

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№6 2021 (ИЮНЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

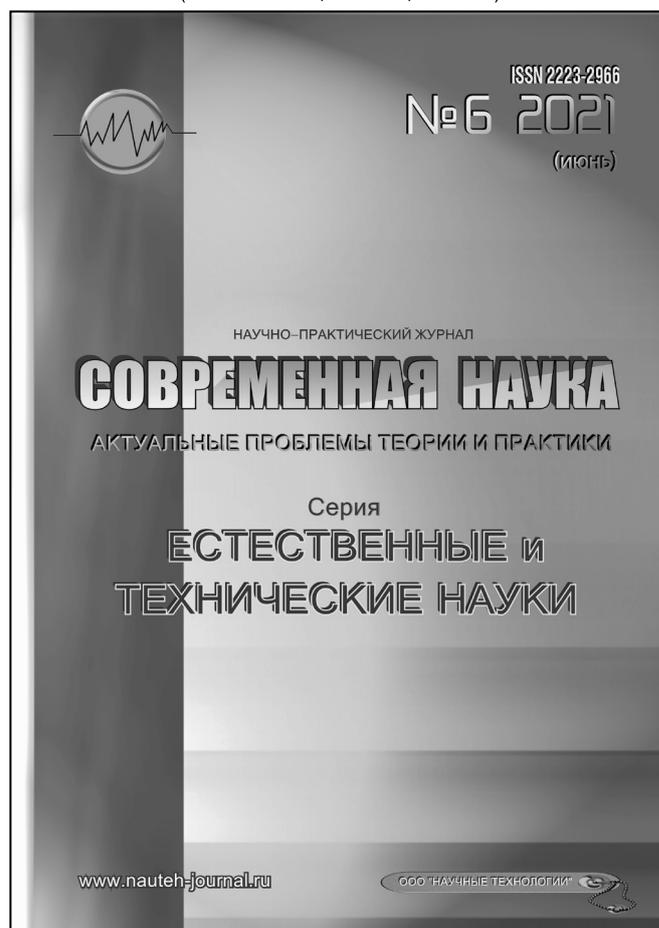
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(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 25.06.2021 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Азовскова О.В., Федосов Е.А., Панкрашов Э.В., Густоварова Т.А. — Изучение процессов формирования нормальной микрофлоры кишечника новорожденных детей в период их внутриутробного развития
Azovskova O., Fedosov E., Pankrashov E., Gustovarova T. — Study of the processes of formation of the normal intestinal microflora of newborns during their intrauterine development. 7

Брюханов И.И. — Разработка имитационной модели динамики кедровых древостоев Восточного Саяна
Briy Khanov I. — Development of a simulation model of the dynamics of cedar stands in the Eastern Sayan 11

Гольдерова А.С., Шадрина С.С., Николаева И.Э., Егорова М.Н., Евсеева Ю.Р., Троев И.П., Егоров А.Н. — Пролиферативная активность дермальных фибробластов в зависимости от концентрации углеродных точек
Golderova A., Shadrina S., Nikolaeva I., Egorova M., Evseeva Yu., Troev I., Egorov A. — Proliferative activity of dermal fibroblasts depending on the concentration of carbon dots. 18

Левицкий С.Н., Сумарокова А.В., Курочкина Е.Л., Бебякова Н.А. — Анализ этнических особенностей полиморфизма Lys198Asn гена эндотелина –1
Levitsky S., Sumarokova A., Kurochkina E., Bebyakova N. — Analysis of ethnic features of polymorphism lys198asn endothelin –1 gene 26

Минаева А.Н., Ломакин А.А., Васильев Д.А., Шестаков А.Г. — Основные биологические свойства бактерий вида *Aeromonas veronii*
Minaeva A., Lomakin A., Vasiliev D., Shestacov A. — The main biological properties of bacteria of the species *Aeromonas veronii* 31

Осинкина Т.В. — Исследование основного пигментного состава растений видов чертополоха колючего (*Carduus nutans*) и бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) в разные периоды вегетации
Osinkina T. — Study of the main pigmental composition of plants of the species of *Carduus nutans* and *Cirsium vulgare* in different vegetation periods 36

Сафарова Айтен Ханлар кызы, Ганбаров Худаверди Ганбар оглы — Характеристика частично очищенной внеклеточной кислой протеазы гриба *aspergillus flavus bdu-44*
Safarova Ayten Khanlar, Ganbarov Khudaverdi Ganbar — Characteristics of a partially purified acid protease of the *aspergillus flavus bdu-44* 41

Теучеж А.А. — Агрохимические свойства черноземов Кубани
Teuchezh A. — Agrochemical properties of Kuban chernozem 47

Хайсанова В.С., Васильев Д.А., Межиева З.Х., Шморгун Б.И. — Изучение биологических свойств бактерий вида *P. Multocida*
Khaysanova V., Vasiliev D., Mezhieva Z., Schmorgun B. — Study of biological properties of *P. multocida* bacteria 50

Информатика, вычислительная техника и управление

Андрюхин А.Г., Грачев Н.Н., Львов Н.С. — Пакет прикладных программ для обеспечения множественного доступа к веб-узлам в локальной сети
Andryukhin A., Grachev N., Lvov N. — The application package for providing multiple access to web sites on a local network 55

Валитова Ю.О., Горлушкина Н.Н., Кобец Е.А., Пономарев Д.Д. — Формирование технических и форматных требований к разработке образовательного видеоконтента для онлайн-курса <i>Valitova Yu., Gorlushkina N., Kobets E., Ponomarev D.</i> — Forming of technical and format requirements for the development of educational video content for an online course64	Канищев И.С. — Оценка точности работы ансамблевых алгоритмов для кредитного скоринга <i>Kanishchev I.</i> — Assessment of the accuracy of the ensemble algorithms for credit scoring102
Гагарина Л.Г., Янакова Е.С., Воронова Н.М., Доронина А.А., Фомин Р.А., Черкасов Д.Е., Чухляев Д.А. — Разработка картографической части для модулей автоматического и пошагового проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия <i>Gagarina L., Yanakova E., Voronova N., Doronina A., Fomin R., Cherkasov D., Chukhlyaev D.</i> — Development of a cartographic part for modules for automatic and step-by-step design of adaptive landscape farming systems71	Козак Е. — Программная инженерия (software engineering) – основные тренды развития в условиях глобальной цифровизации <i>Cozac Eu.</i> — Software engineering – the main development trends in the context of global digitalization109
Гофман М.В. — Разработка модели многоканальной аудиостегосистемы на основе маркирования цифровых аудиосигналов <i>Gofman M.</i> — Development of a model of a multi-channel audio stegosystem based on digital audio watermarking78	Лапин А.А. — Практический опыт внедрения культуры и инструментов DevOps в проект на платформе Pega в крупной организации <i>Lapin A.</i> — Practical experience of implementing DevOps culture and tools on a project using the Pega platform in a large organization113
Гумаров А.Р. — Формирование ортогонального кодово-частотно модулированного сигнала в пакете Matlab Simulink <i>Gumarov A.</i> — Comparison of the process of forming orthogonal code-frequency modulation and angular modulation in the Matlab Simulink84	Сагалаев Ю.Р., Ромашкова О.Н. — Анализ гиперконвергентной вычислительной инфраструктуры для хранения и обработки данных высоконагруженных информационных систем <i>Sagalaev Yu., Romashkova O.</i> — Analysis of hyperconverged computing infrastructure for data storage and processing of high-load information systems118
Епишин К.О. — Исследование и разработка способов универсального контроля цепочки поставок микроэлектроники <i>Epishin K.</i> — Research and development methods for universal control of the microelectronics supply chain92	Садыкбеков Ашраф Джамиль оглы, Ромашкова О.Н. — Модуль поддержки электронного обучения информатике в общеобразовательной организации <i>Sadykhbekov Ashraf D. o., Romashkova O.</i> — Module for supporting e-learning in computer science in a general education organization125
Захаров Я.В., Федин Ф.О., Ромашкова О.Н. — Разработка требований к автоматизированной системе оценивания результатов инновационной деятельности образовательной организации <i>Zakharov Ya., Fedin F., Romashkova O.</i> — Development of educational organization's innovative activity results assessment requirements to the automated system96	Таран В.В., Гиляревский Р.С. — Цифровая библиотека чтения и записи аудиоданных libsndfile: техническая структура, возможности использования и перспективы развития <i>Taran V., Gilyarevski R.</i> — Digital library for reading and writing libsndfile audio data: engineering structure, applications and future evolution131
	Федорова Н.Ю. — Иерархическая модель работ по контролю надежности изделий сложной технической аппаратуры на стадии разработки <i>Fedorova N.</i> — A model of the work breakdown structure about monitoring the design reliability for technical equipment156

Клиническая медицина

- Аксёнов Д.И., Майборода Ю.Н., Брагин Е.А., Аксёнов И.Н.** — Повышение функциональной и эстетической эффективности конструирования зубных рядов при прогеническом соотношении фронтальных сегментов беззубых челюстей на основе принципов математического моделирования
Aksyonov D., Mayboroda Yu., Bragin Ev., Aksenov I. — Increasing the functional and aesthetic efficiency of the design of the dentition with a progenic ratio of the frontal segments of the edentulous jaws based on the principles of mathematical modeling 160
- Аллахвердян А.С., Анипченко А.Н., Анипченко Н.Н.** — Видеоэндоскопические операции при запущенных формах ахалазии кардии
Allakhverdyan A., Anipchenko A., Anipchenko N. — Video endoscopic surgery for advanced forms of cardia achalasia 166.
- Венгржиновская О.И., Бондаренко И.З.** — Влияние микроРНК на адипогенез при сахарном диабете 2 типа
Vengrzhinovskaya O., Bondarenko I. — Influence of microRNA on adipogenesis in type 2 diabetes mellitus171
- Вишнева Е.М., Егорова Е.А., Вишнева К.А.** — Течение COVID-19-пневмонии на фоне легочной артериальной гипертензии. разбор клинического случая
Vishneva E.M., Yegorova E.A., Vishneva K.A. — The course of COVID-19-pneumonia on the background of pulmonary arterial hypertension. analysis of a clinical case175
- Гуревич Ю.Ю., Языкова Е.А.** — Анализ выполнения бюгельного протезирования у пациентов с дефектами зубного ряда
Gurevich Yu., Yazyikova E. — Analysis of the introduction of clasp prosthetics in patients with dentition defects181
- Гуреева Л.В., Чистякова О.М., Радионов А.А.** — Предикторы исхода беременности при преждевременных родах
Gureeva L., Chistyakova O., Radionov A. — Predictors of pregnancy outcome in preterm labor187
- Джибилов А.Ю., Хамгокова И.У., Хашкулова З.М.** — Стратификационная зависимость данных по заболеваниям связанным с covid-19 и группами риска с инсультом
Dzhibilov A., Khamgokova I.U., Khashkulova Z. — Stratification and dependence of data on diseases associated with covid-19 and risk groups with stroke... 191
- Жулев Е.Н., Голдобина П.В., Николаева Е.Ю.** — Особенности роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе
Zhulev E., Goldobina P., Nikolaeva E. — Features of the growth of the facial skeleton in orthognathic bite196
- Захарова А.С.** — Распространенность гериатрических синдромов у лиц 65 лет и старше с артериальной гипертензией на уровне первичного звена здравоохранения
Zakharova A. — Prevalence of geriatric syndromes among people aged 65 years and older with hypertension at primary health care level204
- Захарьян Е.А., Касаева Г.Р.** — Современные тенденции в использовании ботулотоксина в клинической практике
Zakharyan E., Kasaeva G. — Current trends in the use of botulinum toxin in clinical practice.208
- Зубрицкий В.Ф., Оганесян А.А., Петраш Д.А., Тишков Д.С.** — Некоторые аспекты острой дыхательной недостаточности и аррозивных кровотечений у пациентов с тяжелыми гнойно-септическими заболеваниями челюстно-лицевой области
Zubritsky V., Oganesyanyan A., Petrash D., Tischkov D. — Some aspects of acute respiratory failure and arrosive bleeding in patients with severe purulent-septic diseases of the maxillofacial region .. 215
- Максимова Н.В.** — Сравнительный анализ эффективности купирования раннего болевого синдрома после хирургических вмешательств на нижней челюсти у пациентов старших возрастных групп
Maksimova N. — Comparative analysis of the effectiveness of relief of early pain syndrome after surgical interventions on the lower jaw in patients of older age groups219

<i>Рожнов С.В., Первова О.В.</i> — Тактика лечения гигантских грыж передней брюшной стенки <i>Rozhnov S., Pervova O.</i> — Tactics of giant hernias of the anterior abdominal wall treatment	223
<i>Руденко С.В., Погодина Т.Г., Суслов А.Г., Занозин А.В.</i> — Современные представления о нехимических зависимостях: классификация, патогенез, пути коррекции (обзор) <i>Rudenko S., Pogodina T., Suslov A., Zanozin A.</i> — Modern concepts of nonchemical dependences: classification, pathogenesis, ways of correction (overview)	228
<i>Салпагарова Ф.Х-М.</i> — Актуальные аспекты несостоятельности мышц тазового дна у женщин <i>Salpagarova F.</i> — Actual aspects of failure pelvic floor muscles in women	235
<i>Устюжина А.С., Пахомов С.П., Алтухова О.Б.</i> — Влияние пролапса тазовых органов на качество жизни женщин <i>Ustyuzhina A., Pakhomov S., Altukhova O.B.</i> — Influence of pelvic organ prolapse on the quality of life of women	238
<i>Шахул Хамид Абдул Баситх, Макинян Л.Г., Айрапетов Г.А., Ауде Ф.С., Шиндиев К.А., Абу Заалан Вессам</i> — Оценка реконструкции переднего отдела стопы у пациентов с ревматоидным артритом <i>Abdul Basith Shahul Hameed, Makinyan L., Airapetov G., Aude F., Shindiev K., Abo Zaalan Wessam</i> — Assessment of anterior foot reconstruction in patients with rheumatoid arthritis.	241
<i>Яцков И.А., Узбекова Л.Д., Лебедева А.М.</i> — Актуальность имплант-ассоциированной лимфомы <i>Yatskov I., Uzbekova L., Lebedeva A.</i> — Relevance of implant-associated lymphoma	245
Информация	
Наши авторы. Our Authors	248
Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале	252

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ В ПЕРИОД ИХ ВНУТРИУТРОБНОГО РАЗВИТИЯ

STUDY OF THE PROCESSES OF FORMATION OF THE NORMAL INTESTINAL MICROFLORA OF NEWBORNS DURING THEIR INTRAUTERINE DEVELOPMENT

**O. Azovskova
E. Fedosov
E. Pankrashov
T. Gustovarova**

Summary. The article presents data on the results of studying the features of the formation of normal microflora during the intrauterine development of the fetus. In children of "zero" age, born in time by caesarean section, representatives of obligate microflora — bifidumbacteria, lactobacilli, E. coli, E. faecalis—were found in the contents of the intestine. The obtained data suggest that the microflora, as a kind of "multicellular organ", is laid down and develops in parallel with the development of the macroorganism as a whole, thereby forming the corresponding "organ" in the biotopes. Further research is needed to study the processes of normal microflora formation, including the issues of biofilm ontogenesis, as well as the factors that influence its formation and the influence of developing microflora on the development of the fetus as a whole.

Keywords: obligate normal microflora, microbiota, microbiome, intrauterine bacterial translocation.

Азовскова Ольга Васильевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»
oazovskova@gmail.com

Федосов Евгений Алексеевич

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

Панкрашов Эдгар Вадимович

Аспирант, врач акушер-гинеколог, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»

Ed.pankrashov@gmail.com

Густоварова Татьяна Алексеевна

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

Аннотация. В статье приводятся данные о результатах изучения особенностей формирования нормальной микрофлоры в период внутриутробного развития плода. У детей «нулевого» возраста, родившихся в срок методом кесарева сечения в содержимом кишечника, были обнаружены представители облигатной микрофлоры — бифидумбактерии, лактобактерии, E. coli, E. faecalis. Полученные данные позволяют предполагать, что микрофлора, как своего рода «многоклеточный орган», закладывается и развивается параллельно с развитием макроорганизма в целом, формируя тем самым в биотопах соответствующий «орган». Необходимы дальнейшие исследования по изучению процессов формирования нормальной микрофлоры, включая вопросы онтогенеза биопленки, а также факторов, влияющих на ее формирование и влияние развивающейся микрофлоры на развитие плода в целом.

Ключевые слова: облигатная нормальная микрофлора, microbiota, микробиом, внутриутробная бактериальная транслокация.

Интерес к проблеме формирования нормальной микрофлоры организма человека остается приоритетным в различных областях биологии и медицины в целом. До недавнего времени считалось, что формирование микробиоценоза начинается в момент рождения и обусловлено видовым составом микрофлоры родовых путей матери. Однако с конца 80-х годов прошлого века в зарубежной литературе стали появляться работы, демонстрирующие контакт микрофлоры матери с плодом in utero. Открытие отечественными учеными феномена «бактериальной трансло-

кации» еще в большей степени подвергло сомнению убеждение о стерильности желудочно-кишечного тракта плода. В работе И.А. Бочкова была установлена идентичность кишечных штаммов новорожденного и материнской микрофлоры. Эти факты свидетельствуют в пользу того, что внутриутробно развивающийся плод не является стерильным, а получает от матери какое-то количество индигенных микроорганизмов [4]. Возвращаясь к проблеме формирования микрофлоры организма человека и учитывая вышесказанное, было бы некорректным рассматривать этот вопрос

лишь в постнатальном периоде развития новорожденного. Результаты молекулярно-генетических исследований свидетельствуют о том, что процесс формирования кишечной микробиоты начинается внутриутробно и ребенок получает микрофлору матери в течение всей беременности, родов и грудного вскармливания. [11,12, 16].

