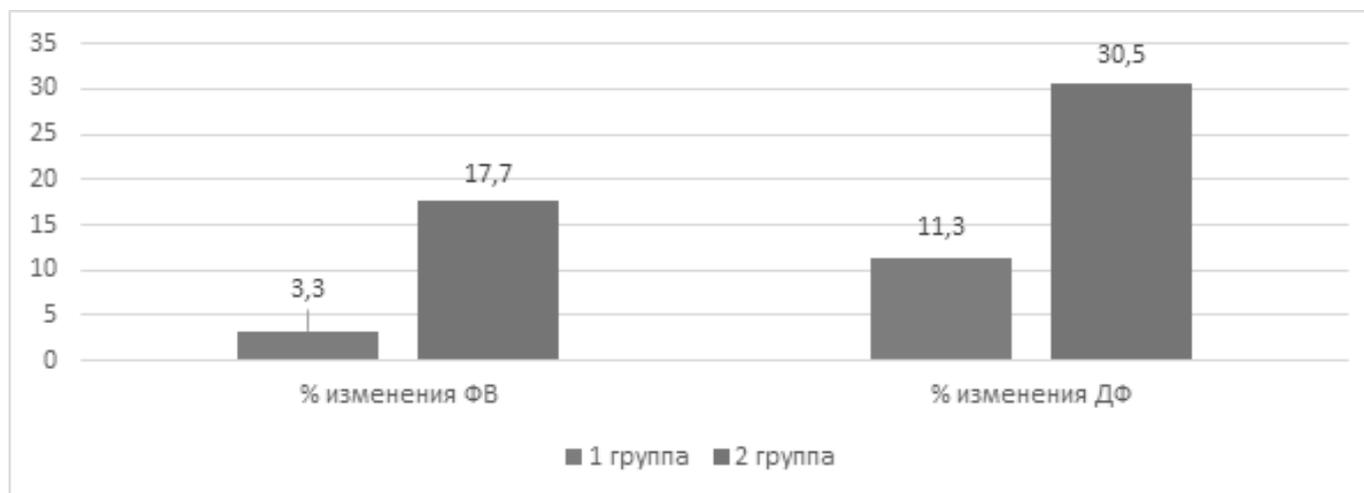


Рис. 4. Степень уменьшения ФВ и деформации миокарда

По исходным параметрам 1 и 2 группы не различались. Несмотря на различное поражение коронарных артерий, достижение максимальной ЧСС в среднем по группе существенно не различалось между группами. Время нагрузки у них было разным, во 2 группе меньше, чем в 1 группе, но статистически незначимо. Порог толерантности к физической нагрузке в 1 группе был выше, чем во 2 группе (p=0,01).

Критерием прекращения пробы явилось достижение субмаксимальной ЧСС, усталость, приступ стенокардии, изменения сегмента ST, появление желудочковых нарушений ритм сердца, одышка (Рис3). На рисунке показано, что в обеих группах только у 17% и 14% больных критерием прекращения пробы явилось достижение субмаксимальной ЧСС, явные признаки ишемии миокарда (боль, одышка, депрессия сегмента ST, провокация

Таблица 6. Показатели диастолической функции левого желудочка до и после нагрузки.

| Показатели | 1 группа | | | 2 группа | | |
|-----------------------|-----------|-----------|------|----------|-----------|--------|
| | до | после | P | до | после | P |
| E, см/сек | 73,4±13,8 | 82,6±19,7 | 0,19 | 78,5±27 | 82,4±13,8 | 0,54 |
| A, см/сек | 85±36 | 84,9±27 | 0,9 | 90±14 | 82,6±31 | 0,31 |
| DT, мсек | 189±36 | 157,5±47 | 0,07 | 178±36 | 131,6±30 | 0,0001 |
| IVRT, мсек | 95,7±11 | 80,2±18 | 0,01 | 98,7±15 | 79,6±24 | 0,002 |
| Ar, см/сек | 27,7±5,7 | 35,9±10 | 0,02 | 26±3,6 | 31,4±6,8 | 0,02 |
| S/D | 1,3±0,4 | 1,3±0,2 | 1,0 | 1,2±0,2 | 1,2±0,34 | 1,0 |
| E/A | 0,99±0,4 | 1,02±0,3 | 0,8 | 0,95±0,2 | 1,3±1,1 | 0,14 |
| E/e | 7,5±2,0 | 6,9±2,1 | 0,48 | 9±3,9 | 9,5±1,3 | 0,8 |
| Коэффициент жесткости | 0,43±0,09 | 0,64±0,47 | 0,14 | 0,45±0,1 | 0,66±0,17 | 0,0001 |
| Индекс Tei | 0,56±0,1 | 0,58±0,18 | 0,7 | 0,62±0,1 | 0,75±0,21 | 0,01 |

желудочковой экстрасистолии) были у большинства — 50% в 1 группе и 72% во 2 группе ($p=0,2$).

После нагрузки по ЭхоКГ происходит небольшое уменьшение КДО в обеих группах, изменения же КСО было противоположным (уменьшение КСО в 1 группе ($p=0,6$) и увеличение КСО во 2 группе, ($p=0,14$). Реакция на нагрузку была у них идентичной (независимо от степени поражения коронарных артерий) — усредненная деформация миокарда уменьшилась значительно в обеих группах больных (1 группа — $p=0,02$, 2 группа — $p=0,0001$) (таблица 5).

Степень изменения ФВ и деформации миокарда по сравнению с исходным значением показана на рисунке 4.

Внутри групп разница между снижением ФВ и снижением деформации миокарда была статистически достоверной — в пользу последнего показателя (1 группа — степень снижения ФВ — $3,3\pm 12,5\%$ и степень снижения Str- $11,3\pm 3,2\%$, $p=0,007$; 2 группа — соответственно $17,7\pm 26\%$ и $30,5\pm 20,3$, $p=0,01$). После нагрузки изменения показателей диастолической функции при стресс-ЭхоКГ с нагрузочной пробой у больных 1 и 2 групп представлены в таблице 6.

В 1 группе больных отмечается все же ухудшение в виде перехода из 1 степени с повышенным давлением в левом предсердии во 2 степень нарушения ДФ (развитие псевдонормализации) с увеличением коэффициента жесткости ($p=0,0001$). Также в отличие от 1 группы у больных 2 группы нагрузочный тест сопровождается увеличением индекса Tei ($p=0,01$).

Обсуждение полученных результатов. Эхокардиографическая оценка регионарной функции миокарда играет решающую роль в диагностике и лечении ИБС и в большинстве случаев опирается на визуальное обна-

ружение аномалии движения эндокарда и оценке ФВЛЖ. Однако этот подход субъективен и оператор зависим, требуется оптимальная визуализация эндокарда, и зависит от изменения сердечной нагрузки и частоты сердечных сокращений. Существует необходимость в объективном, всеобъемлющем, неинвазивном измерении показателей функции миокарда и его сократительной способности с приемлемой интерпретативной изменчивостью. Допплеровская визуализация ткани, которая измеряет скорость движения миокарда во время систолы и диастолы используется для количественной оценки функции желудочков и более чувствительна к тонким изменениям сократимости, чем фракция выброса [10–13].

Нарушения деформации миокарда видны в начале развития многих патофизиологических состояний, в том числе и при ишемии, и могут обеспечить чувствительное средство для обнаружения региональной дисфункции миокарда. При ишемии миокарда самые ранние изменения проявляются в субэндокардиально расположенных продольных мышцах левого желудочка, функциональное состояние которых можно анализировать посредством определения деформации миокарда как в режиме тканевой доплерографии, так и в 2D-серошкальном режиме [15–19].

Деформация миокарда может быть полезна в определении тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС.

Заключение: таким образом, деформация миокарда и скорость деформации миокарда являются объективными и значимыми показателями функционального состояния миокарда левого желудочка. Изменения деформации миокарда при стресс-эхокардиографии является значимым маркером наличия ишемии миокарда и определяет степень тяжести поражения коронарных артерий у больных ИБС. При однососудистом поражении коронарных артерий в покое деформация миокарда несколь-

ко снижена, а при многососудистом поражении она резко снижена. При стрессэхокардиографии с нагрузочной пробой у больных ИБС степень ухудшения деформации миокарда превышает степень снижения ФВ, так при од-

нососудистом поражении коронарных артерий степень снижения ФВ составила 3,3%, а степень снижения деформации миокарда — 11,3%, а при многососудистом поражении — 17,7% и 30,5%, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aboukhoudir I, Rekik S. Biphasic reaction to dobutamine stress echocardiography as a predictor of coronary artery spasm: Apropos of 3 cases//Ann CardiolAngeiol (Paris). 2015 Nov;64(5): p372–377. DOI: 10.1016/j.ancard.2015.09.028.
2. El Mahmoud R, Mansencal N, Dubourg O. A patient with chest pain during dobutamine stress echocardiography//Eur Heart J. 2014 Mar;35(12):757. doi: 10.1093/eurheartj/eh473.
3. Minoshima M, Noda A, Kobayashi M, Miyata S, Hirashiki A, Okumura T, et.al. Endomyocardial radial strain rate imaging during dobutamine stress echocardiography for the evaluation of contractile reserve in patients with dilated cardiomyopathy//J Clin Ultrasound. 2016 Nov 12;44(9): p555–560. doi: 10.1002/jcu.22376. Epub 2016 Jul 14.
4. Abram S, Arruda-Olson AM, Scott CG, Pellikka PA, Nkomo VT, Oh JK, et.al. Typical blood pressure response during dobutamine stress echocardiography of patients without known cardiovascular disease who have normal stress echocardiograms. //Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2016 May;17(5):557–63. doi: 10.1093/ehjci/jev165. Epub 2015 Jul 22.
5. Hoogslag GE, Joyce E, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V.// Assessment of global left ventricular excursion using three-dimensional dobutamine stress echocardiography to identify significant coronary artery disease/ J. Echocardiography 2016 Oct;33(10): p1532–1538. doi: 10.1111/echo.13285. Epub 2016 Jun 16.
6. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A. Exercise echocardiography//World J Cardiol. 2010 Aug 26;2(8): p223–232. doi: 10.4330/wjc.v2.i8.223.
7. Асымбекова Э. У. /Диагностика и тактика лечения больных ИБС с обратимыми формами дисфункции миокарда левого желудочка// Автореф. дисс. д-ра. мед.наук. Москва; 1999. Asymbekova E. U. / Diagnosis and treatment of patients with coronary artery disease with reversible forms of left ventricular myocardial dysfunction. Author. diss. dr. med. Moscow, 1999
8. Бузиашвили Ю. И., Асымбекова Э. У., Мадалимов Р. Р., Рахмихудова Н. Г., Шерстянникова О. М., Ахмедярова Н. К. Состояние диастолической функции левого и правого желудочков у больных ИБС и ее изменения под влиянием ингибитора ангиотензинпревращающего фермента // Бюллетень НЦССХ им. А. Н. Бакулева ПАМН Сердечно-сосудистые заболевания. 2011. Т. 12. № 2. С. 33–43. Buziashvili Yu. I., Asymbekova E. U., Madalimov RR, Rakhmihudoeva N. G., Sherstyannikova OM, Akhmedyarova N. K. The state of the diastolic function of the left and right ventricles in patients with coronary artery disease and its changes under the influence of an angiotensin-converting enzyme inhibitor // Bulletin NTSSSH them. A. N. Bakulev RAMS Cardiovascular diseases. 2011. V. 12. No. 2. S. 33–43.
9. Wierzbowska-Drabik K, Trzos E, Kurpesa M, Rechcinski T, Miskowicz D, Cieslik-Guerra U, Uznanska-Loch B, Sobczak M, Kasprzak JD. Diabetes as an independent predictor of left ventricular longitudinal strain reduction at rest and during dobutamine stress test in patients with significant coronary artery disease// Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017 Dec 9. doi: 10.1093/ehjci/jex315.
10. Scharrenbroich J, Hamada S, Keszei A, Schröder J, Napp A, Almalla M1, et.al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease//J. ClinCardiol. 2018 Jan;41(1):111–118. doi: 10.1002/clc.22860. Epub 2018 Jan 23.
11. Ng AC, Thomas L, Leung DY. Tissue Doppler echocardiography//J. Minerva Cardioangiol. 2010 Jun;58(3):357–78. doi: 10.1016/j.ahj.2009.09.010. Epub 2009 Oct 3.
12. Aggeli C, Lagoudakou S, Felekos I, Panagopoulou V, Kastellanos S, Toutouzias K, et.al. Two-dimensional speckle tracking for the assessment of coronary artery disease during dobutamine stress echo: clinical tool or merely research method. //J. Cardiovasc Ultrasound. 2015 Oct 24;13:43. doi: 10.1186/s12947–015–0038-z.
13. Rumbinaite E, Zaliaduonyte-Peksiene D, Lapinskas T, Zvirblyte R, Karuzas A, Jonauskienė I, et.al. Early and late diastolic strain rate vs global longitudinal strain at rest and during dobutamine stress for the assessment of significant coronary artery stenosis in patients with a moderate and high probability of coronary artery disease// JournalEchocardiography. 2016 Oct;33(10): p 1512–1522. doi: 10.1111/echo.13282. Epub 2016 Jun 16.
14. Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? // J AmCollCardiol. 2006 Apr 4;47(7): p 1313–1327. Epub 2006 Mar 20. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.11.063
15. Jamal F, Sutherland GR, Weidemann F, D'hooge J, Bijns B, Derumeaux G. Can changes in systolic longitudinal deformation quantify regional myocardial function after an acute infarction? An ultrasonic strain rate and strain study. J Am SocEchocardiogr. 2002;15:723–730.
16. Williams RI, Payne N, Phillips T, D'hooge J, Fraser AG. Strain rate imaging after dynamic stress provides objective evidence of persistent regional myocardial dysfunction in ischaemic myocardium: regional stunning identified? Heart. 2005;91:152–160. DOI: 10.1136/hrt.2003.027490
17. Liang HY, Cauduro S, Pelliikka P, Wang J, Urheim S, Yang EH, et.al. Usefulness of two-dimensional speckle strain for evaluation of left ventricular diastolic deformation in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol. 2006;98:1581–1586. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.07.038
18. Zhang L, Wu WC, Ma H, Wang H. Usefulness of layer-specific strain for identifying complex CAD and predicting the severity of coronary lesions in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: Compared with Syntax score.// Int J Cardiol. 2016 Nov 15;223: p1045–1052. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.08.277. Epub 2016 Aug 18.
19. Chang WT, Tsai WC, Liu YW, Lee CH, Liu PY, Chen JY, Li YH, Tsai LM. Changes in right ventricular free wall strain in patients with coronary artery disease involving the right coronary artery// J Am SocEchocardiogr. 2014 Mar;27(3): p 230–238. doi: 10.1016/j.echo.2013.11.010. Epub 2013 Dec 11.

20. Liu C, Li J, Ren M, Wang ZZ, Li ZY, Gao F, Tian JW. Multilayer longitudinal strain at rest may help to predict significant stenosis of the left anterior descending coronary artery in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome. // *Int J Cardiovasc Imaging*. 2016 Dec;32(12): p 1675–1685. Epub 2016 Aug 13. DOI: 10.1007/s10554-016-0959-0
21. Muramatsu T, Nishimura S, Yamashina A, Nishimura T Relation between prognosis and myocardial perfusion imaging from the difference of end-point criterion for exercise stress testing: a sub-analysis of the J-ACCESS study// *JournalCardiol*. 2010 Jul; 56 (1): p 51–8 DOI: 10.1016/j.jjcc.2010.02.005
22. Roushdy A, Abou El SeoudY, AbdElrahman M, Wadea B, Eletriby A, Abd El Salam Z. The additional utility of two-dimensional strain in detection of coronary artery disease presence and localization in patients undergoing dobutamine stress echocardiogram. *Echocardiography*. 2017 Jul;34(7): p 1010–1019. doi: 10.1111/echo.13569. Epub 2017 May 26.
23. Wierzbowska-Drabik K, Plewka M, Kasprzak JD. Variability of longitudinal strain in left ventricular segments supplied by non-stenosed coronary artery: insights from speckle tracking analysis of dobutamine stress echocardiograms in patients with high coronary risk profile. *ArchMedSci*. 2017 Feb 1;13(1): p 82–92. doi: 10.5114/aoms.2016.60603. Epub 2016 Jun 14
24. Voigt JU, ExnerB, Schmiedehausen K, Huchzermeyer C, Reulbach U, Nixdorff U, Platsch G, Kuwert T, Daniel WG, Flachskampf FA. Strain-rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia//*Journal Circulation*. 2003 Apr 29;107(16): p 2120–2126. Epub 2003 Apr 7. DOI: 10.1161/01.CIR.0000065249.69988.AA
25. Norum IB, Ruddox V, Edvardsen T, OtterstadJE. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. A systematic review. *BMC Med Imaging*. 2015 Jul 25;15:25. doi: 10.1186/s12880-015-0067-y.p 1–12

© Пирцхалава Софиа Давидовна (sofiko0311@yandex.ru), Асымбекова Эльмира Уметовна, Шахназарян Лусине Самвеловна,
Юсуфов Борис Тельманович, Бузиашвили Юрий Иосифович,
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ДЕПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК ПЕРВОСТЕПЕННЫЙ ЭТАП В ТОТАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОККЛЮЗИИ

DEPROGRAMMING AS THE PRIMARY STAGE IN TOTAL RECONSTRUCTION OF OCCLUSION

**M. Terekhov
Z. Khabadze
G. Davreshyan
L. Kojevnikova
V. Slonova
O. Magomedov**

Summary. This article aims to consider deprogramming as a necessary and paramount stage in the treatment of patients with occlusion disorders and temporomandibular disorders. The analysis of the literature identifies the goals and objectives of the deprogramming, as well as the methods used to perform the muscle relaxation of the masticatory muscles and determine the central relation. On the basis of the applied methods of deprogramming and further analysis, using the methods of neuromuscular diagnosis, the most rational choice of the method of deprogramming was chosen.