На сегодняшний день термины «нормальная микрофлора» ассоциированы с понятиями «микробиоценоз», «микробиота» и даже появилось такое понятие как «микробиом». Представление о микробиоценозах различных биотопов макроорганизма расширилось, благодаря появлению возможности генотипического подхода к идентификации многочисленного микробного сообщества и ранее неизученных видов бактерий. Появлению метагеномики — науки, изучающей последовательность фрагментов ДНК смешанных микробных популяций как культивируемых, так и некультивируемых микроорганизмов, обязано понятие — «микробиом». Благодаря многим генетическим исследованиям последних лет стало признанным, что многие предполагаемые стерильные органы — нестерильны (например: легкие, плацента) [9,10,15]. В последние годы появилось понятие «фетальный микробиом». И оно вполне оправдано появлением большого количества литературных данных, основанных на генетических исследованиях мекония новорожденных. [15, 16,19,20]. Однако остается неясным, представляет ли эта ДНК жизнеспособные бактерии и как она связана с материнской микробиотой в разных участках тела. Полученные генетические данные о фетальном микробиоме диктуют необходимость проведения культуральных исследований содержимого кишечника, начиная с «нулевого» возраста новорожденного с целью получения информации в виде идентифицированных чистых культур микробов. Изучение данного вопроса поможет расширить понятия о процессе формирования кишечной микробиоты младенца, о факторах, влияющих на этот процесс, поможет оптимизировать подходы к лечению определенных заболеваний, скоординирует работу врачей разных специальностей в области изучения микробиома и его влияния на здоровье человека.

Цель работы

Изучение качественного и количественного состава микрофлоры кишечника новорожденных «нулевого» возраста, родившихся в родильных домах г. Смоленска.

Материалы и методы

Все обследуемые 13 новорожденных детей родились в срок, с помощью кесарева сечения Исследуемый

материал — содержимое кишечника новорожденного забирали в стерильных условиях сразу после изъятия плода из утробы матери, до прикладывания новорожденного к груди.

Исследуемый материал от обследуемых групп погружали в транспортную среду Стюарта с соблюдением правил асептики и доставляли в микробиологическую лабораторию в течении 1 часа после забора.

Микробиологические исследования для выявления, идентификации вида микроорганизма проводили согласно стандартным методикам, принятых и проводимых в условиях лицензированной лаборатории. Исследуемый материал вносили в питательные среды — бифидум среда и сердечно-мозговой бульон в разведении 1:10 и культивировали в условиях СО-2 инкубатора и строгих анаэробных условиях. Через 1, 3, 5, 7 суток производили высев на питательные среды — сердечно-мозговой агар, селективный кровяной агар для кокков, кровяной агар для анаэробов, агар Эндо, лактоагар, энтерококкагар, агар Сабуро. Идентификацию выросшей культуры проводили с использованием масс-спектрометра (MALDI-TOFF).

Результаты исследования

Всего исследовано 13 новорожденных, родившихся в ходе кесарева сечения. В 7 случаях из 13 в содержимом кишечника новорожденного были обнаружены следующие бактерии: штаммы *Bifidumbacterium*: 10^1 (в 3 случаях) и 10^2 — (в 3-х случаях), 10^3 — (в 1 случае). В 4-х случаях бифидумбактерии были представлены двумя видами. У 3-х новорожденных наряду с бифидумбактериями были обнаружены *E. coli* (10^1 , 10^3), штаммы лактобактерий (10^1 , 10^2). В 2 случаях в кишечнике новорожденного были выявлены *L. jensenii* (10^1) и *Cl. Perfringens* (10^1) в монокультуре, при этом такие же виды бактерий были обнаружены в плаценте матерей. У 2-х новорожденных наряду с вышеперечисленными бактериями в содержимом кишечника присутствовали *E. faecalis* (10^3) и *S.epidermidis* (10^2). Стоит отметить, что рост выявленных бактерий был замедленный и был отмечен лишь на вторые (стафилококк, энтерококк, *E. coli*) и на 4 сутки (бифидумбактерии и лактобактерии) культивирования. В случае, когда бифидумбактерии были обнаружены в монокультуре — визуальный рост бактерий в питательной среде появился лишь на 5 сутки. Необходимо обратить внимание на случаи посева исследуемого материала, не давших визуального роста бактерий. При микроскопии мазков, приготовленных из данных питательных сред накопления, были обнаружены необычные морфотипы культур, что заставляет предположить наличие субклеточных организаций.

Обсуждение

Введение термина «микробиом», обозначающего весь генетический материал содержащийся, например, в микробиоте кишечника человека, послужило основанием рассматривать совокупность всех микроорганизмов в качестве «надорганизма». Вопрос симбиотического взаимодействия «надорганизма» и общим функционированием организма остается открытым и на сегодняшний день, а в связи с ускорением результатов исследования в этой области, углубилось и расширилось понимание этого вопроса. Теория «стерильного» эмбриона перестает быть общепризнанной, а внутриутробная микробная «инвазия», по современным данным, выглядит как составляющая часть периодов формирования плода. — в последние годы появились сообщения об обнаружении бактерий в образцах плаценты и оболочек в отсутствие гистологической инфекции [13, 20, 21, 22, 23].

Появление ДНК бактерий в формирующейся плаценте вероятно предсказуемо и целесообразно, хотя бы потому что фетоплацентарная система является соучастником закладки и развития иммунной системы. Многие вопросы внутриутробной колонизации определенными видами бактерий пока еще не выяснены и остаются необъяснимыми. Ответ на вопрос «являются ли жизнеспособными ДНК бактерий, выявленные в ходе геномного исследования?» требует проведения культуральных исследований биологического материала, полученного неинвазивными способами. В нашей работе были получены первые результаты, свидетельствующие о том, что ДНК бактерий, обнаруженные в плаценте и содержимом кишечника

новорожденного, являются жизнеспособными. В первую очередь такими бактериями являются представители видов *Actinobacteria* (роды *Bifidobacterium*), род *Clostridium* (*Cl. Perfringens*), *Firmicutes* (роды *Lactobacillus*), *Proteobacteria* (*E. coli*, *Enterobacter* spp., *E. faecalis*, *S. epidermidis*). Это подтверждают литературные данные по геномным исследованиям [4,12,15].

Однако, по данным зарубежных исследователей ДНК жизнеспособных бактерий были обнаружены только у плодов ранних сроков беременности (до 24 недели беременности), объяснив это тем, что на более поздних этапах беременности созревание иммунной системы противодействует сохранению микроорганизмов в плаценте. В нашем исследовании материал был предоставлен от доношенных детей и в 53% случаев обнаружены жизнеспособные бактерии. Привлекает внимание, что жизнеспособные бактерии имели удлиненные фазы цикла размножения (медленный, скудный рост в питательной среде) — репликативные, но со сниженной активностью. Предположительно, заселение «ранней», «врожденной» микрофлоры с данными свойствами — это необходимость для создания своеобразного «союза» между иммунной системой матери и плода на период его созревания и установления взаимосвязей между формирующимися тканями (в конкретном случае — кишечнике) и микробиотой. Понимание данного вопроса требует дальнейшего изучения проблемы, поскольку многие патологические процессы, развивающиеся в организме, могут быть тесно связаны с формирующейся микробиотой различных биотопов организма (атопические болезни, болезнь Крона, рак).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева И.А., Бомбардинова Е.П., Турти Т.В., и др. Кишечная микробиота у недоношенных детей: современное состояние проблемы (обзор литературы) // Педиатрическая фармакология. — 2015. — Т. 12. — № 3 — С. 296–303.
2. Беляева И.А., Бомбардинова Е.П., Митиш М.Д., Потехина Т.В., Харитоновна Н.А. Онтогенез и дизонтогенез микробиоты кишечника у детей раннего возраста: триггерный механизм нарушений детского здоровья // Вопросы современной педиатрии — 2017 — № 16 — № 1 с. 29–38
3. Бондаренко В.М. Механизмы транслокации бактериальной аутофлоры в развитии эндогенной инфекции // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал) — 2013 — № 3 — с. 1–20
4. Бочков И.А., Юрко Л.П., Юдицкая Н.М. Состояние микрофлоры толстой кишки у детей раннего возраста (по материалам амбулаторных исследований) // Инфекционные болезни. — 2004 — Т. 2 — № 3 — с. 83–85
5. Булатова В.М. Богданов Н.М., Лобанов Е.А. Габруская Т.В. Кишечная микробиота: современные представления // Педиатрия — 2009 — Т. 87 — № 3 — с. 104–109
6. Григорьев П.Я., Коровина В.И., Жуховицкий В.Г. и др. Изменение родового состава кишечной микрофлоры и степени обсемененности кишечника: бактериологическая характеристика, клиническое значение, вопросы терапии // Практикующий врач. 1999–16 — № 3 — с. 14–19.
7. Самсыгина Г.А., Савельева Г.М., Конопляников А.Г. и др. Характеристика иммунного ответа плода в перинатальном периоде жизни в норме и патологии. Матер. Конгресса "Современные технологии в педиатрии и детской хирургии". М., 2002.
8. Мазанкова Л.Н., Рыбальченко О.В., Николаева И.В. Микродисбиоз и эндогенные инфекции: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018:336.
9. Николаева И.В., Царегородцев А.Д., Шайхиева Г.С. Формирование кишечной микробиоты ребенка и факторы, влияющие на этот — процесс. // Российский вестник перинатологии и педиатрии — 2018–63–№ 3 с. 13–18.

10. Николаева И.В., Анохин В.А., Купчихина Л.А. Формирование кишечной микрофлоры у детей, рожденных естественным и оперативным путем. //Казанский медицинский журнал — 2009- Т. 6 — № 90 — с. 852–856.
11. Точилина А.Г., Белова И.В., Соловьева И.В., Жирнов В.А., Иванова Т.П., Мартюхина О.К., Чикина Н.А. Формирование микрофлоры кишечника ребенка в онтогенезе и профилактика развития дисбиозов с помощью авторских пробиотиков группы «Ib-комплекс» // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 5.с.
12. Aagaard K., Ma J., Antony K.M., Ganu R., Petrosino J., Versalovic J. The placenta harbors a unique microbiome. //Sci Transl Med. — 2014-№ 6 — p. 237–65.
13. Bezirtzoglou E., Tsiotsias A., Welling G.W. Microbiota profile in feces of breast- and formula-fed newborns by using fluorescence in situ hybridization (FISH). // Anaerobe. — 2011 — Т. 17 — № 6 — p.478–482.
14. Eckburg P.B., Bik E.M., Bernstein C.N., Purdom E., Dethlefsen L., Sargent M. et al. Diversity of the human intestinal microbial flora. //Science — 2005–308 (5728) — p. 1635–1638.
15. Fujimura K.E., Sitarik A.R., Havstad S., et al. Neonatal gut microbiota associates with childhood multisensitized atopy and T cell differentiation. //Nat Med.— 2016–22 — № 10 — p. 1187–1191.
16. Fortner K.B., Grotegut C.A., Ransom C.E., et al. Bacteria localization and chorion thinning among preterm premature rupture of membranes // Issue PLoS One — 2014 — Volume 9 — № 1 — p.1–10
17. Penders J., Vink C., Driessen C., et al. Quantification of Bifidobacterium spp., Escherichia coli and Clostridium difficile in faecal samples of breast-fed and formula-fed infants by real-time PCR. //FEMS Microbiol Lett. — 2005 — № 243(1) p.141–147.
18. Noelle Younge, Jessica R. McCann, Julie Ballard, Catherine Plunkett, Suhail Akhtar, Félix Araújo-Pérez, Amy Murtha, Debra Brandon, and Patrick C. Seed Fetal exposure to the maternal microbiota in humans and mice // JCI Insight. — 2019–4 — № 19 — p.
19. Gensollen T., Iyer S.S., Kasper D.L., Blumberg R.S. How colonization by microbiota in early life shapes the immune system. //Science.— 2016–352 — (6285) — p.539–544.
20. Martín V., et al. Sharing of bacterial strains between breast milk and infant feces. //J. Hum Lact.— 2012 — V 28 — № 1 -. p36–44
21. Munyaka P.M., Khafipour E., Ghia J. External Influence of Early Childhood Establishment of Gut Microbiota and Subsequent Health Implications. Front Pediatr — 2014 — № 2 — p.109–117.
22. Qin J., Li R., Raes J., Arumugam M., Burgdorf K.S., Manichanh C. et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. MetaHIT Consortium. Nature 2010–464 — (7285) — p. 59–65.
23. Stout M.J., Conlon B., Landeau M., et al. Identification of intracellular bacteria in the basal plate of the human placenta in term and preterm gestations. Am J Obstet Gynecol. 2013–208(3):221–227.
24. Cleofina B. Bosco*, Eugenia G. Díaz Placentophagy: a controversial trend //International Journal of Research in Medical Sciences — 2018 — V 6 — № 6 — p.1841–1846
25. Anna Kornete, Natalija Vedmedovska, Solvita Blazuka Correlation between placental pathology and neonatal morbidity: a case-control study // International Journal Of Reproduction, Contraception, Obstetrics And Gynecology — 2017 — V 6 — № 7 — p. 599–605

© Азовскова Ольга Васильевна (oazovskova@gmail.com), Федосов Евгений Алексеевич (fedosoffevgenij@yandex.ru),
 Панкрашов Эдгар Вадимович (Ed.pankrashov@gmail.com), Густоварова Татьяна Алексеевна (tanya.prof@yandex.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ КЕДРОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ВОСТОЧНОГО САЯНА

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF THE DYNAMICS OF CEDAR STANDS IN THE EASTERN SAYAN

I. Briykhonov

Summary. The article presents the dynamics of cedar stands of the Eastern Sayan. A simulation model is proposed that describes the process of growth in trunk diameter, taking into account the habitat conditions, the distance to neighbors and their mutual sizes. The model was verified based on the field data of the sample areas of cedar stands. Various scenarios of selective logging are modeled. The developed model allows us to describe the dynamics of cedar stands and reasonably suggest the optimal types, volumes of logging and their frequency, taking into account the specific characteristics of stands and habitat conditions.

Keywords: simulation model, cedar stands, Eastern Sayan.

Брюханов Игорь Иванович

*Аспирант, Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН
igor_i_b@mail.ru*

Аннотация. В статье представлена динамика древостоев кедра Восточного Саяна. Предложена имитационная модель, описывающая процесс роста в зависимости от диаметра ствола с учетом условий обитания, удаленности от соседей и их взаимных размеров. Верификация модели проведена на натуральных данных пробных площадей кедровых древостоев. Были смоделированы различные сценарии выборочного забора. Разработанная модель позволяет описать динамику кедровых древостоев и обоснованно предложить оптимальные виды, объемы убоя и их периодичность с учетом специфики древостоев и условий обитания.

Ключевые слова: имитационная модель, кедровые древостои, Восточный Саян.

Одной из мер, обеспечивающих значительное удовлетворение потребностей лесного хозяйства в кедровой древесине, обеспечение лесовосстановления без естественных изменений видов и сохранение различных полезных функций лесов, являются модели динамики популяций. Они наиболее соответствуют природе кедровых лесов разных возрастов, и их результаты зависят от правильной и грамотной реализации [1].

Они работают только при наличии хорошо подготовленных рабочих, опытного труда, когда заготовка осуществляется хозяйственными средствами в лесном хозяйстве.

Естественное возобновление лесов — это динамичный процесс, и его успех зависит от типа леса, структуры насаждения и биологических особенностей древесных пород.

Этот процесс, особенно при предшествующем использовании отрастания, значительно сокращает время произрастания лесов, объем работ и средств по сравнению с тем, и именно насаждения с самыми высокими наследственными свойствами, которые формируются в процессе регенерации сил природы, имеют особенно важное значение для роста леса. в ле-

соустройстве в бореальных условиях, где происходит разграничение лесной территории на зимнюю и летнюю зоны рубок. Причем структура и интенсивность восстановления различны даже для одной породы, на убое, под навесом или под навесом.

Появление подростка под пологом леса, его выживание, рост и способность формировать новое поколение во многом определяются формирующей ролью материнского лесного древостоя и именно его полнотой, составом, возрастом, что, в свою очередь, влияет на развитие и силу загробной жизни, эти другие факторы тесно связаны не только друг с другом, но и с почвами, климатом, влияющими на внешний вид леса.

По мнению многих исследователей, основными особенностями кедра сибирского, обеспечивающими его сосуществование и даже доминирующее положение в древостоях, являются следующие.

1. активная жизнедеятельность сибирского кедра, превосходящая жизнедеятельность других видов деревьев. Чем реже изменение поколений, тем стабильнее положение вида в фитоценозе;
2. широкая экологическая распространенность сибирского кедра с учетом почвенно-климатических и гидрологических условий;

3. возрастная существенная пластичность сибирского кедра по отношению к важнейшим факторам окружающей среды, что выражается в том, что в первые годы жизни подросток способен переносить достаточно сильное затенение. С возрастом сосна сибирского кедра становится более светолюбивой;
4. способность кедрового подростка в первые годы жизни переносить недостаток света не является наследственным свойством. Это подтверждается массовыми наблюдениями за выращиванием посадочного материала в питомниках, где он успешно растет с первых дней жизни при ярком солнечном свете [6].

Кроме того, сибирская кедровая сосна может появиться под пологом не только из древостоев материнских деревьев.

Так, в сосняках подлеска кедровых древостоев она хорошо растет и развивается как на Урале, так и на западно-Сибирских равнинах, в восточносибирских сосняках и в низинных сосняках Саянских гор, до 1000 шт/га.

Под сенью средних и низких насаждений в Саянском районе находится до 1000 шт/га образцов кедра сибирского в возрасте от 3 до 80 лет. Кедровые деревья высотой до 12 м растут в верхнем пологом соснового леса.

По мнению Р.С. Хамитовой, С.А. Корчаговой, Д.М. Адая, восстановление кедровой древесины под пологом сосновых и березовых лесов является типичным явлением восточных саянских лесов [5].

Кедр сибирский подростковая сосна растет под пологом осинового и березового насаждений. Березовые и осиново-березовые леса, образовавшиеся в результате изменений, рассматриваются некоторыми кедровыми исследованиями как потенциальные кедровые насаждения при наличии достоверного количества кедров под их пологом.

Древесина кедра Восточного Саяна, отнесенная к рубкам, характеризовалась высокими показателями запаса древесины (в среднем около 400 м³/га), полнотой 1,1, средним III классом бонитировки продуктивности, наличием сухостоя 9,8–13,5%. В первом ярусе преобладали ель (200–220 лет) и пихта (160–180 лет).

Второй ярус представлен пихтой (90–110 лет) с участием ели (120–140 лет). В подростковом возрасте пихта в количестве 3–4 тыс. шт. / га с небольшой долей ели и уникальными экземплярами кедра. Естественное восстановление до рубок на участках было представлено пихтой (80%), елью (20%) и кедром.

Подросток относительно равномерно распределен по площади леса, частота встречаемости составляет 87%. Всходы и самосев приурочены к старому валежнику, что определяет неравномерность их распределения по площади. Средние и крупные подростки (20–40 лет) составляют около 2000 шт/га [3].

Подлесок представлен спиреями среднего размера, малиной, волчьей, дикой розой и красной смолой. Средняя высота-100–250 см, близость-0,2–0,3. Размещение древостоя на площади Восточного Саяна, оно явно ограничено окнами в сени деревьев и микро-впадинами.

Живой растительный покров представлен 50 видами, наиболее распространенными из которых являются:

- ◆ осока (осока macrourea);
- ◆ вейник (*Calamagrostis arundi — nacea*);
- ◆ агрил ясеня (*Aconitum North*);
- ◆ луговой хвощ (*Equisetum pratense*);
- ◆ лесной хвощ (*Equisetum sylvaticum*);
- ◆ кислое яблоко (*Oxalis acetosella*);
- ◆ мителла (*Mitella nuda*);
- ◆ майберри (*Maianthemum bifolium*);
- ◆ *stellaria bungeana*.

Средняя высота преобладающего уровня около 40 см, общий проективный охват-70–80%. Есть зеленые мхи в курганах молодого роста пихты и подлеска, а также на мертвой древесине. Почвы-серые глееватые леса со вторым горизонтом многолетней вечной мерзлоты, влажные, плохо дренированные.

Для изучения динамики восстановления, после выборочной эксплуатации в 2005, 2010, 2015 и 2020 годах, были проведены повторные записи.

Основная проблема, с которой сталкивается исследователь при изучении этих процессов, связана с их длительностью во времени. Один из способов его решения-использовать методы математического моделирования. Сложность процессов роста, конкуренции и упадка привела к появлению многих подходов к их описанию.

Первая включает в себя регрессионные уравнения для соотношения различных характеристик кедров и стоянок деревьев. Как правило, эти связи формальны и не учитывают механизмы рассматриваемого процесса. С другой стороны, ведется работа по выявлению этих механизмов [4].

Эффективным инструментом может быть моделирование роста деревьев в древесине с учетом осо-

бенностей отдельных особей, их пространственного расположения и конкурентных отношений. С экологической точки зрения более интересны модели, связанные с конкуренцией за определенные ресурсы. В этих работах в той или иной форме используется уравнение:

$$dx/dt = kx(\lambda - x) + dx \quad (1)$$

где X — ресурс;
 λ — смертность.

Дебков Н.М., Покляцкий Д.А. и Паршина В.В.Г., моделируя динамику биомассы, описывает конкурентные отношения через ресурс. С этой целью он определяет соседей и делит ресурс между ними, вычисляя для каждого дерева площадь роста.

Уравнение (1) в этом случае модифицируется к виду:

$$dx/dt = k(t)dx/dt(ax^a + x/x_j)^r - ax^k \quad (2)$$

где x — биомасса;

$x_f(t)$ — динамика биомассы свободно растущего дерева. Аналогичное уравнение использовалось для описания роста отдельных особей в ценозе [2].

В предлагаемой модели описывается динамика прироста по диаметру ствола в зависимости от взаимных размеров взаимодействующих особей и расстояний между ними.

Уравнение роста i -го дерева записывается как:

$$dx_i / dt = v^*x_i / x (R_i - x_i / x_m) \quad (3)$$

где x_i — диаметр ствола i -го дерева;

x — средний диаметр стволов;

v — масштабный коэффициент;

x_m — максимальный диаметр дерева, зависящий от породы, условий местообитания и т.д.;

R_i — описывает конкурентное воздействие на i -е дерево со стороны соседей.

Предполагается, что:

- ♦ значение безразмерное и для свободно растущего дерева, не испытывающего конкурентного влияния, равно;
- ♦ влияние одного дерева на другое зависит от их размера и расстояния между ними;
- ♦ любое взаимодействие с соседними деревьями уменьшает R , а комбинированное влияние нескольких соседей на данное дерево учитывается в мультипликативной форме.

$$x = x_j / x_i (1/r_{ij} - 1/r_{im}); r_{ij} < r_{im}; 0 r_{ij} >= r_{im} \quad (4)$$

где Π — произведение по всем соседям i -го дерева;
 R_{ij} — величина, определяющая конкурентное воздействие j -го дерева на i ;

x_i, x_j — диаметры стволов i -го и j -го деревьев соответственно;

r_{ij} — расстояние между i -м и j -м деревом;

r_{im} — максимальное расстояние конкурентного взаимодействия;

A — параметр.

Количество деревьев определяется интенсивностью конкурентных отношений, что приводит к падению особей. Для определения критерия потери используются различные подходы. В этой модели предполагается, что происходит падение при $dx/dt < 0$. При выполнении этого условия дерево исключается из исследования.

Модель была протестирована на основе данных из контрольной области образца. С этой целью мы разработали программу для генерации деревьев, расчета роста с конкуренцией по уравнениям (3) и (4) и падения.

Реализации пространственного размещения особей создавались таким образом, чтобы размещение, плотность и распределение стволов по толщине ступеней соответствовали характеристикам пробной площади. Чтобы избежать влияния граничных эффектов, топология была использована для закрытия границ графа.

Следующим шагом был выбор параметров модели таким образом, чтобы рост и падение особей происходили так же, как и на контрольной пробной площади.

Параметры уравнений определялись с использованием таблиц темпов роста, результатов исследований на кедровых насаждениях и метода имитационного моделирования.

Константа x_m в уравнении (3) определяет максимальный диаметр дерева в зависимости от вида и условий обитания. Величина x_m оценивалась на основе таблиц темпов роста кедрового стелла для исследуемой территории, на которой были заложены пробные площади

Параметр a уравнения (4) влияет на величину роста и падения деревьев.

Используя метод моделирования, значение a выбиралось путем варьирования подъема и падения модели на основе данных полевых исследований пробных площадей.

Величина r_{int} в уравнении (4) определяет максимальное расстояние, на котором индивиды ощущают конкурентное влияние со стороны соседей. Для кедровой древесины в исследуемом районе основной конкурентной является влага и минеральные вещества.

Поэтому r_{int} определяется развитием и взаимодействием корневой системы особей.

Предполагая, что расстояние, на которое распространяется корневая система особи, прямо пропорционально диаметру ствола, можно записать:

$$r_{int} = kd_j \quad (5)$$

где d_j — диаметр дерева, по которому оценивается конкурентное воздействие.

Исходя из изучения развития корневой системы, известно, что величина K находится в пределах 10–30. Более точный выбор был сделан путем моделирования путем модификации k таким образом, чтобы динамика роста и увядания деревьев была как можно более согласованной в реальной модели данных.

Поскольку конкурентное взаимодействие особей определяется не только расстоянием между ними, но и их размерами, изменение динамики роста и падения контролировалось дифференцированным образом в зависимости от стадий толщины.

Значение масштабного коэффициента v было взято для учета среднегодового прироста деревьев в модели и на тестовом участке Восточный Саян.

Моделирование динамики древостоев кедра Восточного Саяна включало в себя генерацию размещения особей на участке размером 50х50 метров с характеристиками, соответствующими испытательным площадкам. Параметры уравнений (3) и (4) были определены, как описано выше, и имеют следующие значения:

$$\begin{aligned} a &= 7,8; \\ t &= 80 \text{ см}; \\ k &= 20; \\ v &= 0,002. \end{aligned}$$

С шагом в 1 год был рассчитан рост и идентифицированы поваленные деревья. Моделирование показало, что с течением времени накопилось систематическое завышение количества деревьев большой толщины (более 16 см в диаметре).

Это завышение связано с наличием ветра, который не был учтен в модели. Оценки ветра на испытательных

площадях показали, что ежегодное падение деревьев составляло около 2% запаса.

В связи с этим в модель был введен блок, отвечающий за ветер. В этом блоке для всех деревьев с диаметром ствола более 16 см устанавливается вероятность падения, которая идет от 0 для $113 = 16$ см до максимального значения для $113 = T$.

Максимальная вероятность падения была такова, что ежегодное падение деревьев не превышало 2%.

После того, как в модель был введен ответственный за ветер блок, ступенчатое распределение толщины в модели стало соответствовать данным полевых измерений.

Процессы обновления играют важную роль в динамике древостоя и должны учитываться при изучении популяций на больших временных интервалах.

Эти процессы были отражены в программе моделирования и поручены соответствующему подразделению, обеспечивающему генерацию деревьев 1-й ступени толщины (4 см) в количестве, соответствующем поколению подростков на испытательных площадках.

Моделирование учитывало тот факт, что новые особи в основном заселяют дупла, образовавшиеся в результате падения и деревьев.

Эта модель была использована для изучения процесса регенерации древостоя после выборочных рубок. На одном из участков была проведена выборочная пилотировка с удалением деревьев, составляющих до 30% от общего запаса.

Как отмечалось выше, при таких рубках участок остается постоянно покрытым лесом, а расчетный период восстановления для насаждений III класса бонитировки составляет 30–50 лет.

Повторные исследования на этом полигоне проводились периодически в течение 20 лет. Этот метод убоя был реализован в рамках данной модели.

Преимущество моделирования заключается в том, что этот метод позволяет выполнять различные сценарии и строить их динамику на больших временных интервалах.

Образцы, составляющие 30% от общего запаса, моделировались с интервалом в 80 и 40 лет. Период моделирования от 0 до 100 лет соответствует стационарному состоянию дерева.

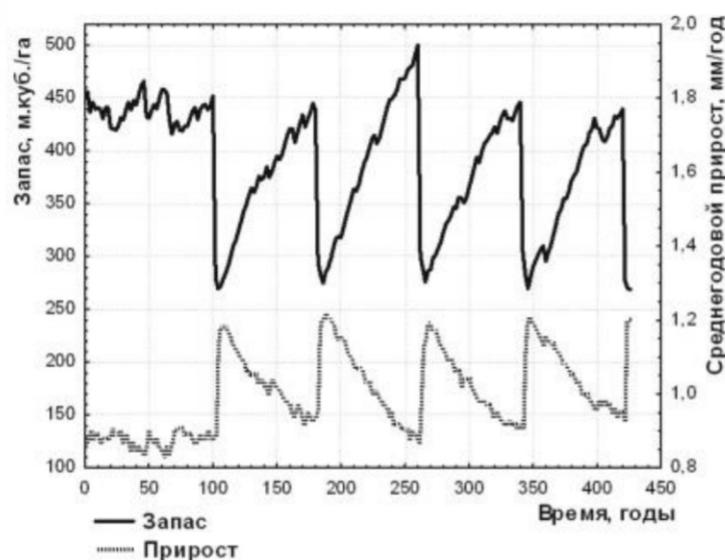


Рис. 1. Динамика запаса и прироста для рубок с периодом 80 лет

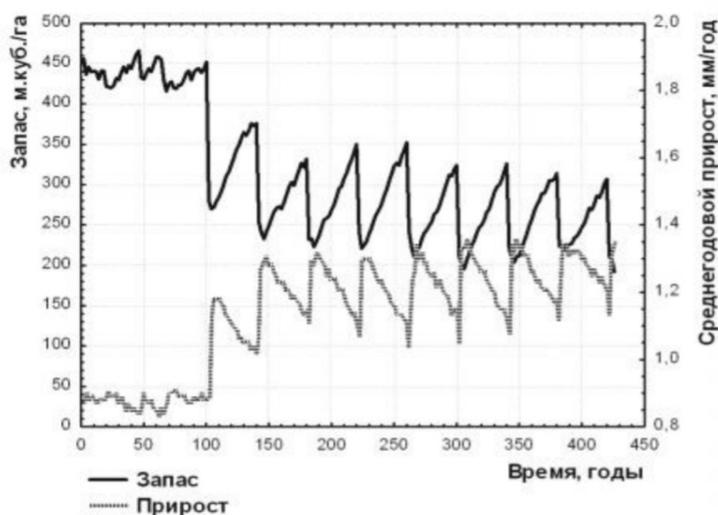


Рис. 2. Динамика запаса и прироста для рубок с периодом 40 лет

За 100 лет были изъяты деревья, начиная от максимального диаметра и до размера, который обеспечивал 30% запаса. Старая стоимость древесного запаса достигается через 80 лет (рис. 1).

Среднегодовые темпы роста после посева увеличиваются за счет перераспределения ресурсов между особями и ослабления конкуренции со стороны влияния более крупных особей.

Прежние значения среднегодового прироста также достигаются после 80 лет. Анализ данных пострегистрационного среднегодового радиального прироста пока-

зал хорошее совпадение результатов моделирования с измерениями эталонной выборки и подтверждает вышеизложенное.

Если срок годности сокращается до 40 лет (Рис. 2), с постоянным процентом усадки древесины при каждой срезке, то в течение 40 лет не происходит восстановления запаса на том же уровне, а его стоимость перед срезкой становится все меньше и меньше.

Динамика среднегодового прироста также свидетельствует о том, что на протяжении более 40 лет периодичность рубок кедрового древостоя не восстанавли-

Таблица 1. Характеристика рубок с периодом 80 лет

Период, годы	Запас перед рубкой, куб. с/га	Изъято, куб. м/га	Минимальный диаметр изъятых деревьев, см
0	451	133	51
80	439	129	47
160	500	190	45
240	446	128	42

Таблица 2. Характеристика рубок с периодом 40 лет

Период, годы	Запас перед рубкой, куб. с/га	Изъято, куб. м/га	Минимальный диаметр изъятых деревьев, см
0	451	133	51
40	376	117	47
80	331	94	38
120	350	109	36
160	351	108	37
200	332	107	36
240	326	103	38

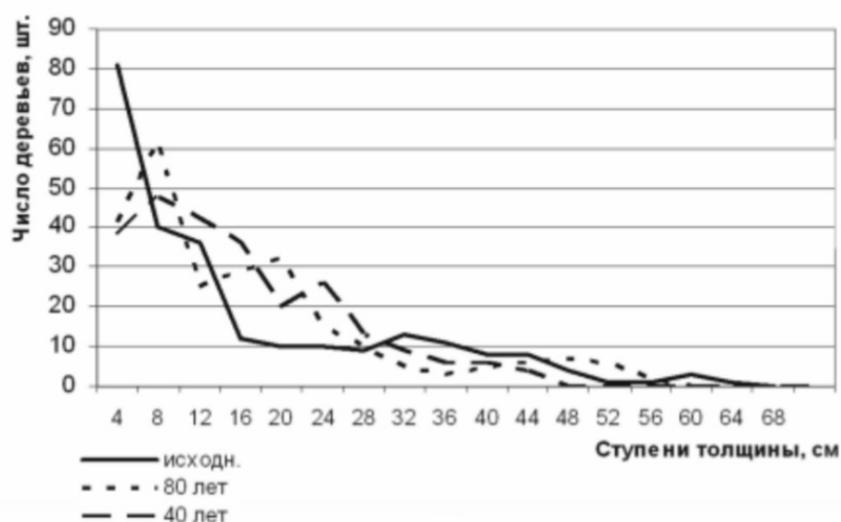


Рис. 3. Распределение по ступеням толщины диаметров ствола перед рубками и через 320 лет при рубках с периодом 80 и 40 лет

ливается в исходное состояние, а выбрасываемый при перераспределении ресурс выражается в тенденции к увеличению среднегодового прироста рубок на рубке.

Важной особенностью строения дерева является ступенчатое распределение толщины по диаметрам стволов на участке. Анализ этого распределения дает важную информацию о динамике регенерации древостоя после рубок.

При выполнении 4 разрезов с периодичностью 80 лет, то есть через 320 лет, (рис. 3) древесина имеет распределение по стадии роста, близкое к таковому до рубки.

В то же время, когда лесозаготовки ведутся с интервалом в 40 лет, по прошествии этого же периода происходят заметные изменения в распределении по стадиям роста: нет деревьев диаметром более 44 см и увеличивается количество деревьев небольших диаметров.

Характеристики черенков, приведенные в таблицах 1 и 2, также указывают на то, что с периодичностью 40 лет посадочная структура не успевает вернуться к прежней форме и убирать 30% запаса, приходится при каждом срезе удалять деревья меньшего диаметра.

Результаты моделирования показывают, что количество древесины, вырубаемой каждые 40 лет, меньше, чем вырубка через 80 лет, но общее количество древесины, заготовленной за 320 лет в первом случае, больше, чем во втором.

Проведенное моделирование показало, что предложенная модель отражает основные характеристики

динамики чернохвостых древостоев. Модель обеспечивает хорошее соответствие таких характеристик, как плотность, запас древесины, ступенчатое распределение толщины и роста, с данными съемок на полигонах Восточного Саяна.

Динамика селективного восстановления после убоя также согласуется с результатами этих периодических обследований. Метод моделирования является альтернативой экспериментам на длинных временных интервалах и позволяет одновременно имитировать разработку стелды с различными сценариями воздействия. Такой подход позволяет нам предлагать оптимальные виды, объемы и частоты с учетом специфики мест обитания и условий их обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выводцев Н.В. Влияние промышленных рубок на продуктивность кедровых древостоев / Н.В. Выводцев, А.И. Заставский // *Философия современного природопользования в бассейне реки Амур*. — 2020. — С. 28–30.
2. Дебков Н.М. Оценка состояния потенциальных кедровников средней тайги Западной Сибири / Н.М. Дебков, Д.А. Покляцкий, В.В.Г. Паршина // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. — 2017. — № 221. — С. 52–64.
3. Никитина Н.В. Типологический состав и возобновление кедровых лесов (*pinus sibirica dutour*) на северо-восточной границе ареала / Н.В. Никитина // *Аграрная наука: вызовы и перспективы*. — 2018. — С. 276–280.
4. Рыль Е.А. Результаты работы по интродукции сосны кедровой сибирской в Западной Сибири / Е.А. Рыль, Р.А. Третьякова // *Актуальные проблемы агропромышленного комплекса*. — 2020. — С. 143–145.
5. Хамитов Р.С. Изменчивость урожайности половых типов сосны кедровой сибирской / Р.С. Хамитов, С.А. Корчагов, Д.М. Адаи // *Постулат*. — 2018. — № 10 (36). — С. 20.
6. Хусаинов И.И. Оценка состояния насаждений сосны кедровой сибирской (*pinus sibirica du tour*) в учебно-опытном лесхозе ПГТУ / И.И. Хусаинов // *Инженерные кадры — будущее инновационной экономики России*. — 2018. — № 2. — С. 151–154.