Keywords: temporomandibular joint, bite, central occlusion, deprogramming.

Терехов Матвей Сергеевич

Российский университет дружбы народов

Хабадзе Зураб Суликоевич

К.м.н., доцент, Российский университет дружбы народов

dr.zura@mail.ru

Даврешян Георгий Князович

Российский университет дружбы народов

Кожевникова Людмила Алексеевна

К.м.н., старший преподаватель, Российский университет дружбы народов

Слонова Вераника Муратовна

К.м.н., старший преподаватель, Российский университет дружбы народов

Магомедов Омар Ибрагимович

Ординатор, Российский университет дружбы народов

Аннотация. В данной статье ставится задача рассмотреть депрограммирование (deprogramming — с англ. — депрограммирование, депрограммация), как необходимый и первостепенный этап при лечении пациентов с нарушениями окклюзии и височно-нижнечелюстными расстройствами. В результате анализа литературы определены цели и задачи депрограммирования, а также методы, использующиеся для осуществления миорелаксации жевательных мышц и определения центрального соотношения. На основе применяющихся методов и дальнейшего анализа, используя методы нейромускулярной диагностики, выбран наиболее рациональный выбор метода депрограммирования.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, прикус, центральная окклюзия, депрограммирование.

Введение

Нарушение прикуса вызывает несбалансированную работу мышц, которая помогает приспособить положение нижней челюсти к верхней челюсти [1].

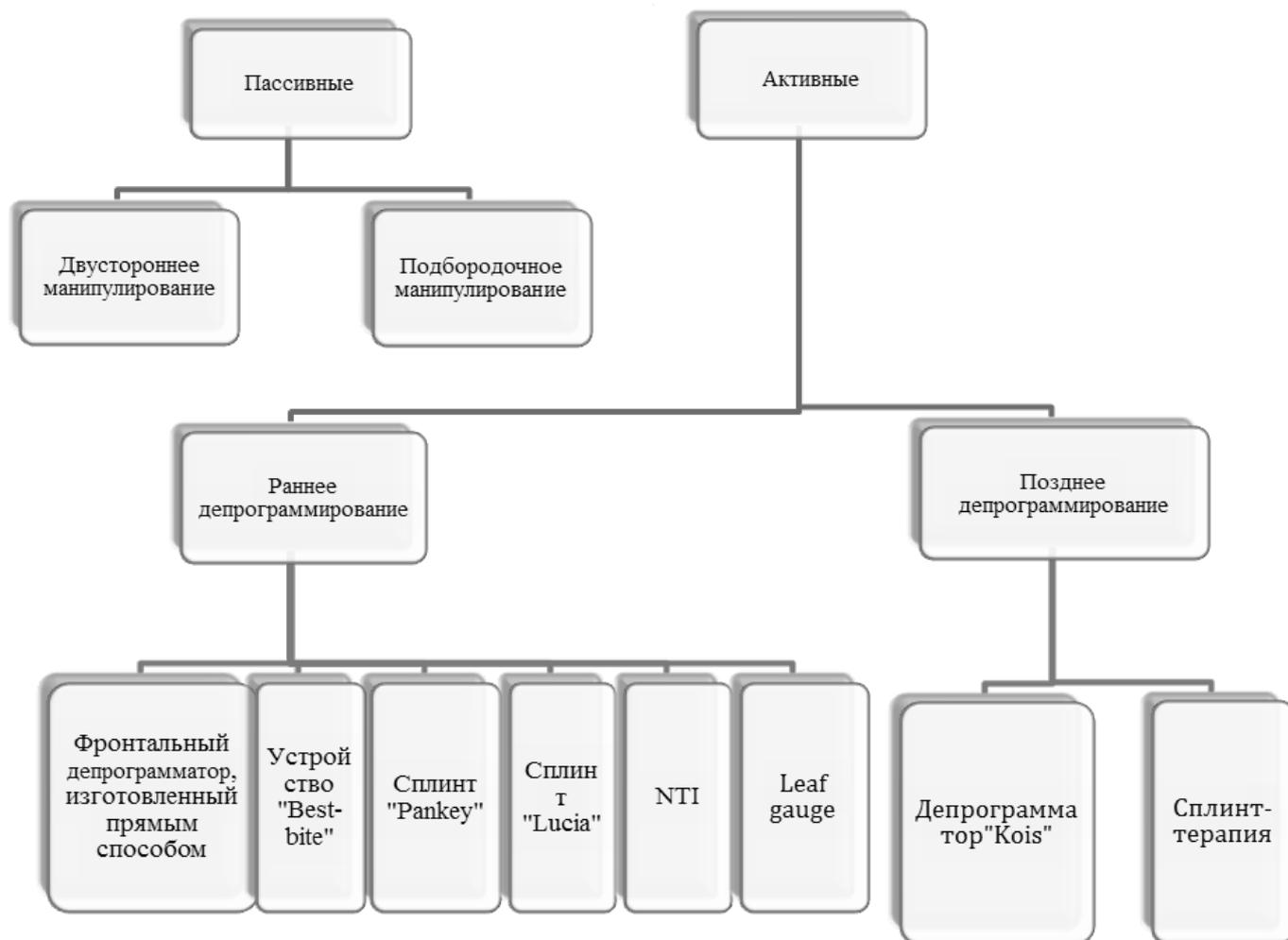
Центральная окклюзия (ЦО) или максимальный фиссурно-бугорковый контакт определяется как «полное сопоставление антагонизирующих зубов независимо от положения мышечка» [3], оно полностью определяется анатомией зубов [4]. Центральное соотношение (ЦС) определяется как положение нижней челюсти, в котором мышечки соприкасаются с тончайшей бессосудистой частью их соответствующих дисков в передне-верхнем положении склонов суставного возвышения. Эта позиция не зависит от контакта зубов [3]. Несоответствия между ЦС и ЦО приводит к механическому мышечному стрессу, гипоксии и катаболическому метаболизму [2].

Гнатологи предположили, что для стабильного восстановления зубного ряда необходимо использовать ЦС [5], а эффективным методом его определения является депрограммирование [6]. Суть депрограммирования — это снижение активности мышц, путем изменения адаптированного центрального положения челюстей для устранения напряжения, дискомфорта, боли в височно-нижнечелюстном комплексе, а ее задачами являются:

1. Определение центрального соотношения, и его регистрация
2. Изменение мышечной памяти
3. Создание окклюзионного равновесия

Целью данной работы является обзор современных методов депрограммирования.

Существующие в данный момент методы депрограммирования описаны на представленной ниже схеме.



Проведение методик

I. Пассивные методы депрограммирования:

Все методы приводят к расслаблению латеральных крыловидных мышц.

А) Двустороннее манипулирование (Dawson)

Этап 1: Полностью откинуть спинку стоматологического кресла пациента.

Подбородок должен смотреть строго вверх (подбородок направленный вверх, облегчает расположение пальцев врача на нижней челюсти и также предотвращает непреднамеренное выдвижение нижней челюсти вперед)

Этап 2: Стабилизация головы.

Плотная фиксация головы таким образом, чтобы она не смещалась при манипуляциях с нижней челюстью

(голова пациента зажимается между грудной клеткой и предплечьем врача)

Этап 3: После стабилизации головы следует опять поднять подбородок пациента, чтобы немного растянуть шею.

Этап 4: Размещение четырех пальцев врача каждой руки на нижнем крае челюсти.

Мизинец должен располагаться немного позади угла нижней челюсти. Подушечки пальцев должны располагаться на кости, собираясь как будто поднять голову пациента. Все пальцы должны быть сведены вместе.

Этап 5: Сведение больших пальцев вместе так, чтобы каждая кисть приняла форму буквы С.

Большие пальцы должны попасть в углубление над симфизом. В этот момент не должно оказываться какое-либо давление. Все движения должны быть легкими.

Этап 6: Аккуратными и легкими движениями производятся медленные открывающие и закрывающие движения нижней челюсти вокруг фиксированной оси.

Во время вращения вокруг фиксированной оси, челюсть зачастую непроизвольно соскальзывает в центральное соотношение, но только в том случае, если не была приложена сила (при приложении силы, латеральная крыловидная мышца будет давать сопротивление, что усложнит определение ЦС). Целью данного этапа является мышечная деактивация (“флирт с нижней челюстью”).

Этап 7: После того как мышечки нижней челюсти заняли терминальное положение в ямках и вращаются вокруг фиксированной оси, можно сделать вывод что нижняя челюсть находится в ЦС. (13)

Затем, при помощи нагрузочных тестов, происходит подтверждение ЦС и после, при помощи силикона, регистрация прикуса для последующей гипсовки в правильном ЦС. Мышцы направляют головки нижней челюсти в физиологичное передне-верхнее положение, с положением суставного диска в области суставного бугорка.

Б) Подбородочное манипулирование.

Врач стоит перед пациентом. Голова пациента опирается на подголовник. Большой палец руки врача — на подбородке или на альвеолярном отростке у нижних центральных резцов, указательный палец — под подбородком или у нижнего края тела нижней челюсти. Производятся шарнирные движения открывания-закрывания без контакта зубов и без давления на подбородок. Пальцами врач контролирует нежелательные смещения нижней челюсти. Если шарнирные движения происходят одинаково и без боковых смещений, то считается, что центральное соотношение челюстей установлено в правильном положении. Если нижняя челюсть не соответствует положению в ЦС, то пациентом осуществляются такие приемы, как проглатывание слюны, прикосновение кончиком языка к небу, таким образом рефлекторно снимается напряжение мышц, выдвигающих нижнюю челюсть.

При данном методе головки нижней челюсти устанавливаются в максимальном заднем и верхнем положении, что по определению не соответствует ЦС. (14)

II. Активные методы депрограммирования. Все аппараты, выполняющие представленные выше функции, имеют примерно одинаковый механизм действия.

1) Депрограммация осуществляемая в день посещения, в кабинете врача

(накусочные площадки на передние зубы):

а) Фронтальный депрограмматор, изготовленный прямым способом:

Аппарат для депрограммирования изготавливается прямым методом из самотвердеющей акриловой пластмассы, которая наносится на резцы верхней челюсти.

В течение тестообразной стадии твердения пластмассы нижняя челюсть путем манипулирования устанавливается в ЦС. Затем челюсть вводится в контакт так, чтобы резцы нижней челюсти оставили отметины в полимеризующемся акриле, однако смыкание зубов устанавливают, не доводя до контакта жевательных зубов. После полимеризации пластмассы контактная поверхность зубов выравнивается для формирования плоской поверхности, позволяющей нижней челюсти совершать движения в любом объеме в горизонтальной плоскости. После того как происходит инактивация, расслабление латеральных крыловидных мышц, пациент сжимает зубы с усилием для удержания мышечков в ЦС по мере того, как быстротвердеющий оттисковой материал вводится между жевательными зубами. (13)

б) Сплинт “Pankey”: фиксируется на центральных резцах верхней челюсти самотвердеющей акриловой пластмассой или любым другим твердеющим материалом. Резцы нижней челюсти свободно скользят по плоскости, обеспечивая свободное смещение мышечков в ЦС. (13)

в) Устройство “Best-bite”: механизм действия такой же, как и у сплинта “Pankey”. Также в комплект входит шприц с материалом для стабилизации устройства. Основа аппарата — накусочная площадка для резцов. (13)

г) Сплинт “Lucia”: механизм действия такой же как и представленных выше накусочных площадок для резцов. Первоначально устройство было выполнено с наклоном, созданного для дистального смещения мышечков, что было обусловлено неправильным пониманием ЦС. Позднее данный сплинт был модифицирован Питером Неффом с целью смещения мышечков вперед. (13)

д) Ноцицептивное тригеминальное ингибирование — NTI: представляет из себя так же, как и предыдущие аппараты — резцовую накусочную площадку. Работает по тому же принципу действия, что и другие устройства. (13)

е) Мультилистовой шаблон (leaf gauge): устройство представляет собой несколько слоев гибкой пленки майлар (синтетическое полиэфирное волокно — полиэтилентерефталата, лавсан), откалиброванных по толщине. Метод использования заключается в разобщении

жевательных зубов путем установки листов из шкалы между передними зубами. Материал по своим свойствам допускает горизонтальное смещение по мере занятия мышечками терминального (передневерхнего) положения. Это устройство используется в качестве депрограмматора для расслабления латеральной крыловидной мышцы. После регистрации и подтверждения нагрузочным тестом листы шкалы удаляются из полости рта по одному до тех пор, пока не будет достигнут первый контакт с антагонистами. (13)

2) Депрограммирование осуществляемое, при длительном, по времени, ношении аппаратов. Аппараты удерживающиеся в полости рта, не только на передней группе зубов:

а)Депрограмматор "Kois": Съёмный пластмассовый аппарат, который покрывает твердое небо и создает единственную точку контакта между нижними центральными резцами и передней накусочной платформой. Используется также, как и другие аппараты для определения центрального соотношения и изменения мышечной памяти. Аппарат состоит из вестибулярной дуги (ретенция и стабилизация аппарата в полости рта); подковообразный базис для стабилизации аппарата с платформой шириной 3 мм для центральных нижних резцов (из акриловой пластмассы), платформа используется для разобщения прикуса на 1–1,5 мм. Контакт на платформе должен быть сужен так, чтобы он касался средней линии одного из нижних резцов. Когда пациент закрывает рот, и тот же начальный контакт подтверждается — пациент "депрограммирован". Депрограмматор надевается до тех пор, пока не будет выполнено необходимое депрограммирование мышц (дни или недели, обычно необходимо 2–4 недели). Некоторым пациентам может потребоваться носить аппарат до 24 часов в день (снимать для приема пищи), чтобы старая мышечная память была стерта и заменена на новую. (15)

б) Сплит-терапия (релаксирующие капли):

Лечение с использованием миорелаксирующих кап нацелено на достижение трех основных целей:

- ◆ формирование гармоничного взаимодействия между окклюзией, мышцами и ВНЧС;
- ◆ снижение нагрузки на поврежденные ткани ВНЧС;
- ◆ устранение симптомов, связанных с внутрикапсулярным отеком, воспалением и мышечной болью.

При помощи депрограммирования жевательных мышц можно „стереть“ патологически выработанную мышечную память и установить челюсть в правильное нейромышечное положение. Для этого в ортопедии используются миорелаксирующие капли. Применяется, как

подготовительный этап перед протезированием зубов, либо ортодонтическим лечением, а также как лечебный аппарат для лечения дисфункции височно-нижнечелюстного комплекса, связанной с положением сустава и дискомфортом в области мышц. Капа изготавливается в лаборатории путем нанесения изофлана на модели челюстей и последующих манипуляций на аппарате (сошлифовывание острых граней, полировка). Ношение кап составляет 2–4 недели после чего проводятся опрос, осмотр и обследование сустава (МРТ, КЛКТ). Лечение миорелаксирующими капками может проводиться в течение 3 и более месяцев, в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и клинических проявлений заболевания. (3)

Нейромускулярная стоматология (NMD) подчеркивает необходимость создания окклюзии, основанной на:

1) установлении физиологического положения челюсти и функции височно-нижнечелюстных суставов,

2) установлении положения покоя и функции жевательных мышц на физиологическом, а не патологическом положении

3) научная аппаратура используется для объективного измерения этих параметров в процессе диагностики и лечения, помогая клиницисту определить эффективность его лечения.