© Брюханов Игорь Иванович (igor_i_b@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОЛИФЕРАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРМАЛЬНЫХ ФИБРОБЛАСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ ТОЧЕК

PROLIFERATIVE ACTIVITY OF DERMAL FIBROBLASTS DEPENDING ON THE CONCENTRATION OF CARBON DOTS

**A. Golderova
S. Shadrina
I. Nikolaeva
M. Egorova
Yu. Evseeva
I. Troev
A. Egorov**

Summary. The article describes an experimental study on human dermal fibroblast cells. The aim of the study was to evaluate in vitro the proliferative activity of human dermal fibroblasts depending on the concentration of carbon dots (CD). By the end of the experiment, the most “affected” was the group to which the largest volume of carbon dots solution (50 ml) was added, the group with the smallest volume (10 ml) was practically not “affected”. The results obtained confirm that the toxicity of UT depends on the protocol of their manufacture and is detected only at higher concentrations.

Keywords: carbon dots, fibroblasts, cytotoxicity, cell culture, proliferation, hydrothermal method, bird cherry, positive charge, concentration, in vitro.

Гольдерова Айталина Семеновна

*Д.м.н., профессор, Северо-Восточный Федеральный
Университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск
hoto68@mail.ru*

Шадрина Светлана Семеновна

*С.н.с., Северо-Восточный Федеральный
Университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск
svetlana.maksimo@mail.ru*

Николаева Ирина Эдуардовна

*Н.с., Северо-Восточный Федеральный Университет
им. М.К. Аммосова, г. Якутск
ysucell@gmail.com*

Егорова Марфа Никитична

*Н.с., Северо-Восточный Федеральный Университет
им. М.К. Аммосова, г. Якутск*

Евсеева Юлия Руслановна

*Врач-лаборант, Северо-Восточный Федеральный
Университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск*

Троев Иван Петрович

*Н.с., Северо-Восточный Федеральный Университет
им. М.К. Аммосова, г. Якутск*

Егоров Андрей Николаевич

*Лаборант, Северо-Восточный Федеральный
Университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск*

Аннотация. В статье описывается экспериментальное исследование на клетках дермальных фибробластов человека. Цель исследования — оценить in vitro пролиферативную активность дермальных фибробластов человека в зависимости от концентрации углеродных точек (УТ). К концу эксперимента наиболее «пострадавшей» оказалась группа, в которую добавлен наибольший объем раствора углеродных точек (50 мл), практически не «пострадала» группа при наименьшем объеме (10 мл). Полученные результаты подтверждают, что токсичность УТ зависит от протокола их изготовления и обнаруживается только при более высоких концентрациях.

Ключевые слова: углеродные точки, фибробласты, цитотоксичность, культура клеток, пролиферация, гидротермальный метод, черемуха обыкновенная, положительный заряд, концентрация, in vitro.

Углеродные точки (УТ) представляют собой люминесцентный углеродный наноматериал, обладающий хорошей биосовместимостью и низкой токсичностью. Разнообразное моделирование с применением различных культур клеток человека на примере здоровых клеточных линий фибробластов, позволяет дать достоверные результаты цитотоксического

действия УТ на клетки. Многие исследования цитотоксичности продемонстрировали, что УТ обладают очень низкой токсичностью [1, с. 279–286; 2, с. 1177], на линиях клеток фибробластов 3Т3 не были цитотоксичными до 400 мкг / мл [3, № 100243], тест на цитотоксичность водорастворимых УТ против клеток фибробластов человека с использованием анализа МТТ показал выжи-

Таблица 1. Медианы количества фибробластов в контрольной и в экспериментальных группах

Дни	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Первая группа (контрольная)						
1	5	52	38	57	45	56
2	5	360	216	432	332	376
3	5	680	572	994	588	884
4	5	704	648	906	686	866
5	5	940	848	1108	896	1024
Вторая группа						
1	5	58	40	68	48	64
2	5	260	165	420	252	260
3	5	312	268	544	276	328
4	5	352	241	605	337	518
5	5	956	836	1308	886	1032
Третья группа						
1	5	57	54	68	57	62
2	5	208	184	224	188	216
3	5	344	236	392	268	348
4	5	390	341	552	363	442
5	5	819	768	852	782	824
Четвертая группа						
1	5	59	49	64	58	63
2	5	157	118	180	122	168
3	5	348	152	513	152	394
4	5	344	247	503	290	357
5	5	844	792	988	816	852
Пятая группа						
1	5	62	61	64	62	63
2	5	204	124	312	161	292
3	5	576	524	988	540	604
4	5	562	247	671	495	628
5	5	627	543	643	619	642
Шестая группа						
1	5	62	56	65	60	63
2	5	272	176	456	220	384
3	5	668	532	836	601	692
4	5	238	88	402	100	302
5	5	186	117	277	123	192

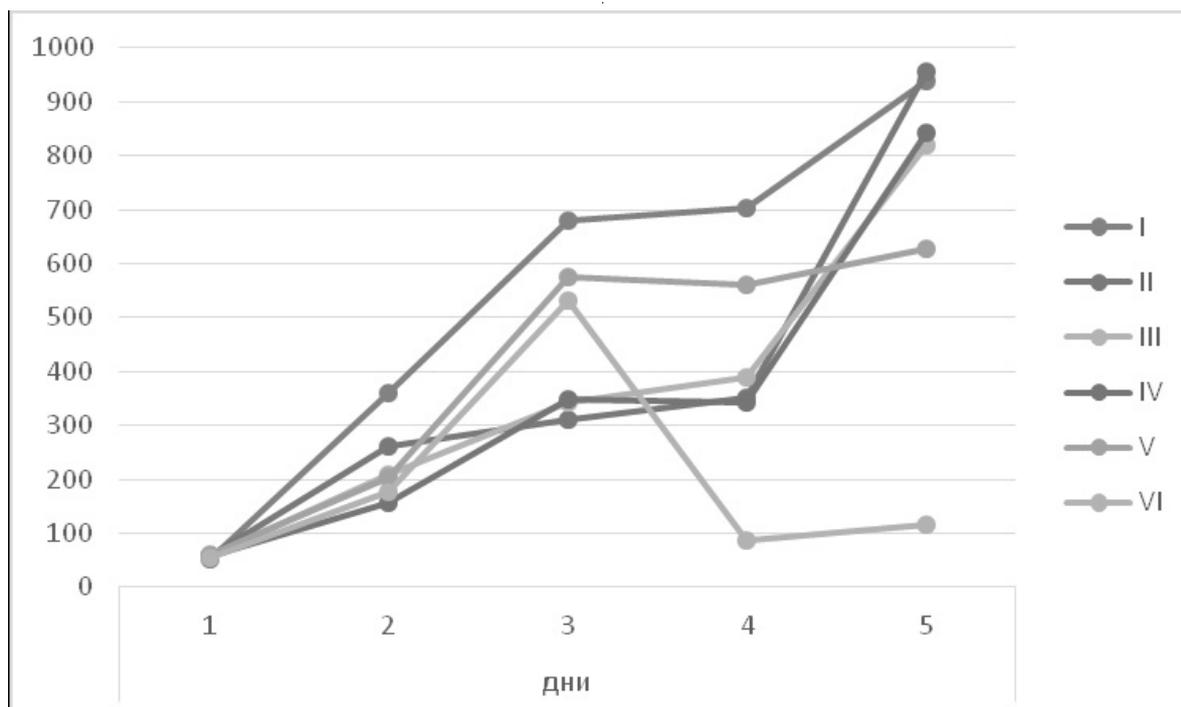
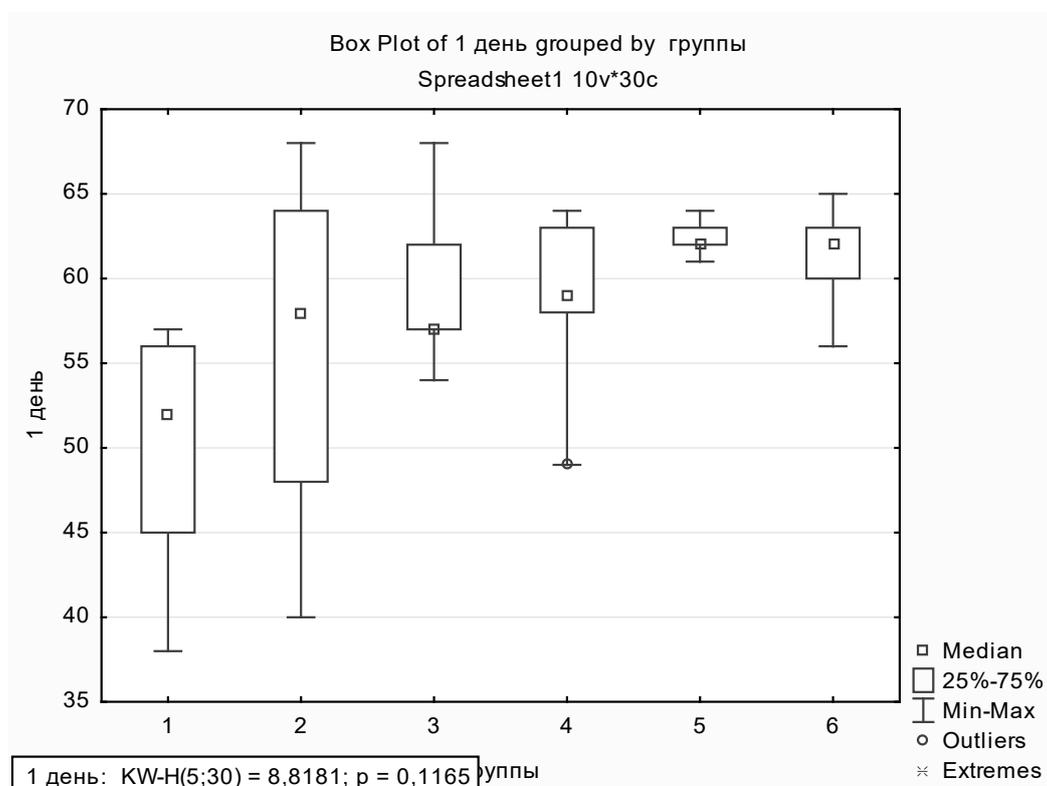
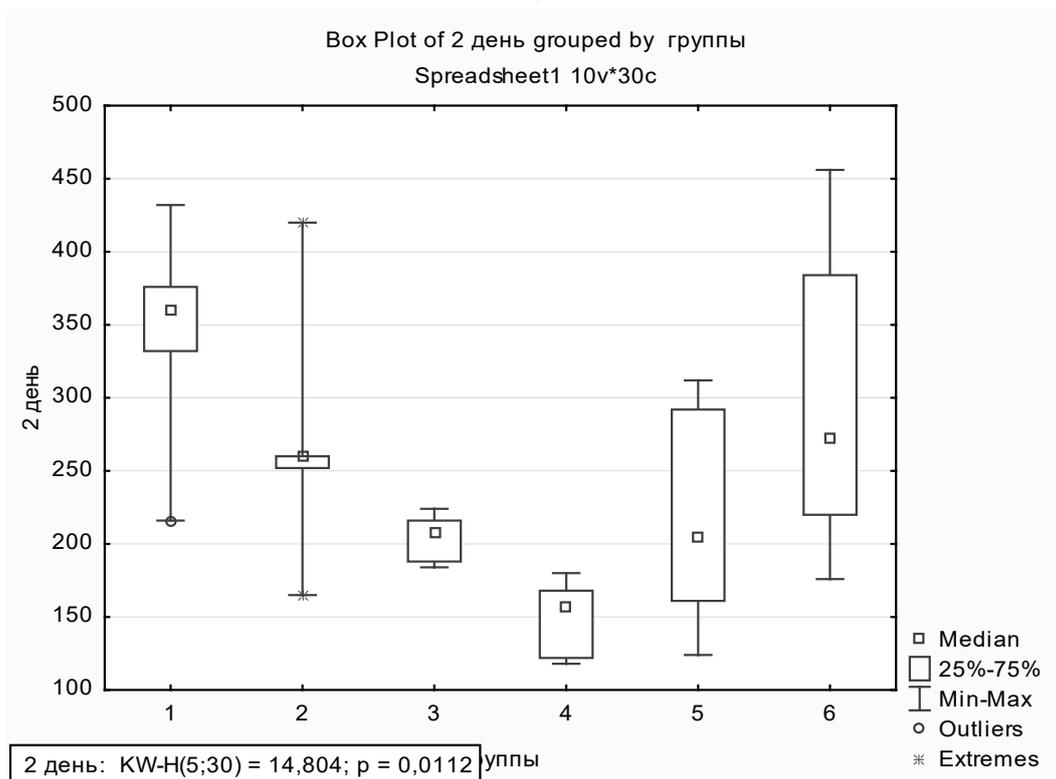


Рис. 1. Динамика пролиферации фибробластов

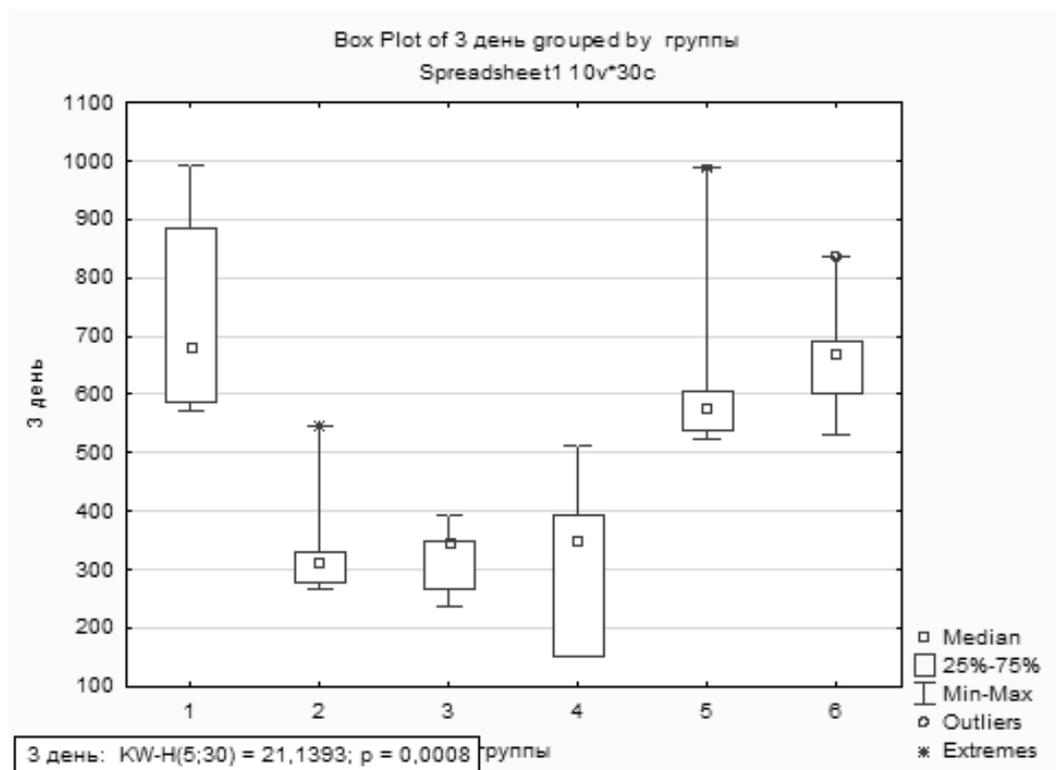


а)

Рис. 2 (продолжение на стр. 21). Медианы количества фибробластов: а) — 1-й день; б) — 2-й день; в) — 3-й день; г) — 4-й день; д) — 5-й день



б)



в)

Рис. 2 (продолжение на стр. 22). Медианы количества фибробластов: а) — 1-й день; б) — 2-й день; в) — 3-й день; г) — 4-й день; д) — 5-й день