Методы, использующиеся в нейромышечной диагностике:

1) Поверхностная электромиография (K7 EMG): точно измеряет активность мышц в состоянии покоя и функции. (16, 17, 18)

2) Низкочастотная чрескожная электронейростимуляция (J5 миомонитор): осуществляется расслабление мышц головы и шеи за счет одновременной двусторонней стимуляции лицевых и тройничных нервов, позволяя осуществить точную запись физиологического отношения нижней челюсти к черепу. Также данный метод позволяет продвигать нижнюю челюсть вдоль физиологической траектории при расслабленных мышцах. (19, 21)

3) Электросонография (K7 ESG): при данном методе происходит запись, измерение звуков ВНЧС, частота, продолжительность, местоположение звуков при воспроизведении движений нижней челюстью. (20, 22)

4) Компьютеризированное сканирование движений нижней челюсти (K7 CMS; T-Scan III): данный метод позволяет анализировать перемещение и движение нижней че-

люсти и определять положение ее в пространстве, что дает объективную характеристику зубочелюстной системе. (23)

5) Аксиография (аксиографы: Arcus pro, Arcus digma, Cadiax compact), в частности электронная аксиография: метод, который осуществляет запись траектории перемещения трансверсальной шарнирной оси ВНЧС при движениях нижней челюсти. Данные, полученные при использовании приборов, могут быть использованы для настройки артикулятора на индивидуальную функцию, для анализа движений нижней челюсти и постановки диагноза у пациентов с симптомами мышечно-суставной дисфункции. Электронные аксиографы дают дополнительную информацию о движении суставных головок в трех плоскостях. (23)

Обсуждение. Несмотря на то, что ЦС — многократно повторяющаяся физиологическая позиция, неконтролируемое закрывание рта не позволяет определить достоверное соотношение нижней и верхней челюстей, так как не всегда мышечки располагаются в ЦС (в передне-верхнем положении). Неконтролируемое смыкание зубных рядов имеет стремление к максимальному межбугорковому контакту, а также может быть обусловлено нарушением мышечного баланса, возникающего в результате наличия окклюзионных помех. Депрограммирование используется для определения ЦС челюстей, что является одной из первостепенных задач. Для осуществления депрограммирования могут использоваться различ-

ные методы, такие как: фронтальный депрограмматор, изготовленный прямым способом (13); сплинт "Pankey" (13); устройство "Best-bite" (13); сплинт "Lucia" (13); ноцицептивное тригеминальное ингибирование — NPI (13); мультилистовой шаблон (leaf gauge) (13); миорелаксирующая капа (3); депрограмматор "Kois" (15); двустороннее манипулирование (Dawson) (13); подбородочное манипулирование (14). Осуществление нагрузочного теста позволяет подтвердить положение мышечков нижней челюсти в ЦС. Но положения мышечков при выполнении депрограммирования различными методами могут быть различными, даже при отсутствии симптоматики при выполнении нагрузочных тестов, что можно подтвердить на КТ или МРТ ВНЧС. Для выбора наиболее оптимального метода депрограммирования нужно проводить нейромышечную диагностику такими методами, как: поверхностная электромиография (16, 17, 18), низкочастотная чрезкожная электронейростимуляция (19, 21), электросонография (20, 22), компьютеризированное сканирование движений нижней челюсти (23), аксиография (23).

Вывод. Таким образом, депрограммирование является неотъемлемым и первостепенным этапом, в лечении заболеваний ВНЧС, не связанных с деструкционными патологиями ВНЧС, а также для осуществления дальнейшего рационального протезирования зубных рядов. Учёт дополнительных методов диагностики, позволяет осуществить выбор наиболее оптимального метода депрограммирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cordray, F. E. The Relationship between Occlusion and TMD. *Open Journal of Stomatology*, 2017; 7, 35–80.
2. Agarwal K, Kant A, Singh K, Kulshrestha R. Changes in the Condyle-Fossa Relationship in Patients with TMD after Occlusal Deprogramming. *J Clin Orthod*. 2017 Jan; 51(1):29–36.
3. Лисицына, А. Ю. Эффективность использования индивидуальной капы для депрограммирования мышц [Электронный ресурс] / А. Ю. Лисицына // Актуальные проблемы современной медицины и фармации — 2017: сб. материалов LXXI Междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, Минск, 17–19 апр. 2017 г. / под ред. А. В. Сикорского, О. К. Дорониной. — Минск: БГМУ, 2017. — С. 1041–1044.
4. Cordray F. E. Three-dimensional analysis of models articulated in the seated condylar position from a deprogrammed asymptomatic population: a prospective study. Part 1. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 May;129(5):619–30.
5. Zonnenberg AJ, Mulder J, Sulkers HR, Cabri R. Reliability of a measuring-procedure to locate a muscle-determined centric relation position. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2004 Sep;12(3):125–8.
6. Karl PJ., Foley TF. The use of a deprogramming appliance to obtain centric relation records. *Angle Orthod*. 1999 Apr;69(2):117–24; discussion 124–5.
7. Braun S, Marcotte MR, Freudenthaler JW, Hönigle K. An evaluation of condyle position in centric relation obtained by manipulation of the mandible with and without leaf gauge deprogramming. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Jan;111(1):34–7.
8. Fenlon MR, Woelfel JB. Condylar position recorded using leaf gauges and specific closure forces. *Int J Prosthodont*. 1993 Jul-Aug;6(4):402–8.
9. Kinderknecht KE, Wong GK, Billy EJ, Li SH. The effect of a deprogrammer on the position of the terminal transverse horizontal axis of the mandible. *J Prosthet Dent*. 1992 Jul;68(1):123–31.
10. Carr AB, Donegan SJ, Christensen LV, Ziebert GJ. An electrognathographic study of aspects of 'deprogramming' of human jaw muscles. *J Oral Rehabil*. 1991 Mar;18(2):143–8.
11. Wiygul J. P. Maxillary full-coverage appliance. *Cranio Clin Int*. 1991;1(2):39–53.
12. Johnston LE Jr. Gnathologic assessment of centric slides in postretention orthodontic patients. *J Prosthet Dent*. 1988 Dec;60(6):712–5.
13. Доусон П. Е. Функциональная окклюзия: от височно-нижнечелюстного сустава до планирования улыбки / Питер Е. Доусон; пер с англ. Под ред. Д. Б. Конева. — М.: Практическая медицина, 2016. — 79–85

14. Fundamentals of fixed prosthodontics / Herbert T. Schillenburg, Jr. . . . [et al.]. — 3rd ed. 2008/ — 35
15. <https://www.koiscenter.com/kois-deprogrammer/>
16. Cooper B, Cooper D, Lucente F: Electromyography of masticatory muscles in craniomandibular disorders. *Laryngoscope* 1991;101:150–7.
17. ICCMO Protocol for the Management of Temporomandibular disorders. International College of Cranio-Mandibular Orthopedics, Seattle, WA, 1998.
18. Cooper B: The role of bioelectronic instruments in the management of TMD. *NY State Dent J* 1995;61:48–53
19. Choi BB, Mitani H: On the mandibular position regulated by Myo-monitor stimulation. *J Japn Prosth Soc* 1973;17:79–96
20. Oullette, P.L. TMJ sound prints: electronic auscultation and sonographic audiospectral analysis of the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc.* 1974;89:623–628.
21. К. Ронкин «Использование релаксации мышц головы и шеи с помощью миомонитора для определения идеальной окклюзии при ортопедическом или ортодонтическом лечении», // *DentalMarket-2009.* — № 5. — С. 27–32
22. К. Ронкин «Использование электросонографии в диагностике суставного шума и дисфункции ВНЧС», // *DentalMarket-2010.* — № 2. — С. 91–94
23. Chan C. A. Common myths of neuromuscular dentistry and the five basic principals of neuromuscular occlusion. *Sept./Oct. Vol.2, Number 5. LV1 Dental Vision;* 2002:10–11.
24. Poyser NJ, Porter RW, Briggs PF, Chana HS, Kelleher MG. The Dahl Concept: Past, present and future. *Br Dent J* 2005;198:669–76.
25. Academy of Prosthodontics. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent.* 2005;94: [37] 10–92.
26. McNamara JA, Seligman DA, Okeson JP. Occlusion, Orthodontic treatment, and temporomandibular disorders: a review. *J Orofac Pain.* 1995;9:73–90
27. McCollum BB. Fundamentals involved in prescribing restorative dental remedies. *Dental items of Interest* 1939;61:522–539.
28. Kois JC, Phillips KM. Occlusal vertical dimension: alteration concerns. *Compend Contin Educ Dent.* 1997 Dec;18(12):1169–74, 1176–7

© Терехов Матвей Сергеевич, Хабадзе Зураб Суликоевич (dr.zura@mail.ru), Даврешян Георгий Князович,
 Кожевникова Людмила Алексеевна, Слонова Вераника Муратовна, Магомедов Омар Ибрагимович.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

SMARTBUILDER КАК ЗАЛОГ УСПЕШНОЙ НТР НА ЭТАПАХ ИМПЛАНТАЦИИ

SMARTBUILDER AS THE KEY TO A SUCCESSFUL GBR DURING IMPLANTATION

Khabadze Zurab Sulikoevich
Mokhamed El-Khalaf Ramiz
Bagdasarova Inna Vladimirovna
Balashova Mariya Evgenievna
Abdulkerimova Saida Malikovna
Bakaev Yusup Andarbekovich
Kulikova Alena Alekseevna

Summary. This article is reviewed, that the development and improvement of bone augmentation procedure allowed expanding indications for implant placement in patients with insufficient and unfavourable bone volume for implant fixation. Of the various methods, the best-documented and most widely used method for bone augmentation in the area of alveolar defects is Guided bone regeneration or what is known as GBR. Many of the materials and techniques currently available for bone regeneration in the alveolar ridge region were developed many years ago. Recently, various new materials and methods have been introduced. However, many of them have not been sufficiently studied and documented in clinical studies.

Purpose:

1. To present research prospects associated with an increase in bone tissue.
2. Evaluation of the effectiveness of using a three-dimensional titanium membrane (SMARTbuilder membrane).

Materials and methods. Analysis of foreign literature data, scientific publications, electronic resources.

Results and discussions. Authors of scientific publications note the ease of use and effectiveness of SMARTbuilder membranes as a method for directed bone regeneration in defects around the implant.

Conclusions. The use of SMARTbuilder membranes supports bone regeneration by saving space for its further growth through its macropores and proves the high efficiency of this system in bone regeneration.

Keywords: SMARTbuilder, Osstem Implant, 3D titanium membranes, directed bone regeneration, GBR, bone augmentation, implantation.

Хабадзе Зураб Суликоевич

К.м.н., доцент,

Российский университет дружбы народов

dr.zura@mail.ru

Мохамед Эль-Халаф Рамиз Алаеддинович

Российский университет дружбы народов

Багдасарова Инна Владимировна

К.м.н., доцент,

Российский университет дружбы народов

Балашова Мария Евгеньевна

Российский университет дружбы народов

Абдулкеримова Саида Маликовна

Российский университет дружбы народов

Бакаев Юсуп Андарбекович

Российский университет дружбы народов

Куликова Алена Алексеевна

Российский университет дружбы народов

Аннотация. В данной статье рассмотрено, что разработка и усовершенствование процедуры увеличения костной ткани позволили расширить показания для установки имплантатов у пациентов с недостаточным и неблагоприятным объемом костной ткани для фиксации имплантатов. Из различных методов наилучшим документированным и наиболее широко используемым методом увеличения кости в области альвеолярных дефектов является направленная костная регенерация. Многие из материалов и методов, доступных в настоящее время для регенерации кости в области альвеолярного гребня, были разработаны много лет назад. В последнее время были внедрены различные новые материалы и методы. Однако многие из них не были достаточно изучены и документированы в клинических исследованиях.

Цель.

1. Представить перспективы исследований, связанные с увеличением костной ткани.
2. Оценка эффективности использования трехмерной титановой мембраны (SMARTbuilder membrane).

Материалы и методы: Анализ данных зарубежной литературы, научных публикаций, электронных ресурсов.

Результаты и обсуждения. Авторы научных публикаций отмечают простоту применения и эффективность SMARTbuilder мембран как метода для направленной костной регенерации в дефектах вокруг имплантата.

Выводы. Использование SMARTbuilder мембран поддерживает регенерацию кости путем сохранения пространства для дальнейшего ее роста через свои макропоры и доказывает высокую эффективность данной системы в регенерации кости.

Ключевые слова: SMARTbuilder, Osstem Implant, 3D титановые мембраны, направленная костная регенерация, НКР, аугментация кости, имплантация.

Введение

Имплантация зубов является эффективным хирургическим вариантом замены отсутствующих зубов в современной стоматологии. Для того, чтобы имплантат успешно выдерживал функциональные нагрузки, вокруг него должно быть достаточное количество альвеолярной кости. Имплантаты должны быть шириной не менее 5 мм и длиной 7–10 мм [1]. Дефекты альвеолярной кости можно устранять различными методами регенерации кости, включая трансплантацию костных блоков, направленную костную регенерацию (НКР), расщепление гребня и дистракционный остеогенез [2,3,4,5]. НКР является одним из самых предсказуемых методов, в котором в основном используется барьерная мембрана для отделения привитого дефекта и окружающей соединительной ткани для успешной регенерации кости [3]. НКР достигается, когда исключительно заселяются только остеогенные клетки в месте костного дефекта с исключением прорастания мягких тканей [6,7]. Было установлено, что до 40% остеоинтегрированных имплантатов требуют НКР в рамках реабилитации пациента [8]. Результаты нескольких публикаций показали, что выживаемость имплантатов в участках, где была использована НКР, сопоставима с теми, о которых сообщалось для имплантатов в нетронутых местах [9,10,11]. Выживаемость имплантатов, помещенных в участках, где была проведена аугментация кости, варьировалась от 79% до 100%, причем большинство исследований указывали на выживаемость более 90% по крайней мере через один год функции [12].

Мембрана, используемая для НКР- это необходимый компонент данного метода. Использовались различные материалы и их модификации. Необходимые характеристики мембраны, используемой для НКР включают биосовместимость, простоту применения в клинической практике, способность сохранить форму и пространство для роста кости и адекватные механические и физические свойства. В настоящее время НКР подразумевает использование различных типов мембран (резорбируемых и нерезорбируемых) в сочетании с различными костно-наполняющими материалами [13]. Выбор материалов во многом зависит от размера и конфигурации костного дефекта. К нерезорбируемым мембранам относят титановые сетки, которые широко используют для реконструкции челюстно-лицевых дефектов [14]. Одним из преимуществ титановой мембраны является улучшенное кровоснабжение костнозамещающего материала, однако она не способна исключить прорастание мягких тканей через свои поры. Титановая мембрана хорошо сохраняет форму и обеспечивает стабильность костного материала, создавая оптимальные условия для регенерации кости. Несколько исследований использовали процедуры НКР с титановой сеткой и различными

материалами костного трансплантата, включая аутогенную кость, минералы, аллопластические материалы и их комбинацию [15,16,17,18]. Однако титановые мембраны имеют ряд отрицательных свойств, такие как: сложность в применении, возможность прорастания мягких тканей через свои поры, при адаптации могут повреждать слизистую оболочку своим острым краем, а также сложно удаляются [19].

В исследовании *in vivo* не наблюдалось обнажение мембраны ни в экспериментальной, ни в контрольной группах. Гладкая поверхность титановых мембран менее чувствительна к бактериальному загрязнению, чем губчатая архитектура резорбируемых мембран [20], но острые края или поверхности титановых мембран вследствие ручной манипуляции вызывают механическое раздражение слизистого лоскута.

Учитывая вышеизложенное, был выдвинут новый инновационный метод, который обладает оптимальными рабочими характеристиками и не имеет вышеперечисленных недостатков [11].

SMARTbuilder– это индивидуализированная трехмерная мембрана, которая заранее адаптирована по форме к геометрии наиболее распространенных костных дефектов. Эта мембрана была выпущена компанией Osstem Implant, Корея. Ее трехмерная форма с закругленным краем способна выдерживать высокие нагрузки, уменьшать вероятность обнажения мембраны и обеспечить стабильность подлежащего костного материала. Поры имеют оптимальный размер, который предотвращает прорастание мягких тканей в область дефекта и способствует лучшему кровоснабжению костного материала, что приводит к ускорению регенерации кости [19].

Цель

1. Представить перспективы в реальных исследованиях и возможные варианты будущего, связанные с увеличением костной ткани.
2. Оценка эффективности использования трехмерной титановой мембраны (SMARTbuilder membrane) для повышения механических свойств и способности регенерации костной ткани в костном дефекте вокруг имплантата.

Материалы и методы

Стратегия поиска

Для определения эффективности мембраны SMARTbuilder, как метода для НКР, были проанализированы зарубежные публикации, выпущенные в период

Таблица 1. Краткая информация о статьях, включенных в данный обзор литературы.

| Авторы | Год | Название | Результат |
|---|---------|---|--|
| Yong-Jin Kim, Young-Jin Park, Kyung-Tae Park [21] | 2013 г. | Клинический случай направленной костной регенерации для устранения щелевидного костного дефекта с использованием SMARTBuilder и имплантата с гидрофильной поверхностью (TSIII CA) | SMARTbuilder имеет превосходные механические свойства для стабилизации костного трансплантата. Своя ригидность предотвращает проваливание, ее упругость, предотвращает сжатие слизистой оболочки и ее стабильность предотвращает смещение трансплантата. Таким образом, необходимые предпосылки для интеграции костного трансплантата гарантированы мембраной SMARTbuilder |
| Seung-Hwan Jeon, Kyung-Gyun Hwang, Chang-Joo Park [22] | 2013г | Предварительная клиническая оценка заранее подготовленных трехмерных титановых сеток для локальной регенерации альвеолярной кости. | SMARTbuilder продемонстрировал возможность максимизации достоинств титановых мембран особенно в отношении простоты нанесения и удаления во время аугментации локализованного дефекта альвеолярной кости |
| Malene Hallund, Erik Hjørting-Hansen, Søren Schou [23] | 2013 | Результаты имплантации — хирургические аспекты | SMARTbuilder имеет превосходные механические свойства для стабилизации костного трансплантата |
| Kyung-Tae Park, So-Mi Jeong, Yong-Jin Kim [24] | 2015 | Аугментация альвеолярного отростка с использованием SMARTbuilder с новым «якорем», клинические случаи | SMARTBuilder с внутренним соединением типа «якорь» может снизить вероятность расхождения краев раны и обнажения мембраны, что повышает предсказуемость процедуры увеличения альвеолярной кости с помощью SMARTbuilder |
| Jeong Jong Cheol [25] | 2015 | НKP с SMARTbuilder. | SMARTbuilder можно использовать в реконструкции больших горизонтальных или вертикальных альвеолярных костных дефектов вместо нерезорбируемых мембран или костного блока, в случае если будет тщательно контролироваться состояние мягких тканей для предотвращения или минимизации их разрыва |
| So-Hyoun Lee, Jong-Hoon Moon, Chang-Mo Jeong, Eun-Bin Bae, Chung-Eun Park, Gye-Rok Jeon, Jin-Ju Lee, Young-Chan Jeon, and Jung-Bo Huh. [26] | 2017 | Механические свойства и биометрический эффект 3D Преформированной Титановой мембраны для направленной костной регенерации при дефекте альвеолярной кости | применение 3D преформированной титановой мембраны подтвердило повышенные механические свойства и клиническую управляемость, эффективность сохранения пространства и стабилизацию костного трансплантата, а также биосовместимость, что в конечном итоге способствует высокоэффективной регенерации кости |

с 2013 по 2017 год. Они включали в себя результаты использования данного метода при имплантации с костными дефектами вокруг имплантата.

Анализ данных зарубежной литературы, научных публикаций, электронных ресурсов в электронной базе данных PubMed, системе Google и списки литературы соответствующих исследований и обзоров.

Критерии поиска

Были включены публикации, статьи и клинические случаи, соответствующие следующим критериям отбора:

1. Период с 2013 по 2017 год.
2. Изучение эффективности системы SMARTbuilder.

Результаты

При анализе зарубежных публикаций, освещающих данные об эффективности SMARTbuilder, как метода для НКР, было выявлено, что данные мембраны значительно повышают эффективность НКР.

Кроме того, авторы научных публикаций отмечают простоту применения SMARTbuilder мембран как метода для направленной костной регенерации в дефектах вокруг имплантата.

Краткий обзор различных исследований и клинических случаев будет представлен ниже в Таблице 1.

При поиске публикаций мы обнаружили что авторы выше указанных статьей подтверждают превосходство механических свойств титановых мембран SMARTbuilder по сравнению с другими видами мембран. Благодаря своей ригидности и стабильности, данные мембраны имеют достаточную эффективную способность предотвращать деформацию из-за внешнего напряжения, не смещая костного трансплантата в области дефекта кости во время заживления костного материала. Также данные мембраны имеют оптимальный размер пор, создающий наилучшие условия для поступления факторов роста, обеспечения молекулярного транспорта, необходимого для остеогенеза. Их полностью взаимосвязанная внутренняя структура повышает скорость адгезии клеток [27], также размер пор способствует лучшему ангиогенезу и кровоснабжению костного материала, предотвращает прорастание мягких тканей в область дефекта, что приводит к ускорению регенерации. Оптимальным размером пор для костной регенерации является 200–400µm [28]. Кроме того, происходит интеграция мембраны с тканями путем мягкого тканеобразования, это уменьшает проблемы отхождения мембраны от дефекта и ее обнажения [29]. По Lee et al. архитектура пор влияет на механические свойства, а четырехугольный тип пор обладает наибольшей прочностью на сжатие, чем другие типы пор [30]. Предварительно созданная форма данных мембран приводит к уменьшению вероятности травмирования мягких тканей из-за отсутствия острых краев.

Обсуждение

Во многих исследованиях предлагалось использовать титановую мембрану в НКР с частичными костными трансплантатами вокруг имплантата [31], так как эта комбинация создает лучшую защиту от коллапса мягких тканей и высоко предсказуемую способность поддержания пространства по сравнению с другими мембранами [32,33]. Традиционная двухмерная титановая сетка

пластинчатой формы была использована для полного покрытия участка костных дефектов, заполненного костными трансплантатами путем ручной манипуляции [34]. В последнее время титановые мембраны были усовершенствованы путем изготовления заготовочных форм для наиболее распространенных дефектов кости и непосредственного соединяются с имплантатом.

Толщина мембраны-барьера для НКР один из важных факторов, которые влияют на сохранение пространства и проваливания мягкой ткани. Толщина мембраны должна находится в диапазоне не вызывающем раздражения слизистой оболочки [35]. По мере увеличения толщины мембраны, увеличивается ее жесткость и свойство сохранить созданную форму, но уменьшается ее управляемость [36]. То есть, по мнению авторов статьей, мембраны SMARTbuilder имеют оптимальную толщину и обеспечивают хорошую стабилизацию и управляемость.

Несмотря на многочисленные преимущества системы SMARTbuilder, необходимость второй операции по ее удалению, все еще остается. Необходимо продолжать исследования на различных типах костных дефектов, с целью найти оптимальную толщину мембраны SMARTbuilder для реконструкции костных дефектов, варьирующих от небольшого эстетического участка до широкого спектра вертикальных или горизонтальных участков. Многочисленные мембраны, используемые в НКР, имеют разную природу, и важно выбрать и применить наиболее эффективную мембрану в соответствии с дефектами кости [37,38,39,40,41,42].

Выводы

При анализе зарубежных публикаций, результаты показывают, что применение системы SMARTbuilder подтверждает повышенные механические свойства, клиническую управляемость и биосовместимость. А также сохраняет заданное пространство и стабилизирует костный трансплантат. Все это доказывает высокую эффективность данной системы в регенерации кости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. In: Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence; 1985. pp. 199–209.
2. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. Int J Oral Maxillofac Implants 1997; 12:767–776.
3. Hämmerle CH, Karring T. Guided bone regeneration at oral implant sites. Periodontol 2000~<1998; 17:151–175.
4. Simion M, Baldoni M, Zaffe D. Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. Int J Periodontics Restorative Dent 1992; 12:462–473.
5. Oda T, Sawaki Y, Ueda M. Experimental alveolar ridge augmentation by distraction osteogenesis using a simple device that permits secondary implant placement. Int J Oral Maxillofac Implants 2000; 15:95–102.
6. Retzeppi M, Donos N. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. Clin Oral Implants Res 2010; 21: 567–576.
7. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Calori GM, Giannoudis PV. The role of barrier membranes for guided bone regeneration and restoration of large bone defects: current experimental and clinical evidence. BMC Med 2012; 10: 1–24.

8. Bornstein MM, Halbritter S, Harnisch H, Weber HP, Buser D. A retrospective analysis of patients referred for implant placement to a specialty clinic: indications, surgical procedures, and early failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 1109–1116.
9. Donos N, Mardas N, Chadha V. Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). *J Clin Periodontol* 2008; 35: 173–202.
10. Clementini M, Morlupi A, Canullo L, Agrestini C, Barlattani A. Success rate of dental implants inserted in horizontal and vertical guided bone regenerated areas: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 847–852.
11. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24(Suppl): 218–236.
12. Hammerle CH, Jung RE, Feloutzis A. A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol* 2002; 29(Suppl): 226–231; discussion 232–223.
13. Benic GI, Hammerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol* 2000–<2014; 66: 13–40.
14. Boyne PJ. Restoration of osseous defects in maxillofacial casualties. *J Am Dent Assoc* 1969; 78:767–776
15. Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C. Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24:1119–1128.
16. Ciocca L, Fantini M, De Crescenzo F, Corinaldesi G, Scotti R. Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches. *Med Biol Eng Comput* 2011; 49:1347–1352.
17. Corinaldesi G, Pieri F, Marchetti C, Fini M, Aldini NN, Giardino R. Histologic and histomorphometric evaluation of alveolar ridge augmentation using bone grafts and titanium micromesh in humans. *J Periodontol* 2007; 78:1477–1484.
18. Gutta R, Baker RA, Bartolucci AA, Louis PJ. Barrier membranes used for ridge augmentation: is there an optimal pore size? *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67:1218–1225.
19. Ёонгджин Ким. Клиническое применение титановой мембраны SmartBuilder. Дентальная имплантология и хирургия № 2(23) 2016 г.
20. C. Schopper, W. Goriwoda, D. Moser, E. Spassova, F. Watzinger, and R. Ewers, "Long-term results after guided bone regeneration with resorbable and microporous titanium membranes," *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, vol. 13, no. 3, pp. 449–458, 2001.
21. Yong-Jin Kim, Young-Jin Park, Kyung-Tae Park. Case report of Guided Bone regeneration in dehiscence-type defects using hydrophilic surfaced implant(TSIII CA) and SMARTbuilder. Scientific Poster, Osstem Meeting 2013.
22. Seung-Hwan Jeon, Kyung-Gyun Hwang, Chang-Joo Park. Preliminary clinical evaluation of customized three-dimensional pre-formed titanium mesh for localized alveolar bone regeneration. Scientific Poster, Osstem Meeting 2013.
23. Malene Hallund, Erik Hjørting-Hansen, Søren Schou, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Health Sciences, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, Department of Oral and Maxillofacial Surgery and Oral Pathology, School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, Aarhus University, Aarhus, Denmark 2013.
24. Kyung-Tae Park, So-Mi Jeong, Yong-Jin Kim Alveolar bone augmentation using the SmartBuilder with new "Anchor"; Case Reports Scientific Poster, Osstem Meeting 2015.
25. Jeong Jong Cheol, GBR with SmartBuilder, Scientific Poster, Osstem Meeting 2015.
26. So-Hyoun Lee, Jong-Hoon Moon, Chang-Mo Jeong, Eun-Bin Bae, Chung-Eun Park, Gye-Rok Jeon, Jin-Ju Lee, Young-Chan Jeon, and Jung-Bo Huh, The Mechanical Properties and Biometrical Effect of 3D Preformed Titanium Membrane for Guided Bone Regeneration on Alveolar Bone Defect, *BioMed Research International*, Volume 2017, Article ID7102123.
27. Lundgren, A.K.; Sennerby, L.; Lundgren, D. Guided jaw-bone regeneration using an experimental rabbitmodel. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 1998, 27, 135–140
28. Shim, J.H.; Moon, T.S.; Yun, M.J.; Jeon, Y.C.; Jeong, C.M.; Cho, D.W.; Huh, J. B. Stimulation of healing within rabbit calvarial defect by a PCL/PLGA scaffold blend with TCP using solid freeform fabrication technology. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2012, 23, 2993–3002.
29. Shim, J.H.; Huh, J.B.; Park, J.Y.; Jeon, Y.C.; Kang, S.S.; Kim, J.Y.; Rhie, J.W.; Cho, D.W. Fabrication of blended polycaprolactone/poly(lactic-co-glycolic acid)/β-tricalcium phosphate thin membrane using solid freeform fabrication technology for guided bone regeneration. *Tissue Eng. Part A* 2013, 19, 317–328.
30. Lee, J.S.; Cha, H.D.; Shim, J.H.; Jung, J.W.; Kim, J.Y.; Cho, D.W. Effect of pore architecture and stacking direction on mechanical properties of solid freeform fabrication-based scaffold for bone tissue engineering. *J. Biomed. Mater. Res. A* 2012, 100, 1846–1853.
31. P. J. Louis, R. Gutta, N. Said-Al-Naief, and A. A. Bartolucci, "Reconstruction of the maxilla and mandible with particulate bone graft and titanium mesh for implant placement," *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 66, no. 2, pp. 235–245, 2008.
32. Z. Artzi, D. Dayan, Y. Alpern, and C. E. Nemcovsky, "Vertical ridge augmentation using xenogenic material supported by a configured titanium mesh: clinicohistopathologic and histochemical study," *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, vol. 18, no. 3, pp. 440–446, 2003.
33. L. Ciocca, M. Fantini, F. De Crescenzo, G. Corinaldesi, and R. Scotti, "Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches," *Medical and Biological Engineering and Computing*, vol. 49, no. 11, pp. 1347–1352, 2011
34. Garg, "Barrier membrane- materials review, part I of II," *Dental Implantology Update*, vol. 22, no. 9, pp. 61–64, 2011.
35. J. Behring, R. Junker, X. F. Walboomers, B. Chessnut, and J. A. Jansen, "Toward guided tissue and bone regeneration: morphology, attachment, proliferation, and migration of cells cultured on collagen barrier membranes. A systematic review," *Odontology*, vol. 96, no. 1, pp. 1–11, 2008.
36. D. Van Steenberghe, C. Johansson, M. Quirynen, L. Molly, T. Albrektsson, and I. Naert, "Bone augmentation by means of a stiff occlusive titanium barrier: A study in rabbits and humans," *Clinical Oral Implants Research*, vol. 14, no. 1, pp. 63–71, 2003.
37. G. Corinaldesi, F. Pieri, C. Marchetti, M. Fini, N. N. Aldini, and R. Giardino, "Histologic and histomorphometric evaluation of alveolar ridge augmentation using bone grafts and titanium micromesh in humans," *Journal of Periodontology*, vol. 78, no. 8, pp. 1477–1484, 2007.

38. C. M. Misch, "Bone augmentation of the atrophic posterior mandible for dental implants using rhBMP-2 and titanium mesh: clinical technique and early results," *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, vol. 31, no. 6, pp. 581–589, 2011.
39. M. Simion, C. Dahlin, and A. Piattelli, "Qualitative and quantitative comparative study on different filling materials used in bone tissue regeneration: a controlled clinical study," *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, vol. 14, no. 3, pp. 198–215, 1994.
40. D. Weng, M. B. Hürzeler, C. R. Quiñones, A. Ohlms, and R. G. Caffesse, "Contribution of the periosteum to bone formation in guided bone regeneration," *Clinical Oral Implants Research*, vol. 11, no. 6, pp. 546–554, 2000.
41. C. Tinti and S. Parma-Benfenati, "Clinical classification of bone defects concerning the placement of dental implants," *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, vol. 23, no. 2, pp. 147–155, 2003.
42. Linde, C. Thoren, C. Dahlin, and E. Sandberg, "Creation of new bone by an osteopromotive membrane technique: an experimental study in rats," *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 51, no. 8, pp. 892–897, 1993.

© Хабадзе Зураб Суликоевич (dr.zura@mail.ru), Мохамед Эль-Халаф Рамиз Алаеддинович, Багдасарова Инна Владимировна, Балашова Мария Евгеньевна, Абдулкеримова Саида Маликовна, Бакаев Юсуп Андарбекович, Куликова Алена Алексеевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет дружбы народов

СРАВНЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСНОЙ ОЦЕНКИ АНОМАЛИЙ ПРИКУСА: АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РАННЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

COMPARISON OF THE USE OF INDEX ASSESSMENT OF MALOCCLUSION: ANALYSIS AND EVALUATION OF PREVIOUS STUDIES

N. Chernomorchenko

Summary. In nowadays orthodontics, the issue of determining objective criteria for the specific treatment of a particular patient is acute. An important role in solving this problem is played by the indices of need for orthodontic treatment. In this review of the scientific literature, a number of the most relevant to date indices are reviewed, both methods of their implementation and interpretation of results are presented, as well as comparisons of their complexity, simplicity and reliability of application in everyday practice. Both domestic and foreign clinical studies were selected for consideration in this article.

Keywords: objective assessment, treatment criteria, bite anomalies, orthodontics.

Черноморченко Никита Сергеевич

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет
nik85041@gmail.com

Аннотация. В современной клинической практике врача-стоматолога-ортодонта остро стоит проблема определения объективных критериев для специального лечения того или иного пациента. Важную роль в решении данного вопроса играют индексы нуждаемости в ортодонтическом лечении. В данном обзоре научной литературы рассмотрен ряд наиболее актуальных на сегодняшний день индексов, приведены как методики их проведения и интерпретаций результатов, так и сравнения их комплексности, простоты и надежности применения в повседневной практике. Для рассмотрения в данной статье были отобраны как отечественные, так и зарубежные клинические исследования.

Ключевые слова: объективная оценка, критерии лечения, аномалии прикуса, ортодонтия.

Вариабельность аномалий прикуса высока, даже в пределах одной нозологической формы, достаточно часто наблюдаются пограничные случаи. При этом, оценку нуждаемости в лечении и конечный результат врачебных действий, врач-клиницист зачастую проводит субъективно. Следовательно, практикующему доктору необходимы объективные критерии оценки как эпидемиологической нуждаемости в целом, так и каждого отдельного случая аномалий прикуса. С этой целью были разработаны и апробированы различные варианты ортодонтических индексов — индексы Саммерса, индекс PAR, IOTN, эстетический индекс, индекс ICON и многие другие [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Целью данной работы является анализ применения индексной оценки аномалий прикуса. Для этого были рассмотрены монографии российских и зарубежных авторов, в которых исследователями раскрыты результаты проведенных клинических исследований.

При написании статьи поставлены следующие задачи:

- ◆ изучить методики применения индексов IOTN, DAI и ICON как наиболее актуальных и часто применяемых в клинической практике.
- ◆ сравнить методы и результаты проведенных исследований.

- ◆ оценить возможности клинического применения данных индексов
- ◆ сделать выводы по анализу осуществленных исследований

Аномалии прикуса, наряду с кариесом твердых тканей зуба, являются повсеместно одними из самых распространенных заболеваний полости рта. Зачастую зубочелюстные аномалии носят сочетанный характер, имеется масса пограничных форм, также не следует забывать об их сочетании с заболеваниями парадонта и твердых тканей зубов. Нередко аномалии прикуса совмещаются с общесоматической патологией или же ухудшают эстетический облик пациента. Поэтому, несомненно, аномалии прикуса являются не только медицинской, но и социально-значимой проблемой.