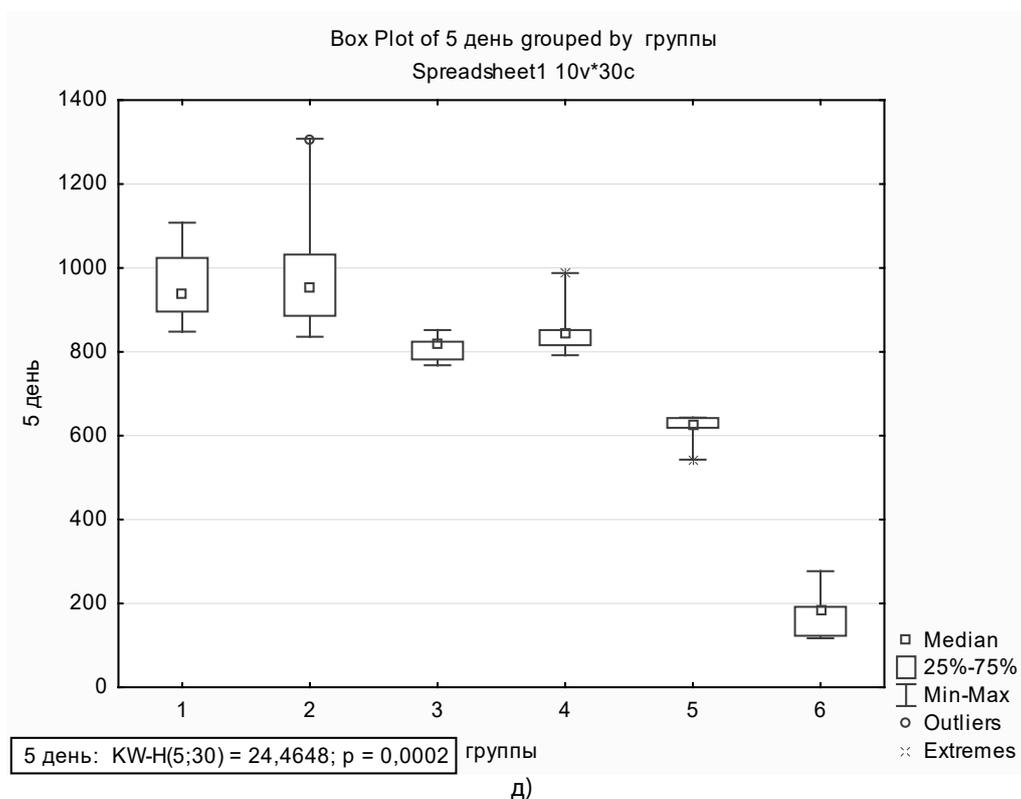
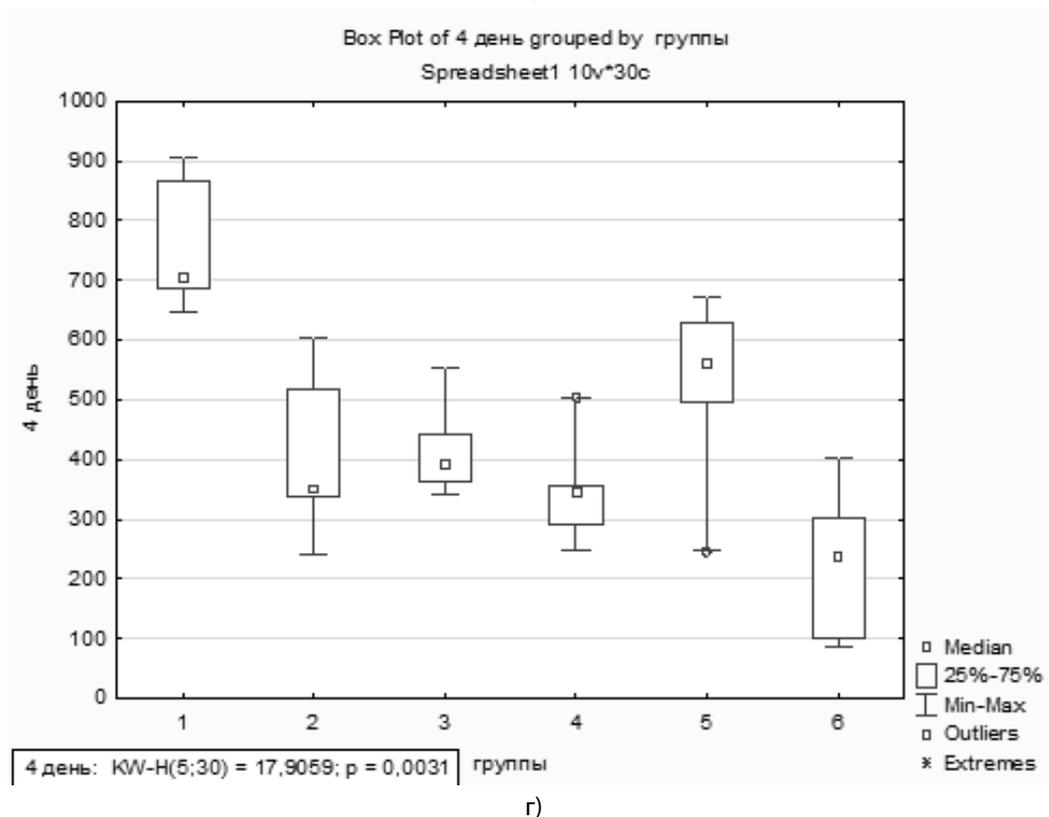


Рис. 2. Медианы количества фибробластов: а) — 1-й день; б) — 2-й день; в) — 3-й день; г) — 4-й день; д) — 5-й день

Таблица 2. Парные сравнения медиан экспериментальных групп с контрольной (тест Манна-Уитни)

Группы	I день (49,6*)	II день (343,2*)	III день (743,6*)	IV день (762,0*)	V день (963,2*)
2	0,504	0,463	0,001	0,001	0,947
3	0,106	0,037	0,000	0,001	0,079
4	0,165	0,003	0,000	0,000	0,335
5	0,026	0,069	0,738	0,026	0,000
6	0,049	0,863	0,865	0,000	0,000

* - медиана контрольной группы

ваемость клеток ~ 94% при концентрации N-CD <125 мкг / мл [4, № 109356], по сравнению со свободным доксорубицином комплексы углеродные точки-доксорубин проявляли меньшую токсичность для линии клеток фибробластов мыши (L929) [5, с. 349–359], углеродные квантовые точки для них также гораздо менее фототоксичны, чем *цис*-диамминдихлороплатина [6, № 111647].

Цель этого исследования заключалась в оценке *in vitro* пролиферативной активности дермальных фибробластов человека в зависимости от концентрации углеродных точек.

Материалы и методы

Углеродные точки были получены гидротермальным методом синтеза: 10 г черемухи обыкновенной (*Prúnus rádus*) без косточек смешивали блендером, добавляли 2 г лимонной кислоты, 0,5 г этилендиамина и 0,5 г полиэтиленimina. В полученную смесь добавляли 20 мл дистиллированной воды и помещали в политетрафторэтиленовый автоклав на 5 часов при 180°C. Полученный темно-коричневый раствор центрифугировали в течение 5 минут со скоростью 14,5 тыс. оборотов в минуту. Затем раствор фильтровали через трековую мембрану с размерами пор 0,2 мкм. Концентрация УТ определялась через массовую концентрацию. На покровное стекло (заранее взвешенное) капали 400 мкл раствора УТ из черемухи. После высыхания еще раз взвешивали стекло с раствором и затем вычитали из получившегося числа массу самого покровного стекла. Затем это число делили на 0,4 (т.к. объем раствора был 400 мкл). Затем разбавляли раствор УТ из черемухи с известной концентрацией в соотношении 1: 5,25. Концентрация рабочего раствора с УТ составила 24,15 мкг/мкл.

В исследовании были использованы фибробласты, выделенные из дермы взрослого здорового человека. Перед забором материала, от пациента получили информированное добровольное согласие на использование биологического материала в научно-исследовательских целях. Клетки были выращены в чашках Петри

60 x15мм в среде Dulbecco's Modified Eagle Medium F-12 Nutrient Mixture (Ham), [+] L-Glutamine (DMEM/F-12 (1:1) (1X)), FBS20%, anti-anti (1x100), пируват натрия (1x100). Инкубировались при 37 °C в атмосфере, обогащенной 5% CO₂ в течение 5 дней. Экспериментальная часть работы заключалась в тестировании пролиферативной активности фибробластов в зависимости от концентрации раствора с углеродными точками. Нам было проведено распределение на шесть групп по пять чашек Петри 60x15мм в каждой группе: контрольная группа и 5 экспериментальных групп. I группа — контрольная без добавления раствора с УТ (в течение 5 дней наблюдался самостоятельный рост). II группа — было добавлено 10 мкл раствора с УТ только в 1 день (всего 10 мкл), III группа — в 1 и 2 дни (20 мкл); IV группа — 1, 2 и 3 дни (30 мкл); V группа — 1, 2, 3 и 4 дни (40 мкл); VI группа — ежедневно (5 дней, всего 50 мкл).

Ежедневно под инвертированным микроскопом «ЛОМО ХС-1844» проводился подсчет количества фибробластов во флаконах.

Статистический анализ проводился с использованием программы STATISTICA версия 12.0 (разработчик — StatSoft.Inc). Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовался критерий Шапиро-Уилка. Совокупности количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, описывались при помощи значений медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Для сравнения независимых совокупностей ввиду отсутствия признаков нормального распределения данных использовался U-критерий Манна-Уитни. При сравнении нескольких выборок количественных данных, поскольку распределение было отличным от нормального, использовался критерий Краскела-Уоллиса, являющийся непараметрической альтернативой однофакторного дисперсионного анализа. При сравнении более двух зависимых совокупностей использовался непараметрический критерий Фридмана.

Критическое значение уровня значимости (p) принималось равным 0,05.

Результаты и обсуждение

Количество фибробластов менялось в зависимости как от концентрации раствора, так и от продолжительности наблюдения. В таблице 1 приведены медианы количества фибробластов в шести экспериментальных группах, оцененные в течение пяти дней.

Далее мы проанализировали статистику роста медиан всех исследуемых групп в динамике.

В общем, следует отметить, что у первых пяти групп в динамике наблюдается рост медианы количества фибробластов, наиболее выраженной в контрольной и второй экспериментальной группах (более чем в 15 раз). Исключение составила шестая экспериментальная группа, у которой наблюдались выраженные противоположные изменения пролиферативной активности в зависимости от концентрации. В третий день медиана выросла почти в 10 раз, похожее резкое увеличение пролиферативной активности наблюдается также в пятой группе.

Переломным днем для двух экспериментальных групп с высокой концентрацией (пятая и шестая группы) явились четвертый-пятый дни. Необходимо отметить, что с третьего на четвертый день наблюдения для всех экспериментальных групп выявлено некоторая степень «торможения» роста фибробластов, а в пятой группе количество снизилось почти до первоначального уровня.

Критерий Фридмана подтвердил статистически значимую динамику количества фибробластов (16,48–19,36), коэффициент конкорданции был высоким (0,82–0,97), уровень статистической значимости (p) варьировал от 0,001 до 0,002.

Также нами проведен сравнительный анализ медиан количества фибробластов всех групп (рис 2).

Как видно из диаграмм, в первый день наблюдения количества фибробластов в группах были примерно одинаковыми ($p > 0,05$). Со второго по пятый дни

наибольшее количество фибробластов было в контрольной группе, наименьшее — во второй день в 4-й ($p=0,01$), в третий день 2–4-й ($p=0,0008$), в четвертый и пятый дни — в 6-й ($p=0,0031$ и $0,0002$ соответственно).

Далее мы попарно сравнили медиану каждой экспериментальной группы с медианой контрольной группы в зависимости от дня эксперимента с помощью теста Манна-Уитни. В первый день медиана в 5-й и 6-й группах была статистически значимо выше, чем в контрольной ($p=0,026$ и $0,049$ соответственно), в остальных — значимо не различались ($p > 0,05$). Во второй день в 3-й и 4-й — была ниже, чем в контрольной ($p=0,037$ и $0,003$ соответственно), в третий день — была ниже во 2–4-й группах ($p=0,001$ – $0,000$), в четвертый день — во всех группах ($p=0,026$ – $0,000$), а в последний (пятый) день — в 5-й и 6-й группах ($p=0,000$).

Таким образом, результаты экспериментального исследования свидетельствуют о том, что наибольший процент подавления пролиферативной активности дермальных фибробластов по сравнению с контрольной группой отмечается в шестой группе, в которую добавлен наибольший объем раствора углеродных точек (50 мл). К шестому дню сопоставимая с контрольной группой пролиферативная активность наблюдается во второй группе, с минимальным объемом углеродных точек.

Полученные результаты сопоставимы с данными зарубежных исследователей, выявившим цитотоксичность положительно заряженных УТ, которые входя в ядро клетки вызывают наибольшие изменения фазы клеточного цикла даже при концентрациях около 100 мкг/мл [7, 238–248]. Аналогичные результаты получены другими исследователями, доказавшими, что токсичность УТ сильно зависит от протокола их изготовления и обнаруживается только при более высоких концентрациях [8, 290–302].

Полученные нами результаты формируют новые задачи для постановки экспериментальных работ на культурах клеток. Разнообразное моделирование с применением различных культур клеток человека на примере здоровых клеточных линий фибробластов, позволит дать достоверные результаты цитотоксического действия углеродных точек на клетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hola K., Bourlinos A.B., Kozak O., Berka K., Siskova K.M., Havrdova M., Tucek J., Safarova K., Otyepka M., Giannelis E.P., Zbori R. Photoluminescence effects of graphitic core size and surface functional groups in carbon dots: COO- induced red-shift emission // Carbon. — 2014. — Vol. 70. — P. 279–286.
2. Li N., Liang X., Wang L., Li Z., Zhu Y. et al. Biodistribution study of carbogenic dots in cell and in vivo for optical imaging // J. Nanopart. Res. — 2012. — Vol. 14. — P. 1177.

3. Usmana M., Zaheera Y., Younis M.R., Demirdogene R.E., Hussain S.Z., Sarwara Y., Rehmang M., Khana W.S., Ihsan A. The effect of surface charge on cellular uptake and inflammatory behavior of carbon dots // *Colloid and Interface Science Communications*. — 2020. — Vol. 35. — № 100243
4. Rahmani Z., Ghaemy M. One-step hydrothermal-assisted synthesis of highly fluorescent N-doped carbon dots from gum tragacanth: Luminescent stability and sensitive probe for Au³⁺ ions // *Optical Materials*. — 2019. — Vol. 97. — № 109356.
5. Yuan Y., Guo B., Gu B., Hao L., Liu N., Lin Y., Guo W., Li X. Doxorubicin-loaded environmentally friendly carbon dots as a novel drug delivery system for nucleus targeted cancer therapy // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. — 2017. — Vol. 159. — P. 349–359.
6. Zoran M., Marković S.P., Jovanović P.Z., Mašković M.M., Mojsin M.J., Stevanović M., Danko M., Mičušić D.J., Jovanović A., Kleinová Z., Špitalský V.B., Pavlović B.M. Todorović M. Graphene oxide size and structure pro-oxidant and antioxidant activity and photoinduced cytotoxicity relation on three cancer cell lines // *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*. — 2019. — Vol. 200. — № 111647.
7. Havrdova M., Hola K., Skopali J., Tomankova K., Petr M., Cepe K., Polakova K., Tucek J., Bourlinos A.B., Zboril R. Toxicity of carbon dots — Effect of surface functionalization on the cell viability, reactive oxygen species generation and cell cycle // *Carbon*. — 2016. — Vol. 99. — P. 238–248.
8. Pierrat P., Wang R., Kereselidze D., Lux M., Didier P., Kichler A. et al. Efficient in vitro and in vivo pulmonary delivery of nucleic acid by carbon dot-based nanocarriers // *Biomaterials*. — 2015. — Vol. 51. — P. 290–302.

© Гольдерова Айталиа Семеновна (hoto68@mail.ru), Шадрина Светлана Семеновна (svetlana.maksimo@mail.ru), Николаева Ирина Эдуардовна (ysucell@gmail.com), Егорова Марфа Никитична, Евсеева Юлия Руслановна, Троев Иван Петрович, Егоров Андрей Николаевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова

АНАЛИЗ ЭТНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛИМОРФИЗМА LYS198ASN ГЕНА ЭНДОТЕЛИНА –1

ANALYSIS OF ETHNIC FEATURES OF POLYMORPHISM LYS198ASN ENDOTHELIN –1 GENE

S. Levitsky
A. Sumarokova
E. Kurochkina
N. Bebyakova

Summary. In this study, the materials on the frequency of occurrence of the endothelin-1(EDN1) polymorphic variant Lys198Asn (rs5370) in various populations and ethnic groups of Russia and the world was conducted. Analysis of Russian and foreign publications, as well as the Allele Frequency Database, showed that the distribution of allele frequencies and genotypes of the EDN1 gene by the Lys198Asn polymorphism in practically healthy individuals in different populations of the world varies significantly. The highest frequency of the mutant T allele is recorded in Asian populations, and the lowest — in the populations of South and North America, the average values of the T allele were found in all the studied European populations and in some African populations. In most of the studied populations of Russia, the frequency of this allele was 0.21, both among Russians and among other ethnic groups, and was close to European indicators. The available data on the endothelin-1 gene Lys198Asn polymorphism and its influence on the formation of cardiovascular pathology are few, and was conducted on small groups of subjects, which indicates the need for further study of this polymorphism in large cohorts of subjects, taking into account ethnic characteristics.

Keywords: ethnic genomics, single nucleotide substitutions (SNP), cardiovascular diseases, EDN1 gene polymorphism, allele, genetic marker.

Левицкий Сергей Николаевич

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северный
государственный медицинский университет»
(г. Архангельск)
sergeylevitski@yandex.ru

Сумарокова Алина Владимировна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северный
государственный медицинский университет»
(г. Архангельск)
arh.alina@gmail.com

Курочкина Екатерина Леонидовна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северный
государственный медицинский университет»
(г. Архангельск)
zhibort71@yandex.ru

Бебякова Наталья Александровна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Северный
государственный медицинский университет»
(г. Архангельск)
nbebyakova@mail.ru

Аннотация. В статье представлены материалы по частоте встречаемости полиморфного варианта гена эндотелина –1 (EDN1) Lys198Asn (5665G>T), rs5370 в различных популяциях и этнических группах России и мира. Анализ российских и зарубежных публикаций, а также базы данных аллельных частот The Allele Frequency Database, показал, что частота аллелей и генотипов полиморфизма Lys198Asn гена EDN1 у практически здоровых лиц в разных популяциях мира значительно варьирует. Наибольшая частота мутантного аллеля T регистрируется в азиатских популяциях, а наименьшая — в популяциях Южной и Северной Америки, средние значения аллеля T выявлены во всех изученных европейских популяциях и в некоторых африканских популяциях. В большинстве изученных популяций России частота данного аллеля составила 0,21, как среди русских, так и среди других этнических групп, и была близка к европейским показателям. Имеющиеся на сегодняшний день данные, по полиморфизму Lys198Asn гена EDN1 и его влияние на формирование сердечно — сосудистой патологии, являются немногочисленными и проведены на небольших группах обследуемых, что указывает на необходимость дальнейшего изучения данного полиморфизма на больших когортах исследуемых с учетом этнических особенностей.

Ключевые слова: этническая геномика, однонуклеотидные замены (SNP), сердечно-сосудистые заболевания, полиморфизм гена EDN1, аллель, генетический маркер.

Распределение частот аллелей и генотипов отдельных популяций и этнических групп населения имеет важное значение не только в изучении происхождения и миграции народов, но и в изучении наследственной предрасположенности людей к мультифакторным заболеваниям (МФЗ). В случае МФЗ, проявление генетического полиморфизма в значительной мере зависит от генофонда и условий жизни каждой конкретной популяции. Генотип, преобладающий в одной популяции, может оказаться минорным в другой. Это показывает, что исследования для каждой популяции и этнической группы является актуальным и значимым.

Большую группу МФЗ составляют сердечно — сосудистые заболевания (ССЗ), которые в общей структуре заболеваемости по России составляют 18,8% и первое место среди причин смертности взрослого населения [1]. Это определяет важность ранней профилактики болезней системы кровообращения не только с учетом индивидуальных физиологических особенностей человека, но и генетических, и этнических характеристик.