По этой причине врачам — стоматологам необходим эпидемиологический инструмент для оценки состояния и нуждаемости в лечении как отдельных пациентов, так и целых групп. Подобным инструментом, несомненно, являются ортодонтические индексы нуждаемости в лечении. Richmond [7, 8, 9] описывал индексы как методики определения величины отклонения прикуса от физиологической нормы и необходимости лечения как

| Grade | Characteristics |
|-----------------------|---|
| 5 (Very great) | 5.i Impeded eruption of teeth (with the exception of third molars) owing to crowding, displacement, the presence of supernumerary teeth, retained primary teeth and any pathological cause 5.h Extensive hypodontia with restorative implications (more than one tooth missing in any quadrant) requiring preresorative orthodontics 5.a Increased overjet >9 mm 5.m Reverse overjet >3.5 mm with reported masticatory and speech difficulties 5.p Defects of cleft lip and palate 5.s Submerged primary teeth |
| 4 (Great) | 4.h Less extensive hypodontia, requiring preresorative orthodontics or orthodontic space closure to obviate the need for a prosthesis 4.a Increased overjet >6 mm but ≤9 mm 4.b Reverse overjet >3.5 mm with no masticatory or speech difficulties 4.m Reverse overjet >1 mm but <3.5 mm, with recorded masticatory and speech difficulties 4.c Anterior or posterior crossbites with >2 mm discrepancy between retruded contact position and intercuspal position 4.l Posterior lingual crossbite with no functional occlusal contact in one or both buccal segments 4.d Severe displacements of teeth >4 mm 4.e Extreme lateral or anterior open bites >4 mm 4.f Increased and complete overbite with gingival or palatal trauma 4.t Partially erupted teeth, tipped and impacted against adjacent teeth 4.x Supplemental teeth |
| 3 (Moderate) | 3.a Increased overjet >3.5 mm but ≤6 mm with incompetent lips 3.b Reverse overjet >1 mm but ≤3.5 mm 3.c Anterior or posterior crossbites with >1 mm but ≤2 mm discrepancy between retruded contact position and intercuspal position 3.d Displacement of teeth >2 mm but ≤4 mm 3.e Lateral or anterior open bite >2 mm but ≤4 mm 3.f Increased and complete overbite without gingival or palatal trauma |
| 2 (Little) | 2.a Increased overjet >3.5 mm but ≤6 mm with competent lips 2.b Reverse overjet >0 mm but ≤1 mm 2.c Anterior or posterior crossbite with ≤1 mm discrepancy between retruded contact position and intercuspal position 2.d Displacement of teeth >1 mm but ≤2 mm 2.e Anterior or posterior open bite >1 mm but ≤2 mm 2.f Increased overbite ≥3.5 mm without gingival contact 2.g Prenormal or postnormal occlusions with no other anomalies; includes up to half a unit discrepancy |
| 1 (None) | Extremely minor malocclusions including displacements <1 mm |

Рис. 1. Шкала степеней компонента ДНС индекса IOTN

конкретного пациента, так и популяции в целом. В связи с этим нельзя недооценивать роль индексирования в профилактической стоматологии: создании программ профилактики, протоколов скрининга населения и пр.

Индекс нуждаемости (IOTN) был разработан Brook и Shaw [10, 11] в 1989 году. Состоит из следующих клинических компонентов:

- ◆ стоматологического (DHC);
- ◆ эстетического (AC).

Компонент ДНС включает в себя пять степеней (рис. 1) от первой (отсутствие необходимости лечения), до пятой — высокая нуждаемость в ортодонтическом и комбинированном лечении (см. рис. 1).

Эстетическая необходимость (AC) определяется по шкале, состоящей из десяти фотографий, расположенных соответственно убыванию эстетической привлекательности прикуса пациента и градуируется по десятибалльной шкале (рис. 2). Основанием этой шкалы

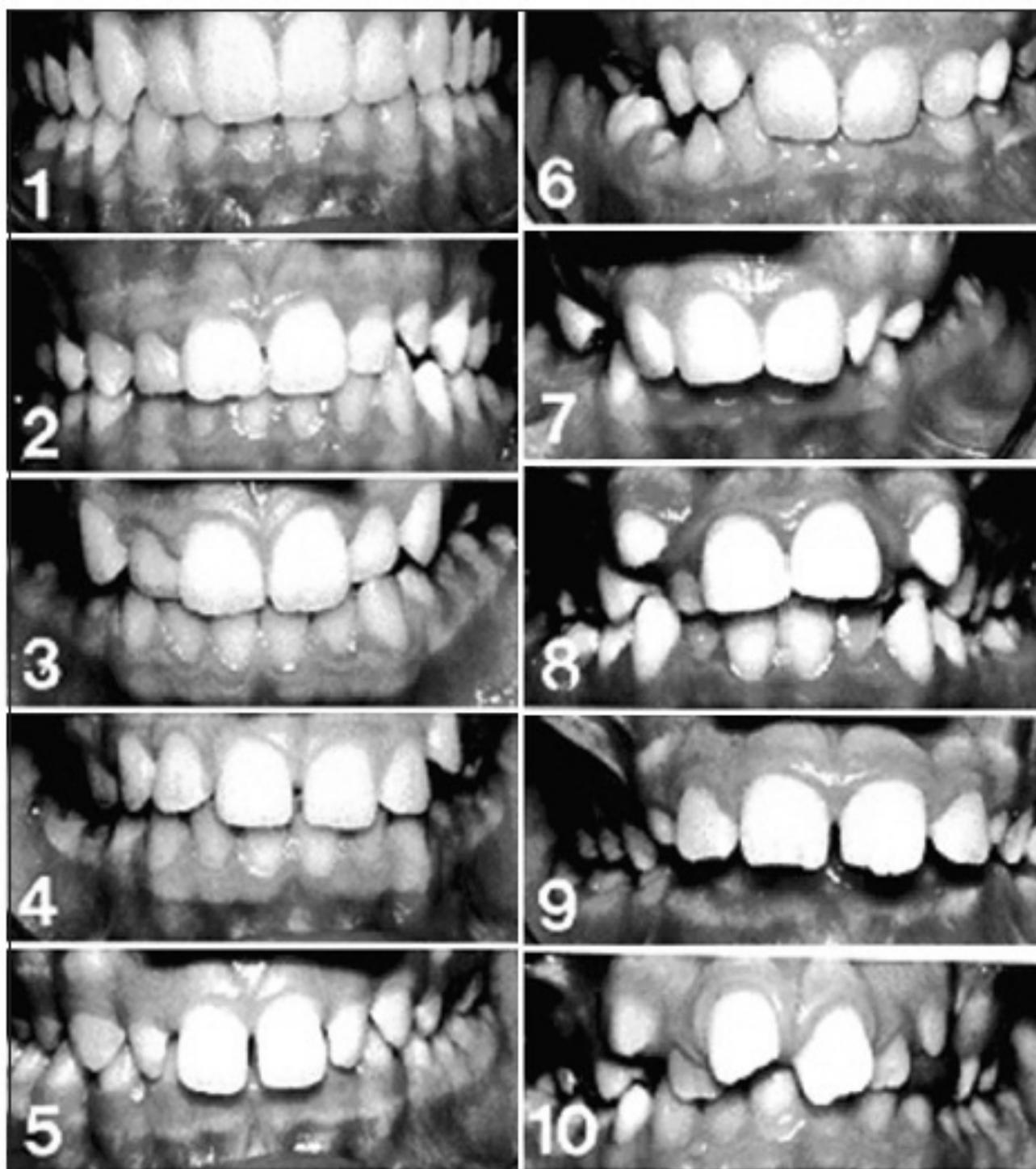


Рис 2. Шкала AC индекса IOTN [10, 11]

служит систематизация эстетической привлекательности по Evans и Shaw. В отличие от ДНС, степень которой определяется доктором, AC пациент определяет сам, то есть врач также может оценить мотивацию пациента к лечению и то, как он (пациент) сам оценивает состояние своего прикуса.

При анализе научной литературы особое внимание было уделено эпидемиологической оценке применения индекса в России и зарубежье [12, 13, 14, 15]. Так, по данным С.М. Шамова, который провел индексирование 1258 детей в Республике Дагестан- по ДНС компоненту нуждаемость детей в ортодонтической помощи состав-

ляла 48,09%, что является высоким показателем, однако удельный вес тяжелых патологий, требующих обязательного лечения — 11,2%, рекомендовано лечение — 17,2% детей, избирательное лечение показано в 20,9%, а минимальные отклонения от нормы физиологического прикуса, не требующие обязательного исправления, — в 51,91% случая. Анализируя результаты исследования АС компонента, мы видим, что 73% детей с аномалиями прикуса не находят у себя отклонения от эстетической нормы, в то время, как свое состояние считают удовлетворительным 21,78% осмотренных, и лишь 4,45% детей считает свое состояние неудовлетворительным. Эти данные свидетельствуют о высокой нуждаемости рассматриваемой популяции и низкой мотивации детей к лечебным мероприятиям [16].

Следующее эпидемиологическое исследование с использованием IOTN, которое следует упомянуть, проведено R. Naseh (2009) среди 343 иранских детей. Результаты исследования по компоненту ДНС были следующие: 9% исследуемых не требовалось лечение, незначительные аномалии, требующие минимального лечения — 5% исследуемых, избирательное лечение 28,6% детей, рекомендовано лечение 55,8% детей и тяжелые аномалии, требующие комбинированного лечения — у 9,7% исследованных детей. АС компонент выглядел следующим образом: 15,8% процент не видели нужды в лечении, 66,6% оценивали свое состояние как удовлетворительное и 17,6% считали что нуждаются в лечении [17].

Dental Aesthetic Index (DAI) был разработан в 1987 году Cons и соавторами [2] и был рекомендован ВОЗ для клинического применения в 1989 году. Оценка по данному индексу комбинирует оценку как клинических, так и эстетических проявлений аномалий окклюзии, оценивая также и социальную приемлемость, имеющейся нозологической формы аномалии. Применение DAI показало себя надежным, простым и удобным инструментом в практике врача-клинициста [18, 19, 20].

Методика индексирования заключается в оценке следующих десяти параметров [21]:

1. количество отсутствующих резцов, клыков, премоляров;
2. скученность резцов;
3. тремы между резцами;
4. диастемы;
5. величина отклонения в размерах верхней челюсти;
6. величина отклонение в размерах нижней челюсти;
7. наличие переднего верхнечелюстного перекрытия;
8. наличие переднего нижнечелюстного перекрытия;

9. открытый прикус;
10. соотношение моляров в переднезаднем отделе.

Далее DAI рассчитывается по регрессивному уравнению, в котором полученный показатель умножают на коэффициент регрессии, и итог добавляют к константе регрессионного уравнения [22]:

$$(I*6)+(II)+(III)+(IV*3)+(V)+(VI)+(VII*2)+(VIII*3)+(IX*4)+(X*3)+13$$

Результат интерпретируют следующим образом, если результат уравнения меньше 25, то нарушения прикуса незначительны или отсутствуют, значение 26–30 интерпретируется как состояние, требующее избирательного лечения, 31–35 — тяжелое состояние с рекомендованным лечением, и более 36 интерпретируется как очень тяжелое состояние с обязательным ортодонтическим лечением [23, 24].

Так, по результатам осмотров, проведенных З.С. Ельцовой-Таларики среди 120 жителей в трех возрастных группах (12 лет, 18 лет и 35–44 года) Минска и области, были следующие данные: сумму баллов меньше 25 имели от 33,33% (35–44 летние) до 40% (18 летние); 26–30 — от 20% (18 лет) до 40% (12 лет); 31–35 — от 10% (12 лет и 35–44 года) до 13,33% (18 лет) и больше 36 — от 20% (12 лет) до 26,67% (18 лет и 35–44 года), что также говорит о высокой степени нуждаемости в лечении аномалий независимо от возраста [25].

Следующим рассматриваемым индексом является ICON (Index of Complexity, Outcome and Need) был разработан в 2000 году Richmond и Daniels и одобрен на стадии исследований рядом практикующих докторов [26]. Состоит индекс из пяти (рис. 3) компонентов [27].

Во-первых, идет оценка эстетики прикуса пациента по шкале IOTN, после чего, номер выбранного изображения умножается на коэффициент 7.

Вторым компонентом является определение скученности, либо дистем и трем. Это необходимо с целью определения дополнительного пространства в зубном ряду. Результат исследования сравнивают с табличными показателями и полученный показатель умножают на 5.

Третий компонент — выявление перекрестного прикуса, при наличии которого выставляется 1 и умножается на коэффициент 5.

Затем доктор определяет наличие открытого или губового прикуса (*четвертый компонент*). Замеры производятся миллиметровой линейкой, после чего сравниваются с табличными значениями для определения балла, который в уравнении умножают на 4.

Таблица 1. Результаты индексирования ICON [28]

| Степень сложности ортодонтического лечения по индексу ICON | |
|--|-----------------------|
| Степень сложности лечения | Значение индекса ICON |
| Легкая | <29 |
| Умеренная | 29–50 |
| Средняя | 51–63 |
| Тяжелая | 64–77 |
| Очень тяжелая | >77 |

| Component | Score | | | | | | Weight |
|-----------------------------------|---|--|-------------------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 Aesthetic assessment | Score 1 to 10 | | | | | | 7 |
| 2 Upper arch crowding | <2 mm | 2.1 to 5 mm | 5.1 to 9 mm | 9.1 to 13 mm | 13.1 to 17 mm | > 17 mm | 5 |
| Upper spacing | <2 mm | 2.1 to 5 mm | 5.1 to 9 mm | >9 mm | | Impacted teeth | 5 |
| 3 Crossbite | No crossbite | crossbite present | | | | | 5 |
| 4 Incisor open bite | Edge to edge | < 1mm | 1.1 to 2 mm | 2.1 to 4 mm | >4 mm | | 4 |
| Incisor overbite | <1/3 lower incisor coverage | 1/3 to 2/3 coverage | 2/3 up to fully covered | Fully covered | | | 4 |
| 5 Buccal segment antero-posterior | Cusp to embrasure only Class I, II or III | Any cusp relation up to but not including cusp to cusp | Cusp to cusp | | | | 3 |

Рис 3. Интерпретация значений индекса ICON [26]

Последним, пятым компонентом- является оценка фиссурно-бугорковых соотношений в боковой группе зубов. Контакты зубов оценивают следующим образом- множественные фиссурно-бугорковые контакты оцениваются в ноль баллов; 1 балл- любое соотношение, за исключением прямого контакта; и 2 балла при выраженном прямом бугорковом контакте. Определенный балл умножают на 3.

Итоговое регрессивное уравнение для ICON индекса выглядит следующим образом [28]:

$$(I*7)+(II*5)+(III*5)+(IV*4)+(V*3)$$

Результат регрессивного уравнения интерпретируют по следующей таблице значений:

И.В. Токаревичем и соавторами. были обследованы 192 ребенка и был проведен анализ их данных по ICON индексу. Результаты исследования были следующие: легкая степень, при которой наблюдается либо физиологи-

ческая норма, либо незначительные аномалии- 61,46% исследуемых, умеренная степень тяжести у 22,9% осмотренных, средняя степень тяжести наблюдалась в 9,90% случаев, тяжелая и очень тяжелая степень- 5,2% и 0,52% соответственно[29].

Вывод: в результате анализа методик и результатов проведенных исследований, можно сделать следующее заключение. Наиболее комфортным и простым с точки зрения клинического применения является индекс ICON. Индекс IOTN дает возможность субъективной оценке состояния пациента, что, с одной стороны, дает представление об уровне просвещения и мотивации среди исследуемого контингента, но, с другой, искажает конечный результат эксперимента. Индексная оценка с помощью DAI при всей своей громоздкости не дает представление о ряде патологий прикуса. Отсюда можно заключить, что ICON является на сегодняшний день наиболее универсальным и результативным инструментом при оценке состояния прикуса как на клиническом приеме, так и при эпидемиологическом обследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carlos J. P., Ast D. B. (1966) Evaluation of the HLD index as a decision-making tool. *Public Health Rep* 81: 621–626.
2. Cons N. C., Jenny J., Kohout F. J., (1986) DAI: The Dental Aesthetic Index. College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, IA.
3. Grainger R. M. (1967) Orthodontic treatment priority index, National Centre for Health Services. Series 11. No- 25. Washington: Department of Health, Education and Welfare.
4. Holman JK, Nelson S, Powers M. P. (1998) An assessment of extraction versus non-extraction orthodontic treatment using the peer assessment rating (PAR) index. *Angle Orthodontics* 68: 527–534
5. Ingervall B, Romenian A. (1975) Index for need of orthodontic treatment. *Odontologisk Revy* 26: 59–82.
6. Richmond S. (1999) The index of Complexity Outcome and Need (ICON) (in press — personal communication).
7. Richmond S, Daniels CP, Fox N, Wright J. (1997) The professional perception of orthodontic treatment complexity. *British Dental Journal* 183: 37~<1–375.
8. Richmond S, Daniels CP. (1998a) International comparisons of professional assessments in orthodontics: Part 1 — Treatment need. *American Journal of Orthodontics* 113: 180–85.
9. Richmond S, Daniels CP. (1998b) International comparisons of professional assessments in orthodontics: Part 2- treatment outcomes. *American Journal of Orthodontics* 113: 324–328.
10. Brook P. H., Shaw W. C. (1989) The development of an index of orthodontic treatment priority. *European Journal of Orthodontics* 11: 309–320.
11. Shaw WC, Richmond S, O'Brien KD, Brook PH, Stephens CD. (1991) Quality control in orthodontics: indices of treatment need and treatment standards. *British Dental Journal* 170: 107–1~<12
12. Ngom PI, Diane F., Dieye F. Orthodontic treatment need and demand in senegalese school children aged 12–13 years. An appraisal using IOTN and ICON. *Angle Orthodontics*. 2007 Mar; 77(2):323–30ted
13. Thilender B., et al. "Prevalence of malocclusion and Orthodontic treatment need in children and adolescent in Bogota, Columbia. An epidemiological survey related to different stages of dental development". *European Journal of Orthodontics* 23.2 (2001): 153–167
14. Аверьянов С. В., Зубарева А. В. Оценка уровня качества жизни у пациентов с зубочелюстными аномалиями // *Современные проблемы науки и образования*. — 2015. — № 4.;
15. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20519> (дата обращения: 24.02.2019).
16. Ю. М. Глухова Изучение нуждаемости населения Хабаровска в ортодонтическом лечении с помощью эстетических индексов/ *Институт стоматологии, СПб-2010*, С.-24–25.
17. С. М. Шамов Изучение эпидемиологии зубочелюстных аномалий у детей и подростков республики дагестан с помощью двухкомпонентного ортодонтического индекса / *Вестник новых медицинских технологий* — 2012 — Т. XIX, № 3 — С. 82–83
18. Roya Naseh, Zahra Mohammadi, Parviz Padisar/. The Use of Orthodontic Treatment Need Index (IOTN) in a Referred Iranian Population. *Research Journal of Biological Sciences*. Volume: 4. 438–443.
19. Onyeaso CO, Aderinokun GA. The relationship between dental aesthetic index (DAI) and perceptions of aesthetics, function and speech amongst secondary school children in Ibadan, Nigeria. *International Journal of Pediatric Dentistry* 2003 September;13(5):336–341
20. Jenny J, Cons NC. Comparing and contrasting two orthodontic indices, the Index of Orthodontic Treatment need and the Dental Aesthetic Index. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1996 Oct; 110(4):410–416
21. Ansai T, Miyazaki H, Katoh Y, Yamashita Y, Takehara T, Jenny J, Cons NC. Prevalence of malocclusion of high school students of Japan according to the Dental Aesthetic Index. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 1993 Oct;21(5):303–305
22. Otuymi OD, Noar JH. Variability in recording and grading the need for orthodontic treatment using handicapping malocclusion assessment record, occlusal index and dental aesthetic index. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 1996 Jun;24(3):222–224
23. Cons NC, Jenny J, Kohout FJ, Freer TJ, Eismann D. Perceptions of occlusal conditions in Australia, German Democratic Republic and the United States of America. *International Dental Journal* 1983 Jun;33(2): 200–206
24. Johnson M, Harkness M, Cowther P, Herbison P. A comparison of two methods of assessing orthodontic treatment in the mixed dentition: DAI and IOTN. *Australian Orthodontic Journal*, 2000, July;16(2):82–87
25. Abdullah M.S, Rock W. P. Assessment of orthodontic treatment need in 5,112 Malaysian children using the IOTN and DAI indices. *Community Dental Health Journal*, 2001 Dec;18(4):242–248.
26. Ельцова-Таларики З.С., Живень М. О./ Показатели дентального эстетического индекса (DAI) у населения г. Минска/ *Стоматологический журнал*, март 2014, с. 131–134.
27. Daniels, C. and Richmond, S. (2000). The development of the Index of Complexity, Outcome and Need (ICON). *Journal of Orthodontics*, 27, 149–62.
28. A-R Koochek, M. Shue-Te Yeh, B. Rolfe and S. Richmond, The relationship between Index of Complexity, Outcome and Need, and patient's perceptions of malocclusion: a study in general dental practice. *British Dental Journal*, Vol 191, No 6, September 22~<2001
29. Onyeaso CO, Begole EA. Relationship between index of complexity, outcome and need, dental aesthetic index, peer assessment rating index, and American Board of Orthodontic objective grading system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 February; 131(2):248–52
30. Токаревич И. В., Наумович Ю. Я., Маслак Т. В./ Анализ нуждаемости в ортодонтическом лечении и определение сложности ортодонтического лечения у подростков допризывного возраста с применением IOTN и ICON

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОРФОМЕТРИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ IN VIVO

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECT OF LASER RADIATION ON THE REGENERATION OF PERIODONTAL TISSUES IN AN EXPERIMENTAL MORPHOMETRIC STUDY IN VIVO

**A. Chunikhin
E. Bazikyan**

Summary. The aim of the study was to compare the effectiveness of complex therapy of model periodontitis in rats using a new generation nanosecond laser apparatus with a wavelength of 1265 ± 5 nm and photodynamic laser therapy with a wavelength of 660 nm using a morphometric study. Periodontitis was simulated in experimental animals (rats $n = 70$), divided into 3 groups — the main ($n = 30$), comparisons ($n = 30$) and controls ($n = 10$), and complex therapy of periodontitis. In the main group, using a nanosecond laser device for medical use with a wavelength of 1265 nm, a photodynamic laser therapy with a wavelength of 660 nm was used in the comparison group, only traditional therapy including mechanical curettage of periodontal pockets and antiseptic treatment was used in the control group. To conduct morphological studies, the animals were withdrawn from the experiment on days 7, 14 and 21. The results of a quantitative morphometric evaluation of the full-blood vessels in the periodontal ligament showed that the number of vessels in the periodontal ligament on day 7 in the main group was 2.8 ± 0.29 , in the comparison group 5.3 ± 0.42 ; on day 14 in the main group 3.2 ± 0.30 , in the comparison group 3.7 ± 0.26 ; on day 21 in the main group, the average number of full blood vessels in the field of view of the microscope was 5.2 ± 0.32 ; in the comparison group 1.8 ± 0.15 , in the control group 2.2 ± 0.28 ($p < 0.05$). The results of the morphometric study showed the high efficiency of a new photocoagulation technique without photosensitizers using laser nanosecond microsurgery in the treatment of periodontitis in rats compared with conventional photodynamic therapy. The use of a new technique of nanosecond laser therapy to complex therapy of periodontitis promotes the creation of reactive inflammation in tissues and stimulation of vascular growth to accelerate the regeneration of periodontal tissues.

Keywords: laser radiation, semiconductor laser, photodynamic effect, periodontitis, periodontal tissue regeneration.

Чунихин Андрей Анатольевич

*К.м.н., доцент, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова
docca74@yandex.ru*

Базикян Эрнест Арамович

Д.м.н., профессор, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова

Аннотация. Целью исследования сравнение эффективности комплексной терапии модельного пародонтита у крыс с применением наносекундного лазерного аппарата нового поколения с длиной волны 1265 ± 5 нм и фотодинамической лазерной терапии с длиной волны 660 нм с помощью морфометрического исследования. У экспериментальных животных (крыс $n=70$) моделировали пародонтит, делили на 3 группы — основная ($n=30$), сравнения ($n=30$) и контроля ($n=10$), проводили комплексную терапию пародонтита. В основной группе с использованием наносекундного лазерного устройства для медицинского применения с длиной волны 1265 нм, в группе сравнения применяли методику фотодинамической лазерной терапии с длиной волны 660 нм, в контрольной группе использовали только традиционную терапию, включающую механический кюретаж пародонтальных карманов и антисептическую обработку. Для проведения морфологических исследований животных выводили из эксперимента на 7, 14 и 21 сутки. Результаты количественной морфометрической оценки полнокровных сосудов в периодонтальной связке показали, что количество сосудов в периодонтальной связке на 7 сутки в основной группе составило $2,8 \pm 0,29$, в группе сравнения $5,3 \pm 0,42$; на 14 сутки в основной группе $3,2 \pm 0,30$, в группе сравнения — $3,7 \pm 0,26$; на 21 сутки в основной группе среднее количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа составило $5,2 \pm 0,32$; в группе сравнения $1,8 \pm 0,15$, в контрольной группе — $2,2 \pm 0,28$ ($p < 0,05$). Результаты морфометрического исследования показали высокую эффективность новой методики фотоокситерапии без фотосенсибилизаторов с использованием лазерной наносекундной микрохирургии при лечении пародонтита у крыс по сравнению с традиционной фотодинамической терапией. Использование новой методики наносекундной лазерной терапии к комплексной терапии пародонтитов способствует созданию реактивного воспаления в тканях и стимуляции роста сосудов для ускорения регенерации тканей пародонта.

Ключевые слова: лазерное излучение, полупроводниковый лазер, фотодинамический эффект, пародонтит, регенерация тканей пародонта.

Заболевания пародонта относятся к сложной патологии полости, часто поражают лиц молодого возраста, имеют высокую распространенность среди населения, являются наиболее частой причиной потери зубов. Пародонтопатогены, вызывающие развитие заболевания, обладают высокой резистентностью к медикаментозной терапии [1]. Комплексный подход с включением физических факторов определяет эффективность терапии болезней пародонта. Наиболее перспективным направлением в лечении данной патологии является применение лазерных технологий. Уникальные свойства лазерного излучения способствуют высокой точности воздействия на патологические ткани без поражения здоровых тканей, а широкие возможности современных медицинских лазерных аппаратов в управлении параметрами излучения позволяют подобрать оптимальные гармоник для проведения эффективного лечения [2]. Биостимулирующее действие лазерного света способствует устойчивой длительной ремиссии заболевания [3].

Исследования современных ученых показывают, что максимальная проникаемость тканей для лазерного света находится в области излучения 900–1500 нм, а использование ультракоротких импульсов излучения позволяет проникать световому потоку глубже в ткани без их существенного нагрева [4]. Параметры излучения определяют воздействие на биологические ткани. В зависимости от параметров излучения — длины волны, частоты излучения, экспозиции, наблюдаются различные эффекты — тепловой, биохимический, биофизический, фототермический. Современным малоинвазивным методом фотохимического воздействия лазерного излучения на ткани является фотодинамическая терапия, в основе которой лежит свойство веществ (фотосенсибилизаторов), содержащих кислород и чувствительных к световому излучению определенной длины волны, выделять активные формы кислорода (синглетный кислород), обладающие цитотоксическим действием и запускающие реакции перекисного окисления с выделением свободных радикалов [5–6].

Эксперименты, проведенные ранее, показали возможность проведения фотодинамических реакций в тканях без экзогенных фотосенсибилизаторов за счет воды и молекулярного кислорода. Максимум поглощения эндогенного кислорода в тканях находится в диапазоне длин волн 1265–1275 нм [7]. Исследования, проведенные нами ранее в модельных биохимических средах, доказывают возможность прямой генерации синглетного кислорода при воздействии лазерного излучения в данном диапазоне [8].

Современные научные исследования направлены на поиск новых возможностей лазерного излучения для применения в медицине. Ультракороткое импуль-

сное излучение, например в наносекундном или фемтосекундном диапазоне способствует более глубокому проникновению в ткани без существенного их нагрева [9]. Тонкие световоды, используемые в современных лазерных излучателях, позволяют проводить прецизионную терапию. Интересным научным поиском является возможность совмещения свойств лазерного излучения для проведения микрохирургических операций с биостимулирующим действием.

Разработанный нами, лазерное медицинское устройство на полупроводниковых кристаллах имеет уникальные параметры излучения и компактные размеры, что способствует его использованию в роботической лазерной хирургии [10]. Данное устройство уже прошло множество экспериментальных исследований, в том числе по изучению эффективности наносекундного лазера с длиной волны 1265 ± 5 нм в лечении модельного пародонтита у экспериментальных животных (крыс) *in vivo* с применением лазерной микрохирургии и фотоситерапии [11]. Для понимания механизмов воздействия нового лазерного аппарата необходимы сравнительные морфометрические исследования.

Цель исследования

сравнить эффективность комплексной терапии модельного пародонтита у крыс с применением наносекундного лазерного аппарата нового поколения с длиной волны 1265 ± 5 нм и фотодинамической лазерной терапии с длиной волны 660 нм с помощью морфометрического исследования.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование проводили с использованием крыс — особей мужского пола весом 200–250 гр линии Wistar в соответствии с Директивой ЕС 86/609/ЕСС и Конвенцией Совета Европы по защите позвоночных животных используемых для экспериментальных и других научных целей (1986). Всего в эксперименте участвовало 70 животных поделенных на 3 группы. Всем животным проводили моделирование пародонтита с использованием шелковой лигатуры, введенной под разрушенную с помощью гладилки круговую связку нижних резцов, и фиксировали восьмьюобразным швом вокруг них (рис. 1а). Моделирование пародонтита у экспериментальных животных соответствует усовершенствованной методике, предложенной проф. А. И. Воложиным в 1990 году [12]. В основной группе ($n=30$) для лечения использовали новое лазерное-диодное устройство, принцип действия которого основан на образовании электромагнитной оптической энергии в узкополосном диапазоне ближней инфракрасной области 1265 ± 5 нм, реализованном на основе квантоворазмерных двой-

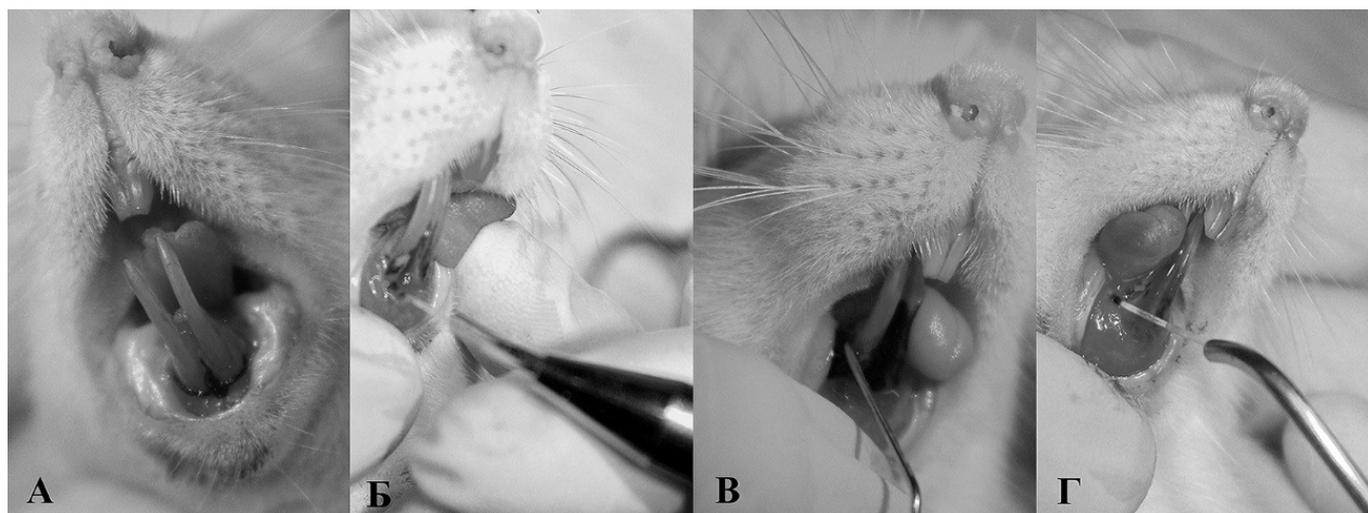


Рис. 1. Картина в полости рта экспериментальных животных при: А — моделировании пародонтита, Б — проведения лечения с использованием лазерного аппарата без фотосенсибилизатора, В — нанесение фотосенсибилизатора (геля) в зубо-десневые карманы, Г — проведение лазеротерапии после удаления фотосенсибилизатора.

ных гетероструктур раздельного ограничения InGaAsP/InP с драйвером управления настроенным на излучение в наносекундном импульсном диапазоне. Устройство имеет настраиваемые диапазоны импульсности со скважностью 400 нс, паузой от 100 до 900 нс, частотой импульсов 50 кГц, мощность устройства регулируется в пределах от 0,2 Вт до 2 Вт. Проведенные ранее экспериментальные исследования позволили определить оптимальные параметры лазерного излучения для лечения заболеваний пародонта, поэтому для проведения лечения использовали мощность 1,8 Вт с экспозицией 180 сек. При проведении лечения, световод погружали в пародонтальный карман, после этого включали лазерное излучение, затем совершали круговые движения с помощью световода, при этом удаляя грануляции с помощью лазерного излучения с одновременным проведением фотоокситерапии за счет выделения синглетного кислорода в тканях (рис. 1б). Во второй группе сравнения (n=30) применяли методику лазерной фотодинамической терапии с применением экзогенного фотосенсибилизатора хлоринового ряда и непрерывного лазерного излучения с длиной волны 660 нм. Для этого в пародонтальные карманы наносили гель-пенетратор с экспозицией 10 мин (рис. 1в), затем остатки геля смывали с помощью физиологического раствора и после этого проводили облучение лазерным светом в течение 5 мин (рис. 1г). Таким образом, общее время процедуры в данной группе составило 900 сек, что в 5 раз дольше, чем в основной группе. В третьей группе контроля (n=10) использовали традиционный метод лечения пародонтита, включающий в себя первичную механическую обработку пародонтальных карманов с применением кю-

рет и последующую медикаментозную антисептическую обработку. Лазеротерапию в основной группе и группе сравнения проводили по следующей схеме — первые 7 дней каждый день, затем 7 дней перерыв, после этого еще недельных курс лазеротерапии.