Изучение генома человека в различных популяционных исследованиях и проектах («Геном человека», «1000 геномов», TSC, HGP и др.) позволило определить генетическую вариабельность вида *Homo sapiens*, и не малый вклад однонуклеотидных замен (SNP) в генетический полиморфизм популяций. В качестве молекулярно — генетических факторов риска развития патологии сердечно — сосудистой системы рассматриваются гены, кодирующие эндотелиальные факторы и регулирующие сосудистый тонус (гены NO-синтаз, EDN1, ангиотензиногена и др.); гены, регулирующие метаболизм и транспорт липидов; гены, кодирующие элементы системы антиоксидантной защиты и участвующие в регуляции метаболизма [2, 3]. Установлено, что существуют различия в распределении аллельного полиморфизма генов в зависимости от популяционной и этнической принадлежности [4, 5]. Поэтому немаловажно изучить распространенность нежелательных аллелей в разных этносах и популяциях для выявления групп риска уже непосредственно с генетической точки зрения.

Развитие и прогрессирование ССЗ связано со многими факторами, в том числе с функцией эндотелия [6]. Эндотелиоциты секретируют биологические активные вещества, которые по механизму действия являются либо констрикторами, либо дилататорами. Самым известным фактором из семейства эндотелинов, обеспечивающим нормальную работу сердечно — сосудистой системы, является EDN1.

Образование EDN1 в организме происходит в эндотелиальных клетках на поверхности и внутри клеточ-

ной мембраны, а также на поверхности лежащих рядом гладко — мышечных клеток (ГМК) из неактивного полипептидного предшественника. Ген, кодирующий предшественник EDN1, локализуется на хромосоме 6 (p24–23, 5.5 kb), состоит из пяти экзонов и четырех интронов и включает 6836 нуклеотидов. В промоторной области гена располагаются последовательности СААТ и ТАТА, регулирующие транскрипцию [7, 8]. Из известных 10 полиморфизмов гена EDN1, которые влияют на генетический риск ССЗ и которые были исследованы и генотипированы [9,10,11,12], неоспорима роль полиморфного варианта Lys198Asn [13,14]. Мутация затрагивает 5-й экзон гена EDN1 и представляет собой трансверсию G>T в 5665-м нуклеotide, приводящую к замене лизина (Lys) на аспарагин (Asn) в 198-м положении аминокислотной последовательности [15]. Для носителей аллеля Asn (T) характерен более высокий уровень EDN1 в плазме крови по сравнению с лицами, имеющими аллель Lys (G).

Многочисленные исследования свидетельствуют о взаимосвязи полиморфизма Lys198Asn с отклонениями в работе сердечно — сосудистой системы: выявлена ассоциация данного полиморфизма с развитием дилатационной кардиомиопатии [15], с развитием хронической болезни почек [16], диабетической ретинопатией у больных сахарным диабетом [17], хронической сердечной недостаточностью [18]. Среди больных с хронической венозной недостаточностью нижних конечностей частота встречаемости генотипа GG наблюдается в 2 раза чаще, чем при обычной варикозной болезни и в 1,5 раза чаще при посттромбофлебическом синдроме, чем у здоровых людей [19]. Данные Barden A.E. et al. свидетельствуют о том, что у беременных женщин с генотипом TT уровень EDN1 выше, чем у женщин с генотипами GT и GG; также была установлена связь аллеля T с развитием у беременных артериальной гипертензии [20]. В связи с этим, полиморфизм Lys198Asn гена EDN1 можно рассматривать как маркер и предиктор тяжести различных патологических состояний, связанных с работой сердца и его сосудов.

Однако, о взаимосвязи полиморфизма гена EDN1 с ССЗ в разных популяциях и этнических группах населения, имеются неоднозначные результаты. Доказана ассоциация полиморфизма гена EDN1 с легочной гипертензией у испанцев [21] и индийцев [22], с величиной артериального давления (АД) у европейцев, страдающих ожирением [23]; казахов [13], причем у последних, генетический риск связан с аллелем T гена EDN1. Другими исследователями установлено, что минорный аллель повышает в 2 раза риск артериальной гипертензии (АГ) европеоидов, но при этом его эффект модулируется физической активностью [24]. У мужчин-китайцев с генотипом TT повышен риск развития ишемического инсульта в 1,49 раза [25]. Согласно исследованиям,

проведенным на европейской популяции, носительство аллеля T сопряжено с высоким риском развития ИБС, особенно у больных АГ [26]. В группе испанцев было установлено, что наличие гомозиготного генотипа Lys198Lys является фактором риска развития гипертрофии левого желудочка [27]. В тоже время Wiltshire S. и соавт. (2008) при исследовании австралийцев, не обнаружили ассоциации между данным полиморфизмом и риском развития гипертонии, гиперлипидемии, резистентности к инсулину, метаболическим синдромом и атеросклерозом коронарных сосудов [28].

Однако недостаточно изученным остается вопрос о распространенности данного полиморфизма среди практически здорового населения с учетом этнических особенностей. В связи с этим целью данной работы явилось изучение и анализ литературных данных о распространении частот аллелей и генотипов по полиморфизму гена EDN1 Lys198Asn (rs5370) в различных популяциях мира и России.

По данным литературных источников и представленным в базе частот аллелей в популяциях людей (The ALlete FREquency Database, 2021) частота аллеля G и мутантного аллеля T, а также распределение частот генотипов по данным аллелям сильно варьируют в различных популяциях мира.

Анализ данных, представленных в базе частот аллелей в популяциях человека (The ALlete FREquency Database, 2021) показал, что самая высокая частота встречаемости аллеля T отмечается в азиатских популяциях и колеблется от 0,11 до 0,55. Самые высокие показатели данного аллеля 0,5 и 0,55 отмечены среди исследованных племени Бурушо и индийской смешанной группе. В большинстве популяций частота варьирует от 0,3 до 0,45. Ожидаемая частота гетерозигот колеблется от 26 до 50%. При этом анализ научных публикаций по данному полиморфизму показал и более низкие значения частот мутантного аллеля в азиатских популяциях. Так, в казахской популяции концентрация аллеля T составляет 0,16, в алжирской — 0,2, в корейской — 0,25, в японской — 0,27, в сирийской популяции — 0,29, в малайской — 0,31. Частота гетерозигот варьировала от 32,5% в казахской популяции до 46,6% в малайской [13, 29].

Самая низкая концентрация аллеля T, согласно базе частот аллелей, наблюдается среди жителей южной Америки (0–0,11) и северной Америки (0–0,17). Ожидаемые значения гетерозиготности также низки и варьируют от 0 до 27–29% в популяциях мексиканцев и пуэрториканцев. Однако, в исследованиях Frank A.T. (2003) показано, что частота данного аллеля составила 0,25 в группе белого населения Америки и 0,22 среди афро-

американцев, при этом достоверных различий по частоте аллеля T в данных группах, выявлено не было [30].

В различных популяциях и этнических группах Африки частота мутантного аллеля T колеблется от 0 (племя Мбути) до 0,33 (народность Мандинка). Сходные значения от 0 до 0,27 отмечены в популяциях Океании. Расчетные значения частоты встречаемости гетерозигот в данных популяциях составили от 0 до 44%.

Согласно базе частот аллелей, во всех представленных популяциях европейцев и африканцев была зафиксирована частота аллеля T, которая изменялась от 0,10 до 0,32. Анализ литературных данных также показал средние значения анализируемого аллеля во многих исследованных европейских популяциях. Так среди обследованных ирландцев частота аллеля T составила 0,22, у украинцев — 0,23, в популяции испанцев — 0,27, [29, 31]. Ожидаемая частота гетерозигот варьирует от 23% в популяциях русских до 44% у адыгейцев.

В различных российских популяциях частоты встречаемости аллелей и генотипов по данному полиморфизму различны, что, по-видимому, связано с этнической и экологической неоднородностью данных популяций. Согласно базе данных аллельных частот (The ALlete FREquency Database, 2021) частота мутантного аллеля в популяциях русских Европейской части России варьирует от 0,13 до 0,18. Более высокие частоты аллеля T выявлены в Сибири: в Республике Тыва — 0,31, в Якутии — 0,24, у чувашей — 0,32. Эти данные согласуются с исследованиями Бутенко А.И. и соавт. (2011), которыми было установлено, что частота встречаемости аллеля T у жителей популяции Ростова-на-Дону составляет 0,11. Распределение частот генотипов (в %) GG, GT и TT в данной популяции составило 82,0; 14,0; 4,0 соответственно. Причем отмечено, что распределение генотипов в популяции г. Ростова-на-Дону отличается от такового в европейской популяции. Так, частота встречаемости нормального генотипа GG на 25% выше, чем в европейских популяциях, а гетерозиготы GT встречаются почти в 3 раза реже, хотя частота встречаемости генотипа TT близка к европейской [32]. В популяции русских Ставропольского края процентное соотношение генотипов было сходным с описанной выше популяцией 78,0%; 20,0% и 2,0% соответственно, при этом отмечается большее число носителей мутантного аллеля [33].

В тоже время в исследованиях Аит А.А. представлены данные по популяции русских Центральной России, где частота аллеля T составила 0,3. Частота гетерозигот в данной популяции была выше частот других генотипов и составила 54,2%, а гомозигот по аллелю G — 42,3%. Частота генотипа TT — 3,4% и была примерно такой же как в популяции г. Ростова-на-Дону.

Сравнительный анализ частот аллелей у русских Центральной России и жителей арабских стран (сирийцев, алжирцев) показал более высокую частоту аллеля G у алжирских берберов по сравнению с русскими, сирийцами и общей группой арабов. При изучении частот генотипов в данных популяциях было установлено, что в выборке русских преобладают гетерозиготы, у алжирцев — гомозиготы GG, в то время как у сирийцев, частота этих двух генотипов приблизительно одинакова [34].

При сравнении аллельных частот в популяции русских Центральной России и жителей Южной Африки установлено, что частота аллеля T у южноафриканцев составила 0,15 и была достоверно ниже, чем у русских. По частоте генотипов в группе южноафриканцев отмечается достоверно более высокое число гомозигот по аллелю G (70,6%) и отсутствие гомозигот по аллелю T [35].

Исследование полиморфизма в гене EDN1 Lys198Asn в условиях Европейского Севера показало, что частота аллеля T близка к таковой в европейских популяциях и составила 0,21. Распределение частот генотипов GG, GT и TT в данной популяции составило 63,0%; 31,0%; 6,0% соответственно [36].

При сравнении аллельных вариантов Lys198Asn гена EDN1 в Забайкальском крае между резидентами бурятской и русской национальности среди практически здоровых не было установлено статистически значимых различий в частоте аллелей. Мутантный аллель у русских составил 0,18, у лиц бурятской национальности — 0,21. В русской популяции полиморфные варианты Lys198Asn гена EDN1 распределились следующим образом: 67,5% — генотип GG, 24% — генотип GT, 8% — генотип TT. В группе бурятской национальности — 67,7%, 22,6% и 9,7% соответственно [37]. Сходные варианты распределения частот аллелей и генотипов отмечены в группе татар, проживающих на территории Республики Башкортостан, где частота аллеля T составила также 0,21, а соотношение генотипов GG, GT и TT — соответственно 62,7%, 31,4% и 5,86% [9].

Таким образом, проведенный анализ литературных данных показал, что распределение частот аллелей и генотипов Lys198Asn гена EDN1 у практически здоровых лиц в различных популяциях мира сильно варьирует. При этом именуемые на сегодняшний день данные немногочисленны и противоречивы. Это указывает на необходимость дальнейшего изучения данного полиморфизма гена EDN1 на больших когортах исследуемых с учетом этнических особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шальнова С.А., Конради А.О., Карпов Ю.А. и др. Анализ смертности сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России» // Росс. кардиол. журн. — 2012. — Т. 97, № 5. — С. 6–11.
2. Мирошникова В.В. Роль транспортера ABCG1 и аполипопротеина А-I в формировании предрасположенности к атеросклерозу: дис. . на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.01.03 / Мирошникова Валентина Вадимовна; [Место защиты: Петербургский институт ядерной физики]. — СПб., 2014. — 133 с.
3. Wang X.L. Genotype dependent and cigarette specific effects on endothelial nitric oxide synthase gene expression and enzyme activity/ X.L. Wang, A.S. Sim, M.X. Wang [et al.] // Federation of European Biochemical Societies letters. — 2000a. — Vol. 471. — P. 45–50.
4. Кутуев И.А. Генетическая структура и молекулярная филогенетика народов Евразии / И.А. Кутуев, Э.К. Хуснутдинова. — Уфа: Гилем, 2011. — 240 с.
5. Хуснутдинова Э.К. Этногеомика населения Евразии: состояние, проблемы и перспективы / Э.К. Хуснутдинова, С.А. Федорова // Вестн. биотехнологии и физико-хим. биологии им. Ю.А. Овчинникова. — 2010. — Т. 6, № 1. — С. 40–49.
6. Малая Л.Т. Эндотелиальная дисфункция при патологии сердечно — сосудистой системы/ Л.Т. Малая, А.Н. Корж, Л.Б. Балковская. — М.: — Харьков: Форсинг, 2000. — 432 с.
7. Banno M. Association of genetic polymorphisms of endothelin-converting enzyme-1 gene with hypertension in a Japanese population and rare missense mutation in preproendothelin-1 in Japanese hypertensives/ M. Banno [et al.] // Hypertens Res. — 2007. — Vol.30. — N6. — P. 513–520.
8. Richard V. L'endothéline: de la découverte aux avancées thérapeutiques / V. Richard // Pres. Med. — 2014. — Vol.1, — N. 1. — P. 3.
9. Тимашева Я.Р. Полиморфизм генов системы эндотелина-1 и риск развития эссенциальной гипертензии/ Я.Р. Тимашева [и др.] // Медицинская генетика. — 2015. — № 10 — С. 29–35.
10. Ahmed M. Polymorphism in Endothelin-1 Gene: An Overview / M. Ahmed, A. Rghigh // Curr. Clin. Pharmacol. — 2016. — Vol. 11. — N3. — P. 191–210.
11. Dhawan I. Is endothelin gene polymorphism associated with postoperative atrial fibrillation in patients undergoing coronary artery bypass grafting? / I. Dhawan [et al.] // Ann. Card. Anaesth. — 2017. — Vol. 20. — № 3. — P. 341–347.
12. Fang Z. Association of endothelin-1 gene polymorphisms with essential hypertension in a Chinese population / Z. Fang [et al.] // Genet. Mol. Res. — 2017. — Vol. 16. — N3. doi: 10.4238/gmr16037446
13. Dzholdasbekov A.U. The association between polymorphism of Lys189Asn of endothelin-1 gene and arterial hypertension risk in Kazakh people / A.U. Dzholdasbekova, A.E. Gaipov // European Journal of General Medicine. — 2010. — Vol. 7, № 2. P. 110–111.

14. Panoulas V.F. Polymorphisms of the endothelin-1 gene associate with hypertension in patients with rheumatoid arthritis / V.F. Panoulas [et al.] // *Endothelium*. — 2008. — Vol. 15(4). — P. 203–212.
15. Holzhauser L. Endothelin receptor polymorphisms in the cardiovascular system: potential implications for therapy and screening/ L. Holzhauser, R. Zolty // *Heart Fail Rev*. — 2014. — Vol. 6. — P. 743–758.
16. Zanatta C.M., Crispim D., Sortica D.A. et al. Endothelin-1 gene polymorphisms and diabetic kidney disease in patients with type 2 diabetes mellitus // *Diabetol. Metab. Syndr*. 2015. Vol. 7. ID103.
17. Li H., Louey J.W., Choy K.W. et al. EDN1 Lys198Asn is associated with diabetic retinopathy in type 2 diabetes // *Mol. Vis*. 2008. Vol. 14. — P. 1698–1704.
18. Manea S.A., Robciuc A., Guja C., Heltianu C. Identification of gene variants in NOS3, ET-1 and RAS that confer risk and protection against microangiopathy in type 2 diabetic obese subjects // *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 2011. Vol. 407. — № 3. — P. 486–490.
19. Калинин Р.Е., Грязной С.В., Никифоров А.А. и др. Полиморфизм гена синтазы азота и эндотелина-1 при хронической венозной недостаточности нижних конечностей // *Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова*. — 2015. — № 4. — С. 97–102.
20. Barden A.E. Association between the endothelin-1 gene Lys198Asn polymorphism blood pressure and plasma endothelin-1 levels in normal and pre- 140 eclamptic pregnancy // A.E. Barden, C.E. Herbison, L.J. Beilin [et al.] // *Journal of hypertension*. — 2001. — Vol. 19. — P. 1775–1782.
21. Pousada G. Estudio del polimorfismo K198N en el gen EDN1 en pacientes afectados de hipertension arterial pulmonar / G. Pousada [et al.] // *Med. Clin. (Barc)*. — 2015— Vol. 144. — N8. — P. 348–352
22. Vadapalli S. Epistatic interactions in idiopathic pulmonary arterial hypertension/ S. Vadapalli [et al.] // *Indian J Hum Genet*. — 2012. — Vol. 18. — N1. — P. 56–61.
23. Jin Y. Association of left ventricular mass with the AGTR1 A1166C polymorphism / Y. Jin [et al.] // *Am J Hypertens*. — 2012. — Vol. 25. — P. 472–478.
24. Rankinen T. Effect of endothelin 1 genotype on blood pressure is dependent on physical activity or fitness levels / T. Rankinen // *Hypertension*. — 2007. — Vol. 50. — № 6. — P. 1120–1125.
25. Zhang L. Effect of SNP polymorphisms of EDN1, EDNRA, and EDNRB gene on ischemic stroke / L. Zhang, R. Sui // *Cell Biochem Biophys*. — 2014. — Vol. 70. — N1. — P. 233–239.
26. Popov A.F. Impact of endothelin-1 Lys198Asn polymorphism on coronary artery disease and endorgan damage in hypertensives / A.F. Popov, E.G. Schulz, J. Hinz [et al.] // *Coronary artery disease*. — 2008. — Vol. 19. — № 7. — P. 429–434.
27. Castro M.G. Screening of the endothelin1 gene (EDN1) in a cohort of patients with essential left ventricular hypertrophy / M.G. Castro [et al.] // *Ann Hum Genet*. — 2007. — Vol. 71. — P. 601–610.
28. Wiltshire S. Investigating the association between K198N coding polymorphism in EDN1 and hypertension, lipoprotein levels, the metabolic syndrome and cardiovascular disease / S. Wiltshire [et al.] // *Human Genetic*. — 2008. — № 3. — P. 307–313.
29. Bray M.S. The Human Gene Map for Performance and Health-Related Fitness Phenotypes: The 2006–2007 Update / M.S. Bray [et al.] // *Med. Sci. Sports Exerc*. — 2009. — Vol. 41, N1. — P. 35–73
30. Frank A.T. Endothelin-1 Gene LYS198ASN Polymorphism and Blood Pressure Reactivity / A.T. Frank [et al.] // *Am.J. Hypertension* — 2003. — Vol. 42. — P. 494–499.
31. Tiret L. The Lys198Asn polymorphism in the endothelin-1 gene is associated with blood pressure in overweight people / L. Tiret [et al.] // *Hypertension*. — 1999. — Vol. 33. — N5. — P. 1169–1174.
32. Бутенко А.И. Исследование генетического полиморфизма генов эндотелиальной NO-синтазы и эндотелина-1 у профессиональных футболистов/ А.И. Бутенко, Т.П. Шкурат // *Валеология*. — 2011. — № 3. — С. 67–72.
33. Ягода А.В. Роль полиморфизма некоторых генов-кандидатов в контроле эндотелиальной функции у пациентов с сердечными микроаномалиями / А.В. Ягода [и др.] // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. — 2008 — № 2. — С. 26–29.
34. Айт А.А. Генетические аспекты предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям у населения арабских стран: дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.02.07/ Айт Аисса Амира; [Место защиты: Российский университет дружбы народов]. Москва, 2016. — 131 с.
35. Ait A.A. Distribution of EDN1 Lys198Asn polymorphic marker of cardiovascular diseases among population of South Africa / A.A. Ait [et al.] // *FEBS OPEN BIO*. — 2019. — Vol. 9. — P. 99.
36. Левицкий С.Н. Влияние полиморфизма Lys198Asn гена EDN-1 на функциональные изменения сердечно-сосудистой системы у лиц молодого возраста. Материалы конф. Ломоносовские научные чтения студентов, молодых ученых, аспирантов. Архангельск, Из-во САФУ, 2018. — С. 38–42.
37. Серебренникова С.В., Голубина Л.А., Витковский Ю.А. Полиморфизм гена эндотелина –1 (Lys198Asn) у больных с периферической витреохориоретинальной дистрофией в Забайкальском крае // *Дальневосточный медицинский журнал*. — 2012. — № 1 — P. 76–78.