Животных выводили из эксперимента на 7, 14 и 21 сутки для изучения с помощью гистоморфометрии. Для морфологического исследования после эвтаназии у животных отделяли фрагмент нижней челюсти с центральными резцами, который фиксировали в 10% растворе формалина, затем изготавливали гистологические срезы по общепринятой методике с окраской гематоксилин-эозином, которые исследовали и фотографировали на микроскопе Axio Lab.A1 (Carl Zeiss Microscopy, Германия). Качественную оценку, полученных гистологических препаратов проводили с целью изучения отека периодонтальной связки, выраженности полнокровия сосудов периодонта, репарации костной ткани в области зубо-десневого сегмента на разных этапах лечения. Для проведения количественной оценки неоваскуляризации тканей пародонта вычисляли общее число сосудов в поле зрения микроскопа в 10 случайным образом отобранных полях зрения. Результаты обрабатывали статистически с использованием программного обеспечения MS Office Excel, представляли в виде среднего значения \pm стандартное квадратическое отклонение ($M \pm \sigma$).

Результаты исследования

По результатам морфологического исследования можно провести качественную оценку состояния тка-

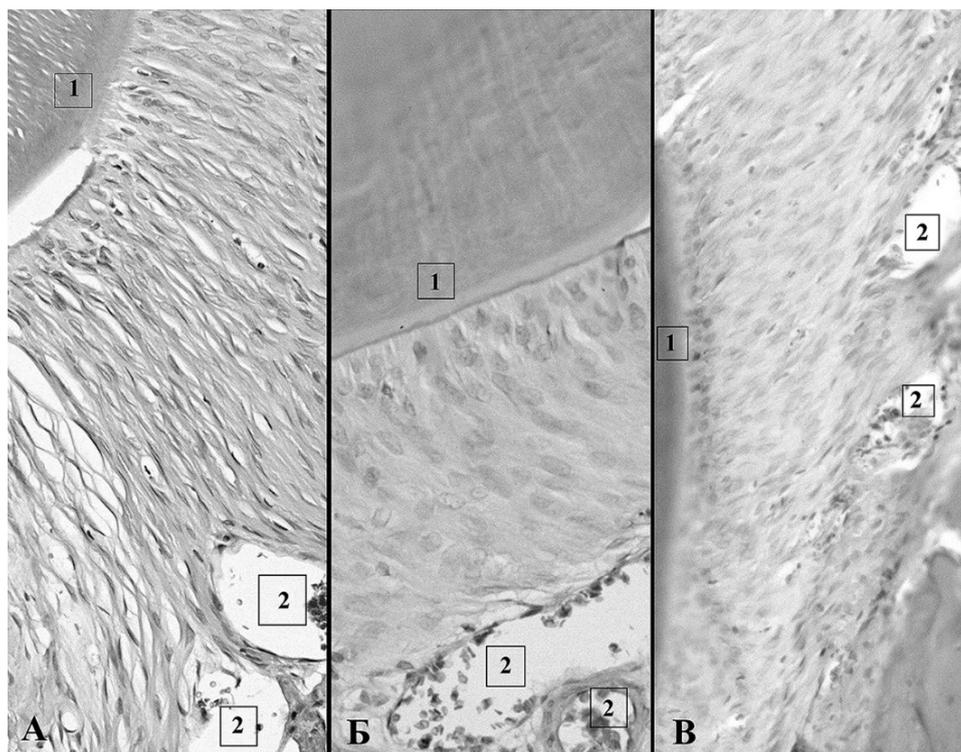


Рис. 2. Морфологические сканы в основной группе (I) на разных этапах наблюдения: А — 7 сутки, Б — 14 сутки, В — 21 сутки, где: 1 — цемент корня зуба, 2 — полнокровные сосуды в периодонтальной связке. Окраска гематоксилин-эозином, $\times 120$

ней пародонта на разных этапах наблюдения и количественную оценку воздействия лазерного излучения на репаративный остеогенез по биостимулирующему действию на неоваскуляризацию пародонтальной связки в результате проведенного лечения. На 7 сутки после проведения лечения в основной группе наблюдался выраженный отек ткани периодонтальной связки, полнокровие сосудов глубже расположенных сохраненных участков периодонтальной связки (рис. 2а). На 14 сутки в данной группе отмечались участки частично восстановленной, с параллельными пучками коллагеновых и эластических волокон, направленных перпендикулярно корню зуба, отечной периодонтальной связки, умеренно выраженный отек ткани и полнокровие сосудов сохраненных участков периодонтальной связки (рис. 2б). На 21 сутки в основной группе наблюдался умеренно выраженный отек ткани регенерировавшей, богатой фибробластами, периодонтальной связки с расширенными полнокровными сосудами на границе с костными балками альвеолярной кости, большое количество полнокровных сосудов в периодонтальной связке (рис. 2в).

В группе сравнения на 7 сутки наблюдения отмечались очаги частично восстановленной, с параллельными пучками коллагеновых и эластических волокон, на-

правленными перпендикулярно корню зуба, отечной периодонтальной связки, более выраженное полнокровие сосудов в периодонтальной связке по сравнению с основной группой (рис. 3а). На 14 сутки наблюдения в группе сравнения наблюдался умеренно выраженный отек ткани периодонтальной связки, видимых морфологических различий по количеству наполненных сосудов в периодонтальной связке по сравнению с основной группой не наблюдалось (рис. 3б). На 21 сутки в группе сравнения наблюдали практически завершённый процесс репарации зубодесневого сегмента, единичные сосуды в области исследования (рис. 3в).

Результаты количественной морфометрической оценки полнокровных сосудов в периодонтальной связке на разных этапах наблюдения подтверждают качественную морфологическую оценку и представлены в таблице 1. Количество сосудов ($M \pm \sigma$) в периодонтальной связке на границе с альвеолярной костью на 7 сутки в основной группе составило $2,8 \pm 0,29$, в группе сравнения $5,3 \pm 0,42$; на 14 сутки в основной группе $3,2 \pm 0,30$, в группе сравнения — $3,7 \pm 0,26$; на 21 сутки в основной группе среднее количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа составило $5,2 \pm 0,32$; в группе сравнения $1,8 \pm 0,15$, в контрольной группе — $2,2 \pm 0,28$ при статистически достоверной разнице ($p < 0,05$).

Таблица 1. Результаты морфометрической оценки количества полнокровных сосудов на разных этапах наблюдения (M±σ).

| Сутки эксперимента | Группа | | |
|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| | I Группа (основная) | II Группа (сравнения) | III Группа (контроль) |
| 7 | 2,8±0,29 | 5,3±0,42 | - |
| 14 | 3,2±0,30 | 3,7±0,26 | - |
| 21 | 5,2±0,32* | 1,8±0,15 | 2,2±0,28 |

*разница статистически значима (p=0,000001) между показателем основной группы и группы сравнения

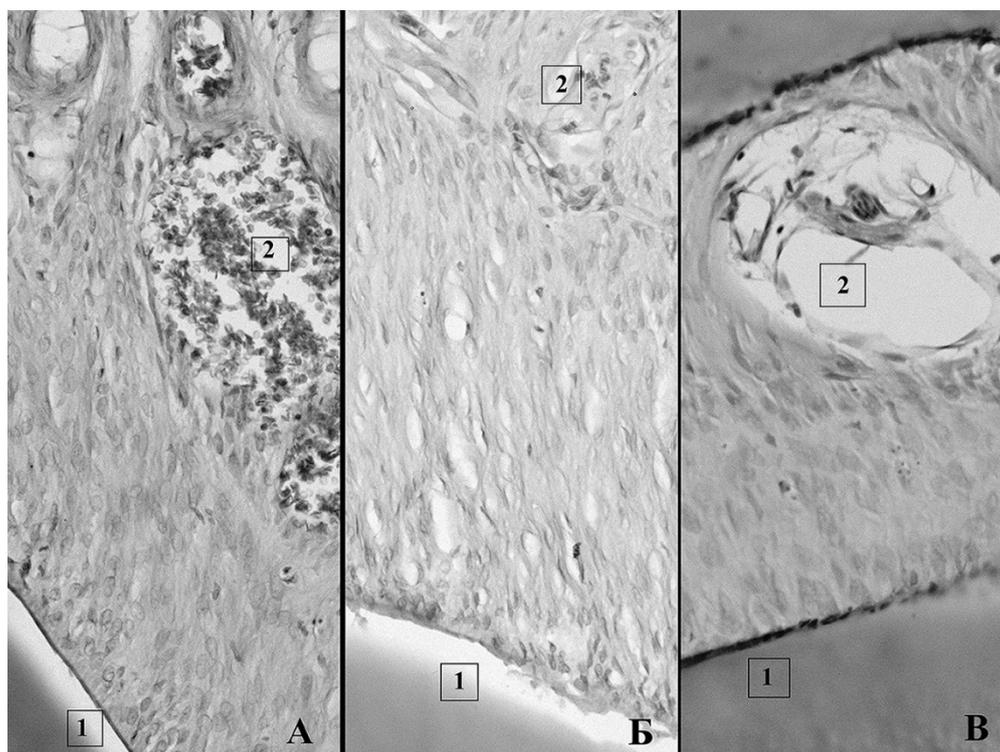


Рис. 3. Морфологические сканы в группе сравнения (II) на разных этапах наблюдения: А — 7 сутки, Б — 14 сутки, В — 21 сутки, где: 1 — цемент корня зуба, 2 — полнокровные сосуды в периодонтальной связке. Окраска гематоксилин-эозином, x120

Проведенные исследования показали, что использование лазерного излучения с длиной волны 1265±5 нм в наносекундном импульсном режиме при лечении пародонтита способствует увеличению количества сосудов на 21 сутки лечения в периодонтальной связке по сравнению с применением традиционной фотодинамической терапии с длиной волны 660 нм, при которой наблюдается уменьшение количества сосудов. Возможно, угнетение роста сосудов на заключительных этапах лечения при использовании данного вида лазеротерапии, связано с токсическим действием фотосенсибилизатора на ткани.

Заключение

Результаты морфологического и морфометрического исследований в сравнительной оценке фотоокситерапии без фотосенсибилизаторов с использованием лазерной наносекундной микрохирургии и традиционной фотодинамической терапии при лечении пародонтита у крыс показали высокую эффективность новой методики, способствующей ускорению регенерации тканей пародонта за счет реактивного воспаления и стимулирования роста сосудов. Кроме этого, методика лазеротерапии в комплексном лечении болезней пародонта с исполь-

зованием фотоокситерапии без фотосенсибилизаторов с длиной волны 1265 ± 5 нм в наносекундном импульсном режиме излучения имеет преимущество для применения в клинической практике — сокращение времени процедуры и значительно более низкую себестоимость за счет отсутствия фотосенсибилизаторов, имеющих достаточно высокую цену и сложность производства.

Пролиферативный рост сосудов при использовании данного вида лазеротерапии в комплексном лечении болезней пародонта и реактивное воспаление в тканях пародонта на ранних этапах лечения способствуют достижению устойчивого терапевтического эффекта и длительной ремиссии, что обуславливает перспективность применения данной методики в клинической практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янушевич О.О., Дмитриева Л. А., Ревазова З. Э. Пародонтит XXI век. Руководство для врачей. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016: 482 с.
2. Farivar S. Malekshahabi T., Shiri R. Biological Effects of Low Level Laser Therapy // J Lasers Med Sci. 2014. Vol. 5(2). P. 58–62
3. Закиров Т. В. Современные представления о возможности использования лазера при лечении воспалительных заболеваний пародонта // Проблемы стоматологии. — 2012. — № 3. — С. 10–14
4. Башкатов А.Н., Генина Э. А., Приезжев А. В., Тучин В. В. Лазерная биофотоника // Квантовая электроника, 2016. — Т. 46(№ 6). — С. 487.
5. Генина Э. А. Методы биофотоники: фототерапия. // Саратов «Новый ветер», Учебное пособие, 2012—119 с.
6. Zakharov S.D., Ivanov A. V. Light-oxygen effect as a physical mechanism for activation of biosystems by quasi-monochromatic light (a review). Biophysics. 2005. T. 50(1):64–85.
7. Захаров С.Д., Иванов А. В., Корочкин И. М., Данилов В. Н. Прямое возбуждение фотонами эндогенного молекулярного кислорода — фотофизический акт терапевтического действия лазерного излучения. Лазерная медицина. 2006. Т. 10. № 1. С. 4–9.
8. Чунихин А.А., Базилян Э. А., Сырникова Н. В., Чобанян А. Г. Сравнительная оценка эффективности генерации синглетного кислорода лазерным наносекундным модулем робототехнического хирургического комплекса в модельных биохимических средах // Российская стоматология. — 2017. — Т. 10 (2). — С. 30–35
9. Воронова О.С., Генинг Т. П., Светухин В. В. Влияние фемтосекундного лазерного излучения на показатели оксидативного стресса в опухолевой ткани при экспериментальном раке шейки матки // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 1. — С. 24–27
10. Чунихин А.А., Базилян Э. А., Зайратьянц О. В. Оценка эффективности наносекундной лазерной терапии болезней пародонта в эксперименте // Российская стоматология. — 2017. — Т. 10 (4). — С. 3–7 doi.org/10.17116/rosstomat20171043–7
11. Базилян Э.А., Чунихин А. А. Малоинвазивные лазерные технологии на основе роботизированных мультифункциональных комплексов в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии // Российский стоматологический журнал. — 2016. — Т. 20. — № 5. — С. 228–231
12. Воложин А. И. Моделирование и лечение воспаления в пародонте // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1990 № 6. С. 49–51.

© Чунихин Андрей Анатольевич (docca74@yandex.ru), Базилян Эрнест Арамович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ АКТИНОМИКОЗА ПЕРЕДНЕЙ БРЮШНОЙ СТЕНКИ (СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ)

MODERN APPROACHES TO THE TREATMENT OF ACTINOMYCOSIS OF THE ANTERIOR ABDOMINAL WALL (CASE STUDY)

**A. Yashnov
O. Konovalova
Yu. Khanina
N. Yashnova
S. Norpolova
S. Norpolov**

Summary. Actinomycosis is a chronic infectious disease of a person, which is caused by radiant fungi of the genus actinomycetes. The main difference between actinomycetes and other microorganisms is the ability to form a well-developed mycelium. The microorganism isolated from the foci of actinomycotic lesions in humans belong to the resident or transient congenital microflora of the mucous membranes. It should be noted that actinomycotic lesions usually develop in tissues adjacent to the mucous membranes, which are natural habitats of causal agents. The article presents a modern scheme of treatment of this pathology.

Keywords: Actinomycosis, actinomycetes, radiant mushrooms, mycosis, aktinolizats.

Яшнов Алексей Александрович

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия
alexyashnov@mail.ru

Коновалова Ольга Геннадьевна

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия

Ханина Юлия Сергеевна

ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия

Яшнова Надежда Борисовна

ГАУЗ Клинический медицинский центр г. Чита

Норполова Цыцык Цыдыповна

ООО «АКАДЕМИЯ» г. Чита

Норполов Согний Галсанович

ГАУЗ Клинический медицинский центр г. Чита

Аннотация. Актиномикоз является хроническим инфекционным заболеванием человека, которое вызывается лучистыми грибами рода актиномицетов. Основным отличием актиномицетов от других микроорганизмов — это способность образовывать хорошо развитый мицелий. Микроорганизм, выделенный из очагов актиномикотических повреждений у человека, принадлежит к резидентной или транзитной врожденной микрофлоре слизистых оболочек. Необходимо отметить, что актиномикотические поражения развиваются обычно в тканях, смежных со слизистыми оболочками, которые являются естественными средами обитания причинных агентов. В статье приводится современная схема лечения данной патологии.

Ключевые слова: Актиномикоз, актиномицеты, лучистые грибы, микоз, актинолизат.

АКТИНОМИКОЗ является хроническим инфекционным заболеванием человека, которое вызывается лучистыми грибами рода актиномицетов.

Актиномикотические поражения органов брюшной полости встречаются в 1% случаев [1]. Развитие данной формы связано с острой перфорацией внутренних органов (аппендицит, дивертикулит, криптит, различные язвенные заболевания), хирургическими или другими травматическими повреждениями, включая поражения проглоченными костными осколками или рыбными костями. Актиномикоз кожи встречается чрезвычайно редко [2]. Источником являются раны, загрязненные слюной или зубным налетом. Может также происходить гематогенное распространение возбудителя в кожу.

Начальные признаки абдоминального актиномикоза слабо выражены. Больные жалуются на повышение температуры тела, недомогание, слабость и боль. В ходе

развития процесса он обычно напоминает медленно прогрессирующие опухоли подобные злокачественным процессам, типа рака желудка, толстой и прямой кишки, аноректальной области или шейки матки. Можно наблюдать большие подкожные абсцессы, обширные мертвенно бледные уплотнения, или фистулы, выделение из которых друз часто является первым характерным признаком заболевания. Абдоминальный актиномикоз может распространяться на любую смежную ткань или орган, включая печень, селезенку, почку, маточные трубы, яичники, матку, яички, мочевого пузыря, прямую кишку или брюшную стенку.

Диагноз человеческого актиномикоза в основном основан на выделении и идентификации причинных агентов. К подходящему для бактериологического анализа материал на актиномикоз относят: гной, выделения из свищей, бронхиальный секрет, грануляции и биоптаты. Во всех случаях гной или ткань должны быть полу-

чены чрескожной пункцией. Хирургическое рассечение актиномикотических очагов и дренаж гнойного содержимого всегда является основой лечения актиномикоза. Вместе с тем радикальная операция приводит к временной редукции симптомов и может сопровождаться одним или большим числом рецидивов. Пенициллин активен против патогенных актиномицетов *in vitro* и *in vivo*. Учитывая, что у многих больных эффект от терапии пенициллином был недостаточен или отсутствовал, пенициллин назначали в больших дозах и сроки лечения продлевались от 3 до 12–18 месяцев,

Плохой ответ на лечение пенициллином часто обусловлен наличием сопутствующих пенициллин-резистентных микроорганизмов. Лекарственные средства плохо проникают через плотную ткань актиномикотических очагов в друзы. Наконец, *A. actinomycetemcomitans* — обычно устойчивы к пенициллину, хотя и не производят бета-лактамаз. Таким образом, пенициллин в лечении актиномикоза эффективен только тогда, когда не присутствует *A. actinomycetemcomitans* и когда сопутствующая микрофлора не содержит никаких продуцентов бета-лактамаз [3].

Аминопенициллины несколько более активны против патогенных актиномицетов, чем пенициллин, и, кроме того, они подавляют рост *A. actinomycetemcomitans*. При этом они не стойки к действию бета-лактамаз, микроорганизмы, которые производят бета-лактамазы, могут мешать их терапевтической эффективности.

Текущие рекомендации для антибиотикотерапии актиномикоза следующие [3]:

- ◆ амоксициллин + клавулановая кислота: 1 неделя — 2 г 3 раза в день амоксициллина + 0,2 г 3 раза в день клавулановой кислоты;
- ◆ 2–4 неделя — 1 г 3 раза в день амоксициллина + 0,1 г 3 раза в день клавулановой кислоты;
- ◆ Актинолизат 3мл внутримышечно 2 раза в неделю — 25 инъекций, через 1 месяц курс повторить, число инъекций сокращается до 20.
- ◆ Местное воздействие УФО на рану.

Пациенты, получающие неадекватную терапию, страдают от актиномикоза длительное время, также отмечены летальные исходы от этого заболевания или его осложнений. Особенно это относится к торакальным и абдоминальным инфекциям, которые часто диагностируют лишь в последней стадии. Если диагноз установлен рано и антибиотикотерапия адекватна, то прогноз лечения актиномикоза благоприятный. Тем не менее, и в настоящее время, несмотря на проводимую диагностику и лечение торакальные, абдоминальные и системные проявления остаются серьезной проблемой и требуют активного лечения [4].

Клинический случай: Больного Б. в течение двух месяцев беспокоит: боли в левом подреберье, наличие округлого образования на передней брюшной стенке, общая слабость, потеря массы тела (10 кг за 2 месяца). Самостоятельно не лечился, за медицинской помощью не обращался. 19.10.2016г состояние резко ухудшилось: усилился болевой синдром, выросла общая слабость. 21.10.2016 г самостоятельно обратился в дежурный стационар ГУЗ ГKB № 1, был обследован и госпитализирован в 1-е хирургическое отделение.

При поступлении предъявляет жалобы на боли в левом подреберье, наличие округлого образования на передней брюшной стенке, общую слабость.

Объективный статус: состояние средней степени тяжести. Аускультативно дыхание везикулярное с жестким оттенком, хрипов нет, число дыхательных движений — 18 в минуту. Тоны сердца ритмичные, ритм — синусовый, число сердечных сокращений — 72 в минуту; АД — 130 и 90 мм рт. ст. Язык влажный, обложен белым налетом. Живот округлой формы, мягкий, болезненный в левом подреберье, эпигастрии. На передней брюшной стенке в области мезагастрия левее на 2 см пупка, пальпируется плотное, при пальпации умеренно болезненное образование размерами 12х11,5 см с инфильтрацией окружающих тканей 7см. Симптомы раздражения брюшины отрицательные.

Данные дополнительных методов исследования. Общий анализ крови: СОЭ — 26 мм/ч, гемоглобин 153 г/л, эритроциты — $4,11 \cdot 10^{12}$ /л, лейкоциты — $6,8 \cdot 10^9$ /л. Лейкоцитограмма: палочкоядерные нейтрофилы — 5%, сегментоядерные нейтрофилы — 59%, лимфоциты — 32%, моноциты — 3%.

Общий анализ мочи: относительная плотность — 1020, цвет — соломенно-желтый, pH — 5,5, глюкоза 28 ммол/л, единичные лейкоциты в п/з.

Биохимия крови: AST — 14 Ед/л; ALT — 12Ед/л; билирубин общий — 6,7мкМ/л, прямой — 1,1мкМ/л, непрямой — 5,6мкМ/л; α -амилаза — 80Ед/л; глюкоза — 9,4 ммМ/л; мочевины — 3,7 ммМ/л; креатинин — 71 мкМ/л.

При проведении компьютерной томографии органов брюшной полости было выявлено инфильтративные изменения передней брюшной стенки слева, общими размерами 120х115 мм и толщиной около 20 мм. Умеренные признаки спаечного процесса в брюшной полости. Признаки жирового гепатоза 1степени. Липоматозной атрофии поджелудочной железы. Умеренное увеличение селезенки.

При выполнении УЗИ органов брюшной полости определяются диффузные изменения поджелудочной железы, уплотнение стенки желчного пузыря. УЗ-признаки образования мягких тканей размером 9,0x4,0 см, на глубине 3,5 см от поверхности кожи.

На основании полученных данных выставлен Ds: Образование передней брюшной стенки.

25.10.2016 г. пациенту выполняется оперативное вмешательство: удаление новообразования передней брюшной стенки. Во время операции обнаружено, что плотность прямой и косой мышц живота повышена до каменной консистенции. Взяты два биоптата мышечной ткани. При диагностической лапароскопии, проводимой интраоперационно, острой хирургической патологии не выявлено. Произведено дренирование брюшной полости. Рана послойно ушита.

Результаты гистологического исследования иссеченной мышцы: фибринозно-мышечно-жировая ткань с отеком, очаговыми кровоизлияниями, массивной лимфоидно-макрофагально-нейтрофильной инфильтрацией, формированием грануляционной ткани с обилием тонкостенных сосудов, небольшим количеством гранул с примесью гигантских клеток типа «инородных тел», с наличием друз актиномицетов среди лейкоцитов. По результатам гистологического исследования иссе-

ченной мышцы выставлен Ds: Актиномикоз передней брюшной стенки.

На основании полученных данных пациенту назначено комплексное лечение: Sol. Fibel 1,2 gr внутривенно 3 раза в день в течении 14 дней; Sol. Actinolisat 3 ml внутримышечно 2 раза в неделю в течении 35 дней, УФО в эритемной дозе, с захватом здоровых тканей — 7 непрерывных сеансов.

В результате лечения на 7 сутки инфильтрация уменьшилась на 2 см в диаметре, на 14-е сутки — на 3 см в диаметре и на 21 день еще на 2 см, на 34 день инфильтрация составляет 5 см, пациент отмечает улучшение самочувствия.

На 35 — е сутки выполняется контрольная компьютерная томография органов брюшной полости. Заключение: уменьшение инфильтрации до 55x45мм и толщиной 11мм. По органам без отрицательной динамики.

25.11.2016г пациент выписан в удовлетворительном состоянии.

Таким образом применение высоких доз защищенных пенициллинов в сочетании с актинолизатом и местным воздействием УФО на рану эффективно в лечении актиномикоза передней брюшной стенки

ЛИТЕРАТУРА

1. Смотров С. М. Актиномикоз желудка. Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2007. № 3(19). С126.
2. Гаджимурадов М. Н. Актиномикоз кожи. Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2016. № 3. С. 62–69.
3. Яшнов А.А., Коновалова О. Г., Васильева А. В., Кондратьев И. С. Эффективность комплексного лечения актиномикоза передней брюшной стенки. В книге — Хирурги Забайкалья в России-2. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. 2017. С. 65–66.
4. Яшнов А.А., Лобанов С. Л., Коновалова О. Г., Яшнова Н. Б., Мантуленко Л. В., Черешнева О. И. Актиномикоз человека современное представление. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки» –2018. -№ 4. -С. 196–201.

© Яшнов Алексей Александрович (alexyashnov@mail.ru), Коновалова Ольга Геннадьевна, Ханина Юлия Сергеевна,
Яшнова Надежда Борисовна, Норполова Цыцык Цыдыповна, Норполов Согний Галсанович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abdulkerimova S. — Peoples Friendship University of Russia

Albakova K. — Senior Lecturer, pediatrician, Ingush State University
Khadizhet.albakova@mail.ru

Albakova M. — Candidate of Medical Sciences, associate Professor, pediatrician, Ingush State University

Alhejoi H. — Post-graduate student, Peoples' Friendship University of Russia
alhejoj_hasan@mail.ru

Aligadzhiev M. — Assistant, Dagestan scientific center RAMS, Dagestan State Medical academy of the Federal Agency for health and social development of the Russian Federation
jnus@mail.ru

Al Windi Basim Khalid Mohammed Ali — Postgraduate, St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
vs4141@mail.ru

Asymbekova E. — Doctor of Medicine, Leading Researcher, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A. Bakulev Ministry of Health of Russia, Moscow

Azarova K. — Postgraduate Student, Yaroslavl State Medical University
ksenia-azarova@rambler.ru

Badmayeva E. — Buryat State university Ulan-Ude, Russia
Calidris03@gmail.com

Bagdasarova I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Peoples Friendship University of Russia

Bakaev Y. — Peoples Friendship University of Russia

Balashova M. — Peoples Friendship University of Russia

Baranov N. — Saint-Petersburg State University of Civil Aviation
nbaranov@yandex.ru

Bazikyan E. — Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov

Bessoltsev V. — Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky (St. Petersburg)
v.bessoltsev@gmail.com

Bogatyreva L. — Candidate of Medical Sciences, gynecologist, Ingush State University

Bondarenko R. — National Research University Moscow Aviation Institute, Moscow
rnikbond@gmail.com

Buziashvili Y. — Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medicine, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A. Bakulev Ministry of Health of Russia, Moscow

Chernomorchenko N. — Postgraduate student, Saint-Petersburg State University
nik85041@gmail.com

Chunikhin A. — Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov
docca74@yandex.ru

Davreshyan G. — Peoples Friendship University of Russia

Dremova T. — Assistant, RUDN University
dremova-tv@rudn.ru

Dubenko D. — Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University
dubendm@mail.ru

Egorova A. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
egorovanastassia@gmail.com

Elcheva I. — Russian State Social University (Moscow)
elcheva-irina@mail.ru

Ershova Y. — PhD, Associate Professor, Yaroslavl State Medical University

Evsina E. — SAEI AR HE Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Astrakhan
evsinalena@mail.ru

Fedorenko S. — Bryansk State Technical University
segonator@mail.ru

Feofanov A. — Moscow State Technical University "STANKIN"
feofanov.fan1@yandex.ru

Firsova A. — Tver State Medical University
anastasia_firsova@bk.ru

Gainutdinov M. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
mgainutdinov@gmail.com

Garafeeva R. — Kazan state medical University

Geger E. — Bryansk State Technical University
naser@bkdc.ru

Gerasimov S. — Orthopaedic surgeon, Volga Federal District Research Medical University

Gerikhanova M. — Kazan state medical University

Germanova S. — Senior Lecturer, RUDN University
germanova-se@rudn.ru

Ghosh K. — Volgograd State Technical University
hon_kingkar@yahoo.com

Gorchakova A. — Candidate of biological sciences, associate professor, Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia
goralfiya@yandex.ru

Gromov A. — Ph.D., associate Professor of the Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Ivanov S. — Doctor of medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation

Kalinnikova T. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
tbkalinnikova@gmail.com

Kalistratov D. — Tula State University
kalistratow@list.ru

Khabadze Z. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Peoples Friendship University of Russia
dr.zura@mail.ru

Khanina Y. — Chita state medical Academy

Kochetkov V. — Lead electronics engineer, JSC "Inter RAO-power generation "branch" Verkhnetagil'skaya GRES"
kochetkov_vv@interrao.ru

Kochkina N. — Candidate of medical sciences, Orenburg State Medical University

Kojevnikova L. — PhD, Senior Lecturer, Peoples Friendship University of Russia

Kolsanova R. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
rufina@kolsanova.com

Konovalova O. — Chita state medical Academy

Kulchenko N. — Candidate of medical Sciences, doctor of urology, doctor of ultrasound diagnostics, senior lecturer, Peoples' Friendship University of Russia
kle_kni@mail.ru

Kulikova A. — Peoples Friendship University of Russia

Kurako I. — Tver State Medical University
kurako.irina@yandex.ru

Lavrenchuk J. — Orenburg State Medical University
julia.lav1996@mail.ru

Leontieva A. — Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University
bobridra@mail.ru

Magomedov O. — Resident, Peoples Friendship University of Russia

Malov A. — PhD, assistant professor, Volga Federal District Research Medical University; State Budget Health Organization «Nizhniy Novgorod regional clinical hospital n.a. N.A. Semashko»

Malyshev E. — MD, professor, Volga Federal District Research Medical University

Mirzoeva S. — Kazan state medical University
sara096@mail.ru

Mokhamed El-Khalaf Ramiz — Peoples Friendship University of Russia

Myandina G. — Dr.Sc. (Biol.), professor, Peoples' Friendship University of Russia
myandina_gi@pfur.ru

Nechaeva J. — Doctor, assistant Lecturer of the Tver State Medical University
obstetrics_tver@mail.ru

Norpolova C. — LTD «ACADEMY»

Norpolov S. — Clinical medical center city of Chita

Okhapkin M. — MD, Professor, Yaroslavl State Medical University
Obstetrics@yma.ac.ru

Petrovskaya P. — Senior Lecturer, RUDN University
petrovskaya-pa@rudn.ru

Petukhov N. — Candidate of Agriculture Science, Associate Professor, RUDN University
petukhov-nv@rudn.ru

Pirtskhalava S. — Graduate student, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A. Bakulev Ministry of Health of Russia, Moscow
sofiko0311@yandex.ru

Polyakova E. — Senior lecturer, Orenburg State Medical University

Pupkov K. — Doctor of technical Sciences, Professor, Peoples' friendship University of Russia

Pyzhikova E. — Buryat State university Ulan-Ude, Russia
gp777@yandex.ru

Radjabova S. — Grand PhD, candidate of medical Sciences, assistant Professor, Dagestan scientific center RAMS, Dagestan State Medical academy of the Federal Agency for health and social development of the Russian Federation

Romanenkov A. — National Research University Moscow Aviation Institute, Moscow
romanaleks@gmail.com

Ryabtsev I. — St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Sambros N. — Senior Lecturer, RUDN University
sambros-nb@rudn.ru

Shagidullin R. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
shagidullin_@mail.ru

Shakhnazaryan L. — Candidate of Medical Sciences, Cardiologist, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A. Bakulev Ministry of Health of Russia, Moscow

Shchenin A. — Postgraduate student, Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
schenin-92@mail.ru

Shcherbakov M. — Volgograd State Technical University
maxim.shcherbakov@gmail.com

Shirendev U. — Postgraduate student, Peoples' friendship University of Russia
undakadnu@gmail.com

Shvyrev B. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia
bor2275@yandex.ru

Slonova V. — PhD, Senior Lecturer, Peoples Friendship University of Russia

Taran V. — Candidate of cultural studies, All-Russian Institute of scientific and technical information RAS
allscience@lenta.ru

Terekhov M. — Peoples Friendship University of Russia

Terentiev V. — Professor, academic Russian Academy of Transport, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Timonov D. — Head of laboratory, Krasnodar higher military school of the General of army S. M. Shtemenko
dmitrii-timonov@bk.ru

Tishkov D. — Ph.D., associate Professor, Kursk State Medical University, Ministry of health of the Russian Federation

Tutygin V. — Candidate of technical sciences, associate professor, St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Udin D. — Graduate student, National Research University, Moscow Power Engineering Institute
order@echogroup.ru

Vershinin A. — Senior lecturer, Moscow state University of Radioelectronics – Russian University of technology
ve.sa.2009@mail.ru

Yalcev A. — MD, Professor, Yaroslavl State Medical University
yaltsev1962@mail.ru

Yashnov A. — Chita state medical Academy
alexeyashnov@mail.ru

Yashnova N. — Clinical medical center city of Chita

Yezhov I. — MD, professor, Volga Federal District Research Medical University; Federal Regional Medical Center of Federal Medical-Biological Agency

Yezhov M. — MD, professor, Volga Federal District Research Medical University
ezha2000@mail.ru

Yurkova O. — Bryansk State Engineering and Technological University
yurkova_olga@mail.ru

Yusufov B. — Graduate student, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A. Bakulev Ministry of Health of Russia, Moscow

Zolotareva N. — FSBEI HE Astrakhan State University, Astrakhan
zoloto.chem@mail.ru

Zorina A. — K.b.s., docent, Petrozavodsk state University, Petrozavodsk
zor-nastya@yandex.ru

Zubkova V. — Russian State Social University (Moscow)
vmzubkova@yandex.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия 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).