© Левицкий Сергей Николаевич (sergeylevitski@yandex.ru), Сумарокова Алина Владимировна (arh.alina@gmail.com),
Курочкина Екатерина Леонидовна (zhibort71@yandex.ru), Бебякова Наталья Александровна (nbebyakova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАКТЕРИЙ ВИДА AEROMONAS VERONII

THE MAIN BIOLOGICAL PROPERTIES OF BACTERIA OF THE SPECIES AEROMONAS VERONII

A. Minaeva
A. Lomakin
D. Vasiliev
A. Shestacov

Summary. The article is devoted to the study of the main biological properties of bacteria *Aeromonas veronii*. The results of the study of the peculiarities of their morphological, cultural and enzymatic properties are presented. According to the research results, we found that *A. veronii* bacteria are gram-negative, mobile, straight rods, showing the ability to grow both on ordinary and on differential diagnostic media. It was revealed that the studied culture of *A. veronii* bacteria exhibits saccharolytic, proteolytic, lecithinase, gelatinase and deoxyribonuclease activities, in addition, it utilizes a number of amino acids, and has a positive reaction to catalase and oxidase. The results obtained by us will be used in the future to create a scheme for the isolation and bacteriological typing of this microorganism.

Keywords: g. *Aeromonas*, *A. veronii*, *A. veronii* biovar *sobria*, tinctorial properties, morphological properties, cultural properties, biochemical activity.

Минаева Ангелина Николаевна

Аспирант, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный
аграрный университет имени П.А. Столыпина,
Ульяновск
lina.minaeva.11@mail.ru

Ломакин Артём Андреевич

Аспирант, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный
аграрный университет имени П.А. Столыпина,
Ульяновск
artemy.lomakin@yandex.ru

Васильев Дмитрий Аркадьевич

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Ульяновский
государственный аграрный университет имени
П.А. Столыпина, Ульяновск
dav_ul@mail.ru

Шестаков Андрей Геннадьевич

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Ульяновский
государственный аграрный университет имени
П.А. Столыпина, Ульяновск
andrewschestakov@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению основных биологических свойств бактерий *Aeromonas veronii*. Представлены результаты исследования особенностей их морфологических, культуральных и ферментативных свойств. По результатам исследований нами было установлено, что бактерии *A. veronii* являются грамотрицательными, подвижными, прямыми стержнями, проявляющими способность к росту как на обычных, так и на дифференциально-диагностических средах. Было выявлено, что исследуемая культура бактерий *A. veronii* проявляет сахаролитическую, протеолитическую, лецитиназную, желатиназную и дезоксирибонуклеазную активности, кроме того, утилизирует ряд аминокислот, обладает положительной реакцией на каталазу и оксидазу. Полученные нами результаты в дальнейшем будут использованы в создании схемы выделения и бактериологического типирования указанного микроорганизма.

Ключевые слова: бактерия, р. *Aeromonas*, *A. veronii*, *A. veronii* biovar *sobria*, тинкториальные свойства, морфологические свойства, культуральные свойства, биохимическая активность.

Введение

Бактерии рода *Aeromonas* имеют широкое распространение в окружающей среде. Выделение отмечается из пресной воды, сточных вод, почвы, от гидробионтов, растений, теплокровных животных (Gonçalves, 2019). В связи с чем, на протяжении многих

лет их считали сапрофитами, но исследования последних лет позволяют отнести их к условно патогенным микроорганизмам, вызывающим, при определенных условиях, заболевания как у животных, так и у людей (Parker, 2011). Основными патогенными представителями рода *Aeromonas* являются бактерии видов *A. hydrophila*, *A. veronii*, *A. sobria* и *A. caviae* (Igbinosa,

2012). Указанные выше микроорганизмы представляют серьезную проблему для многих стран Европы и Азии, в которых аэромонадная инфекция является причиной от 1 до 10% острых кишечных заболеваний у взрослых и до 50% у детей.

Бактерия вида *A. veronii* включает в себя две биогруппы *sobria* и *veronii*. Являясь возбудителями инфекционных заболеваний у разных рыб, наносят огромный экономический урон отрасли аквакультуры (Zepeda-Velázquez, 2017). У человека ассоциируются с желудочно-кишечными заболеваниями и широким спектром системных заболеваний, включая сепсис, раневые инфекции, менингит, перитонит и заболевание гепатобилиарной системы (Hassan, 2017). Широкое распространение и высокая инвазивность этих микроорганизмов объясняется наличием разнообразных факторов вирулентности (поверхностные полисахариды, экзотоксины и внеклеточные ферменты) (Beaz-Hidalgo, 2013; Hoel, 2017).

На сегодняшний день в нашей стране биологические свойства *A. veronii* изучены недостаточно, и стандартизированная методология для ее типизации не разработана. Потому изучение биологических свойств *A. veronii* является актуальным.

Цель исследования

Изучение основных биологических свойств бактерий *A. veronii*, необходимых для разработки схем их выделения и идентификации.

Материалы и методы

Для опыта был использован из международной коллекции штамм *Aeromonas veronii-9071*, хранящийся в музее кафедры микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Ульяновская ГАУ».

Оборудование: микроскоп ZEISS Primo Star, Германия; тринокуляр с видеосистемой; термостат ТС-80М-2; автоклав ГК-100-3; шкаф сушильно-стерилизационный ШСС-80п УХЛ 424; установка бактерицидная УГД-2; лабораторная посуда общего назначения, мерная лабораторная посуда.

Питательные среды и реактивы: биохимическая тест-система KB013R HiCarbo Набор для изучения ферментации углеводов, ГРМ-бульон (ФБУН «ГНЦ ПМБ», Оболенск), бульон с лизином (HIMEDIA, Индия), бульон с аргинином (HIMEDIA, Индия), бульон с орнитином (HIMEDIA, Индия), среда Симманса (ФБУН «ГНЦ ПМБ», Оболенск), ГРМ-агар (ФБУН «ГНЦ ПМБ», Оболенск),

агар МакКонки (Condalab, Испания), дифтерийный агар (TM MEDIA, Индия), среда для выявления ДНКазы (Condalab, Испания), среды Гисса (НПО «Питательные среды», г. Махачкала), *Pseudomonas Aeromonas Selective agar base* (GSP-agar) (Химэкс Лимитед, г. Санкт-Петербург), Лактозный ТТХ агар с Тергитолом 7 (ФБУН «ГНЦ ПМБ», Оболенск), уреазный агар Кристенсена (HIMEDIA, Индия), Питательная Среда № 15 ГРМ (ФБУН ГНЦПМиБ, Россия, г. Оболенск), натрий хлорид (ДИАМ, Россия), лактат (JINDAN, Китай), сульфат магния (ЛенРеактив, г. Санкт-Петербург), гидрофосфат натрия (AppliChem, Испания), хлорид аммония (ЛенРеактив, г. Санкт-Петербург), бромтимоловый синий (ЛенРеактив, г. Санкт-Петербург), 1% раствор Теллурита калия (Sigma-Aldrich, Франция), реактив Эрлиха (НИЦФ, Россия), 6% перекись водорода (ООО «Химмед», г. Санкт-Петербург), желатин (Нева реактив, г. Санкт-Петербург), кровь барана, яйцо.

Для проведения микроскопического исследования использовали набор для окраски по Граму («НИЦФ ООО» Санкт-Петербург). Активность цитохромоксидазы изучали с использованием 1% тетраметил-р-фенилендиаминдигидрохлорид (Aldrich-sigma), дезоксирибонуклеазную активность выявляли с помощью 1 N раствора HCl (Aldrich-sigma). Наличие капсулы определяли по методу Ольта, с использованием 2% раствора сафранина.

Методы

Морфологические, культуральные и биохимические свойства штамма *Aeromonas veronii-9071* изучали с использованием общепринятых микробиологических методов выделения и идентификации бактерий (Герхардт, 1984; Лабинская, 1978); инструкция по применению «Набора для ускоренного определения биохимических свойств».

Результаты исследований

Метод окраски по Граму позволил подтвердить, что микроорганизмы *Aeromonas veronii* являются грамотрицательными палочками, расположенными поодиночке или парами.

Культивирование исследуемого штамма на полужидком ГРМ-агаре при температуре 20°C и 30°C в течение 72 ч дает диффузный рост культуры в месте посева, что свидетельствует о подвижности *Aeromonas veronii*.

В результате проведенных исследований было установлено, что штамм *Aeromonas veronii* способен расти в температурном диапазоне 8–36°C. Культивирование при температуре 8°C характеризуется ростом колоний

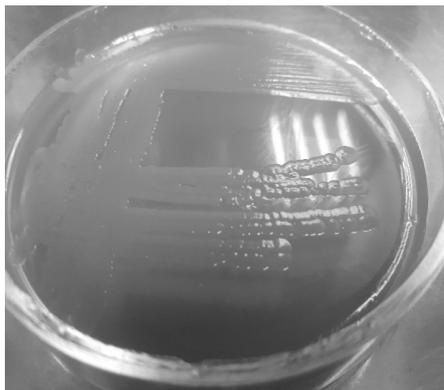


Рис. 1. Рост штамма *A. veronii* на агаре МакКонки в течение 72 ч культивирования при 300С

лишь на 4 сутки. Независимо от использования в экспериментах питательных сред оптимальной температурой для роста штамма *A. veronii-9071* являлось 30°C.

Для исследуемого штамма *A. veronii-9071* уже через 24 часа культивирования при температуре 26°C и 36°C на ГРМ-бульоне было характерно хорошо выраженное равномерное помутнение среды. Культивирование 48, 72 ч сильных изменений не дает. При 8°C обильный рост отмечается после 168 ч инкубирования.

Культивирование штамма *A. veronii-9071* на ГРМ-агаре при температуре культивирования 30°C через 72 ч характеризуется ростом мелких (диаметром 1,5 мм), молочных, выпуклых и глянцевых колоний с ровными краями.

На агаре МакКонки колонии *A. veronii-9071* вырастают через 24 часа в виде мелких диаметром меньше 1 мм серых с розовым оттенком, круглых с ровными краями, выпуклых и глянцевых колоний. Последующее культивирование через 48, 72 часа при температуре 30°C отличается незначительным увеличением размеров колоний до 2 мм (рис. 72 ч).

На среде Кильвейна (GSP агар) *A. veronii-9071* уже через 24 ч дает рост мелким, круглым $d < 1,0$ мм, белым, выпуклым, глянцевым, с ровным краем колониям. При дальнейшем культивировании (48 ч и 72 ч) отмечается изменение цвета колоний с белого на желтый и незначительное увеличение их размеров в диаметре до 1–1,5 мм.

При культивировании штамма *A. veronii-9071* на кровяном агаре, при температуре 30°C в течение 72 ч, был выявлен рост круглых, с ровными краями, серых, глянцевых, выпуклых, диаметром до 2 мм колоний. На 2 сутки культивирования агар под колониями приобрел зеленоватую окраску, что указывает на способность ис-

следуемого штамма проявлять неполный гемолиз (α -гемолиз).

В результате исследований на наличия *A. veronii* фермента цитохромоксидазы, путем нанесения на колонии каплю 1% раствора тетраметил-р-фенилендиаминдигидрохлорида, наблюдали появление розового окрашивания. Данный факт указывает на присутствие фермента цитохромоксидазы у изучаемой бактерии.

Было установлено, что исследуемый штамм проявляет каталазную активность, о чем свидетельствует активное газообразование и вспенивание после контакта перекиси водорода 6% с колониями бактерий.

Бактериальные культуры штамма *A. veronii* через 72 ч инкубирования при 30°C на среде ДНКза агар формировали крупные, прозрачные, круглые, с ровными краями, выпуклые, глянцевые колонии. При добавлении 1 N раствора HCl, наблюдалось появление прозрачных зон вокруг колоний. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что у исследуемого штамма микроорганизма присутствует дезоксирибонуклеазная активность.

Для выявления желатиназной активности, культуру *A. veronii* инкубировали в среде с 12% содержанием желатина. Было установлено, что исследуемый штамм способен разжижать желатин, т.е. у него присутствует фермент желатиназа.

При использовании тест-системы KB013R HiCarbo (Набор для изучения ферментации углеводов), было выявлено, что исследуемый штамм проявляет α -галактозидазную и каталазную активности, ферментируют аргинин, окисляют арабинозу, сахарозу, глюкозу, не проявляют нитратредуктазную активность, не способны продуцировать ацетоин, не утилизируют маннит, малонат, цитрат и трегалозу.

При культивировании штамма *A. veronii* на цитратном агаре Симмонса, предназначенном для определения утилизации цитрата натрия, при 36°C и 26°C появление роста и изменение цвета среды не наблюдалось на всем протяжении исследования (72 ч). Данный факт свидетельствует о том, что исследуемый штамм не использует цитрат в качестве источника углерода.

Изучение биохимической активности на средах Гисса с различными углеводами (мальтоза, фруктоза, сахароза, ксилоза, сорбит, арабиноза, манит, манноза, рамноза, раффиноза, глюкоза, галактоза, дульцит и инозит) позволило установить, что штамм *Aeromonas veronii* проявляет сахаролитическую активность в отношении глюкозы, сахарозы, маннита, маннозы, мальтозы, галактозы и арабинозы.

Инкубирование культуры с аминокислотами (лизин, аргинин и орнитин) при температуре 36°C и 26°C в течение 72 ч, показало, что штамм *Aeromonas veronii* не способен утилизировать орнитин (рост и изменение цвета среды не наблюдается), но декарбокселирует лизин и аргинин.

Способность исследуемого штамма *A. veronii-9071* образовывать индол, определяли при помощи культивирования исследуемого штамма на среде № 15 ГРМ в течение 48 ч при 36°C и 30°C. Добавление реактива Эрлиха после культивирования в пробирки с бактериями к появлению розового цвета не привело. Полученный результат свидетельствует о том, что штамм *Aeromonas veronii* не способен образовывать индол.

На уреазном агаре Кристенсена исследуемый штамм *A. veronii-9071* при культивировании при температуре 26°C и 36°C в течение 72 часов роста не дает. Изменения цвета среды тоже не происходит. Это позволяет сделать вывод о том, что штамм *Aeromonas veronii* не разлагает мочевины, то есть не продуцирует уреазу.

Обсуждение

Бактерии *Aeromonas veronii* представляют собой подвижные, грамотрицательные, палочковидные ми-

кроорганизмы. В настоящее время в отечественной литературе отсутствуют рекомендации для осуществления выделения и идентификации бактерий вида *A. veronii*. Изучение основных биологических свойств *A. veronii* может лечь за основу бактериологической схемы их типизации и идентификации.

Выводы

Таким образом, нами были изучены тинкториальные, морфологические, культуральные и биохимические свойства штамма *Aeromonas veronii*. Анализ полученных результатов показал, что они являются подвижными, грамотрицательными, неинкапсулированными палочками. Полученные данные согласуются с данными, представленными в "Руководство Берджи по систематике архей и бактерий" (Martin-Carnahan, 2015). Однако наличие капсулы при помощи используемого нами метода обнаружить не удалось, несмотря на то что зарубежными авторами отмечается способность у данного биовара образовывать капсулу (Tomás, 2012).

По результатам изучения особенностей культивирования исследуемого микроорганизма, было установлено, что *Aeromonas veronii* способны расти как на обычных питательных средах, так и на дифференциально-диагностических. При этом оптимальной температурой культивирования была 30°C.

По изучению биохимических свойств выявлено, что бактерии *A. veronii*, проявляют положительные реакции на каталазу и оксидазу. Так же было установлено, что культуры исследуемого микроорганизма обладают сахаролитической, дезоксирибонуклеазной, протеолитической, лецитиназной и желатиназной активностями, не утилизируют мочевины, цитраты, не восстанавливают нитраты, не образуют ацетоин и индол.

В рамках проводимой нами работы по изучению основных биологических свойств бактерий *A. veronii*, впервые в нашей стране подошли к вопросу создания схемы выделения и бактериологического тестирования указанного микроорганизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abbott S.L. Case of *Aeromonas veronii* (DNA Group 10) bacteremia / S.L. Abbott, H. Serve, J.M. Janda // J. Clin. Microbiol. — 1994. — № 32. — P. 3091–3092.
2. Alcaide E. Mechanisms of quinolone resistance in *Aeromonas* species isolated from humans, water and eels / E. Alcaide, M.D. Blasco, C. Esteve // Research in Microbiology. — 2010. — № 161. — P. 40–45.
3. Beaz-Hidalgo R. *Aeromonas* spp. whole genomes and virulence factors implicated in fish disease / R. Beaz-Hidalgo, M.J. Figueras // J. Fish Dis. — 2013. — № 36. — P. 371–388.
4. Bhowmick U.D. Bacteriological, clinical and virulence aspects of *Aeromonas*-associated diseases in humans / U.D. Bhowmick, S. Bhattacharjee // Pol. J. Microbiol. — 2018. — № 67. — P. 137–149.

5. Multi-drug resistance mediated by class 1 integrons in *Aeromonas* isolated from farmed fresh water animals / Y. Deng, Y. Wu, L. Jiang, A. Tan, R. Zhang, L. Luo // *Frontiers in Microbiology*. — 2016. — № 7. — P. 935–942.
6. Graf J. Symbiosis of *Aeromonas veronii* biovar *sobria* and *Hirudo medicinalis*, theme dicing alleech: a novel model for digestive tract associations / J. Graf // *Infect. Immun.* — 1999. — № 67. — P. 1–7.
7. Phylogenetic characterization of bacteria in the gut of house flies (*Musca domestica* L.) / A.K. Gupta, D. Nayduch, P. Verma et al. // *FEMS Microbiol. Ecol.* — 2012. — № 79. — P. 581–593.
8. Molecular identification and epizootiology of *Aeromonas veronii* infection among farmed *Oreochromis niloticus* in Eastern Province, KSA, Egypt / M.A. Hassan, E.A. Noureldin, M.A. Mahmoud, N.A. Fita // *J Aquat Res.* — 2017. — № 43. — P. 161–167.
9. Hoel S. Species distribution and prevalence of putative virulence factors in Mesophilic *Aeromonas* spp. isolated from fresh retail sushi / S. Hoel, O. Vadstein, A.N. Jakobsen // *Front. Microbiol.* — 2017. — № 8. — P. 1–11.
10. *Aeromonas veronii*, a New Ornithine Decarboxylase-Positive Species / F.W. Hickman-Brenner, K.L. MacDonald, A.G. Steigerwalt, G.R. Fanning, D.J. Brenner, J.J. Farmer // *Journal of clinical microbiology*. — 1987. — № 5. — P. 900–906.
11. Emerging *Aeromonas* species infections and their significance in public health / I.H. Igbinosa, E.U. Igumbor, F. Aghdasi, M. Tom, A.I. Okoh // *Sci.World J.* — 2012. — P. 1–13.
12. Parker J.L. *Aeromonas* spp. clinical microbiology and disease / J.L. Parker, J.G. Shaw // *J. Infect.* — 2011. — № 62. — P. 109–118.
13. The genus *Aeromonas*: A general approach / Rafael Bastos Gonçalves Pessoa, Wesley Felix de Oliveira, Diego Santa Clara Marques, Maria Tereza dos Santos Correia, Elba Verônica Matoso Maciel de Carvalho, Luana Cassandra Breitenbach Barroso Coelho // *Microbial Pathogenesis*. — 2019. — № 130. — P. 81–94.
14. Tomás J.M. The Main *Aeromonas* Pathogenic Factors / J.M. Tomás // *International Scholarly Research Network ISRN Microbiology*. — 2012. — 22 P.
15. Pathogenicity of Mexican isolates of *Aeromonas* sp. in immersion experimentally-infected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) / A.P. Zepeda-Velázquez, V. Vega-Sánchez, C. Ortega-Santana, M. Rubio-Godoy, D.M. de Oca-Mira, E. Soriano-Vargas // *Acta Trop.* — 2017. — № 169. — P. 122–124.

© Минаева Ангелина Николаевна (lina.minaeva.11@mail.ru), Ломакин Артём Андреевич (artemy.lomakin@yandex.ru),
Васильев Дмитрий Аркадьевич (dav_ul@mail.ru), Шестаков Андрей Геннадьевич (andrewschestakov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНОГО ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ ВИДОВ ЧЕРТОПОЛОХА КОЛЮЧЕГО (CARDUUS NUTANS) И БОДЯКА ОБЫКНОВЕННОГО (CIRSIIUM VULGARE) В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ

Осинкина Татьяна Владимировна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации»
osinkina12@mail.ru

STUDY OF THE MAIN PIGMENTAL COMPOSITION OF PLANTS OF THE SPECIES OF CARDUUS NUTANS AND CIRSIIUM VULGARE IN DIFFERENT VEGETATION PERIODS

T. Osinkina

Summary. The aim of this study is to analyze the content of pigments in the generative organs of herbaceous plants of the thistle thistle (*Carduus nutans*) and common thistle (*Cirsium vulgare*) species at different time intervals of the growing season. Methods for determination of pigments were performed by spectrophotometric method on a PEVI 5300 device with preliminary extraction of pigments and carotenoids in 90% ethanol; for lycopene, n-hexane, reagent grade was used. Based on this study, variations in pigment content have been recorded. The content of chlorophyll a in both plant species was the highest and averaged 2.5608 mg / l, and the maximum in the common thistle was 3.7060 mg / l — after flowering. The ratio of chlorophyll a / chlorophyll b is highest in thistle thistle — 2.31 and common thistle — 2.10 also after flowering. The average total content of carotenoids is the minimum value of 1.0225 mg / l, the highest in common thistle is 1.4120 mg / l after flowering.

The content of chlorophyll a, chlorophyll b, lycopene, and carotenoids turned out to be variable: with an increase in chlorophyll a and chlorophyll b in the flowering phase for both species and for common thistle after flowering. The predominance of the content of chlorophylls a and b over the content of carotenoids indicates the preservation of a high photosynthetic activity of plants.

Keywords: pigments; carotenoids; growing season; lycopene; photosynthetic processes; xenobiotics; chlorophyll a; chlorophyll b; free radicals, ecotope.

Аннотация. Целью данного исследования является анализ содержания пигментов в генеративных органах травянистых растений видов чертополоха колючий (*Carduus nutans*) и бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*) в разные временные интервалы периода вегетации. Методы определения пигментов производили спектрофотометрическим методом на приборе ПЭВИ 5300 с предварительной экстракцией пигментов и каротиноидов в 90% этаноле; для ликопина использовали n-гексан, хч. На основании данного исследования зафиксированы вариации в содержании пигментов. Содержание хлорофилла а у обоих видов растений было наибольшим и составило в среднем 2,5608 мг/л и максимально у бодяка обыкновенного 3,7060 мг/л — после цветения. Отношение хлорофилл а/хлорофилл b наибольшее у чертополоха колючего — 2,31 и бодяка обыкновенного — 2,10 также после цветения. Среднее суммарное содержание каротиноидов — минимальный показатель 1,0225 мг/л, наибольший в бодяке обыкновенном 1,4120 мг/л после цветения.

Содержание хлорофилла а, хлорофилла b, ликопина и каротиноидов оказалось переменным: с увеличением показателей хлорофилла а и хлорофилла b в фазу цветения для обоих видов и для бодяка обыкновенного — после цветения. Преобладание содержания хлорофиллов а и b над содержанием каротиноидов свидетельствует о сохранении высокой фотосинтетической активности растений.

Ключевые слова: пигменты; каротиноиды; период вегетации; ликопин; фотосинтетические процессы; ксенобиотики; хлорофилл а; хлорофилл b; свободные радикалы, экотоп.

Введение

Большинство биохимических реакций, протекающих в живых организмах, приводят к образованию некоторого количества свободных радикалов. В нормальных условиях свободные радикалы содержатся в клетках организма в небольшом количе-

стве [6, с. 54]. Но, если организм подвергается стрессу, ионизирующему облучению или влиянию ксенобиотиков, образование свободных радикалов усиливается. Процесс, как правило, происходит лавинообразно и приводит к значительному дисбалансу свободных радикалов в организме, что, в свою очередь, ведет к нарушениям функций различных систем, в том числе может

измениться путь формирования клетками генетического аппарата. В результате возможно нарушение процесса трансляции [4, с. 167]. Подобный сбой способен изменить структуру и функциональность клеточных белков, что приведет к нарушениям в синтезе других клеточных компонентов и дисбалансу целого каскада биохимических реакций, приводящее к сбоям в обмене веществ целого организма. Одним из механизмов, препятствующих указанным явлениям, является работа веществ, содержащих систему сопряженных электрононенасыщенных химических связей [1, с. 120], к подобным соединениям, в частности, относятся каротиноиды.

Материалы и методы

Объектом исследования выступили травянистые растения отдела покрытосеменные (*Angiospermae*), класса двудольные (*Dicotyledones*), виды — чертополох колючий (*Carduus nutans*) и бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*). Для определения пигментов и суммарного содержания каротиноидов отбирали нераскрывшиеся бутоны до фазы цветения, корзинки во время цветения и корзинки после цветения у обоих видов растений. Сбор сырья производили в сухую погоду, отбирались свежие неповрежденные с неизменённым цветом части соответствующих растений.

Определение пигментов производили методом спектрофотометрии на приборе ПЭВИ 5300 с экстракцией растительных каротиноидов в 90% этаноле; для определения ликопина использовали *n*-гексан, хч. Контролем для определения хлорофиллов и каротиноидов использовали 90% этанол, длина оптического пути составляла 10 мм; для определения ликопина — *n*-гексан, хч, длина оптического пути также составляла 10 мм.

Пробы растительного сырья отбирались во второй половине августа в дневное время: в фазу бутонизации, в период активного цветения растений и после цветения. Содержание индивидуальных веществ определяли с использованием трёхволнового метода, определяя оптическую плотность (D) вытяжек при 665, 649 и 440 нм (максимумы поглощения, соответственно, для хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в этиловом спирте).

Концентрацию (C), мг/л хлорофиллов *a* и *b* рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс (Wintermans, De Mots, 1965) для этилового спирта:

$$C_a = 13,70 * D_{665} - 5,76 * D_{649} \quad (1)$$

где C_a — концентрация хлорофилла *a* (мг/л), D_{665} и D_{649} — оптические плотности при длинах волн 665 и 649 нм, соответственно.

$$C_b = 25,80 * D_{649} - 7,60 * D_{665} \quad (2)$$

где C_b — концентрация хлорофилла *b* (мг/л), D_{649} и D_{665} — оптические плотности при длинах волн 649 и 665 нм, соответственно.

$$C_k = 4,7 * D_{440} - 0,27 * C_{(a+b)} \quad (3)$$

где C_k — концентрация каротиноидов (мг/л), D_{440} — оптическая плотность при длине волны 440 нм, соответственно; $C_{(a+b)}$ — суммарная концентрация хлорофилла *a* и хлорофилла *b* (мг/л).

Содержание пигмента ликопина устанавливали по формуле (Muratore et al, 2005), для гексановых фракций:

$$C_{lik} = 395 * D_{503} - 80,5 * D_{451} \quad (4)$$

где C_{lik} — концентрация ликопина (мг/л), E_{451} — оптическая плотность при длине волны 451 нм, соответственно; E_{503} — оптическая плотность при длине волны 503 нм, соответственно.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета MS Excel 2010 «Анализ данных» (Microsoft, USA).

Литературный обзор

Провитамин А (β -каротин) проявляет достаточно ярко выраженный антиоксидантный эффект [5, с. 298]. Рядом исследований показано, что он способствует снижению риска развития процессов неконтролируемого деления клеток, приводящее к развитию онкологических и ряда других заболеваний, возникающих в связи с повышенной экологической нагрузкой на организм [6, с. 55]. Как антиоксидант природного происхождения β -каротин защищает от канцерогенного воздействия высоко активных прооксидантов — реакционно способных форм кислорода и свободных радикалов, образующихся в процессе внутриклеточного дыхания в митохондриях и поступления в организм компонентов табачного дыма, загрязненного пылевыми выбросами и аэрозольными компонентами воздуха, пищи, содержащей предшественников свободных радикалов, неуправляемого перекисного окисления липидов при ослаблении антиоксидантной защитной системы организма [9, с. 103]. В настоящее время активно рассматривается и другой вероятный механизм антиканцерогенного действия β -каротина. Известно, что клетки постоянно обмениваются биохимическими сигналами через многочисленные межклеточные контакты, что обеспечивает особый коллективный характер их поведения. Показано, что β -каротин стимулирует образование устойчивых меж-

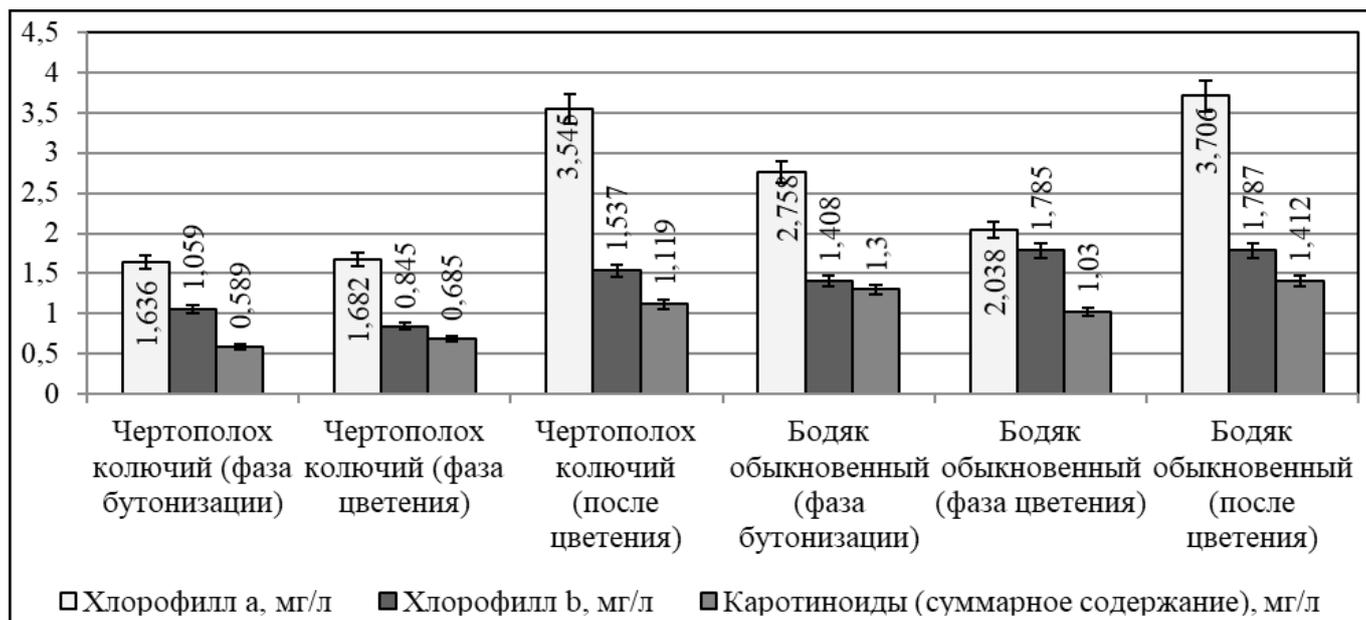


Рис. 1. Содержание пигментов в разные периоды вегетации, мг/г.

клеточных каналов, благодаря которым здоровые клетки посылают предопухолевым больше метаболических сигналов, регулирующих нормальную дифференцировку, рост и поведение, что удерживает предопухолевые клетки от перерождения их в ансамбли с нарушенной «программой» реализации наследственной информации. Активация β-каротином разнообразных щелевых контактов и метаболического контроля со стороны здоровых клеток может существенно исправить поведение иницированных клеток и заблокировать стадию активации канцерогенеза (т.е. стадию перерождения иницированной клетки в злокачественную) [9, с. 101].

Помимо β-каротина в организме растений присутствует ряд соединений, проявляющих активные антиоксидантные свойства, среди которых следует выделить ликопин (2,6,10,14,19,23,27,31-октаметилдотриаконтатридекаен-2,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,30) — пигмент, относящийся к группе каротиноидов, предшественник β-каротина.

Антиоксидантная активность ликопина в 2,5 раза выше таковой у β-каротина [2, с. 5]. Ликопин обеспечивает стабильность межклеточных взаимодействий, и, следовательно: питание клеток, очистка от шлаков и токсинов, энергетический и информационный обмен. Участвует в замедлении развития возрастных изменений сетчатки глаз, катаракты; проявляет сосудукрепляющие свойства [6, с. 56].

Выбор растений для определения содержания пигментов обусловлен, во-первых, немногочисленными

сведениями о химическом составе рассматриваемых видов. Известно, что в составе чертополоха колючего (*Carduus nutans*) выделены некоторые органические кислоты, дубильные вещества, сапонины, алкалоиды, в составе бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) присутствует астрагалин, аскорбиновая кислота, гиперин, дубильные вещества, эфирные масла. Для чертополоха колючего в народной медицины отмечены достаточно выраженные фармакологические эффекты, связанные с нормализацией работы мочеполовой системы, стабилизацией артериального давления, сосудосуживающим эффектом, нормализацией частоты сердечных сокращений [8, с. 4]. Применение растения сопровождается положительным эффектом при подагре, геморрое, циститах, ларингите, желтухе, ревматизме [2, с. 12].

Эффекты действия бодяка обыкновенного проявляются при спастических, кишечных, почечных и печеночных коликах, как потогонное средство. Проявляет бактерицидные, жаропонижающие, противовоспалительные свойства. Положительный эффект отмечается при использовании в качестве наружного противовоспалительного средства при фурункулезе, опухолях, ранах, абсцессах. Однако в официальной традиционной медицине оба вида растений остаются малоизученными [3, с. 2].

В связи с указанной ролью растительных пигментов для организма человека, цель работы — анализ содержания пигментов в генеративных органах травянистых растений, в разные временные интервалы периода вегетации.

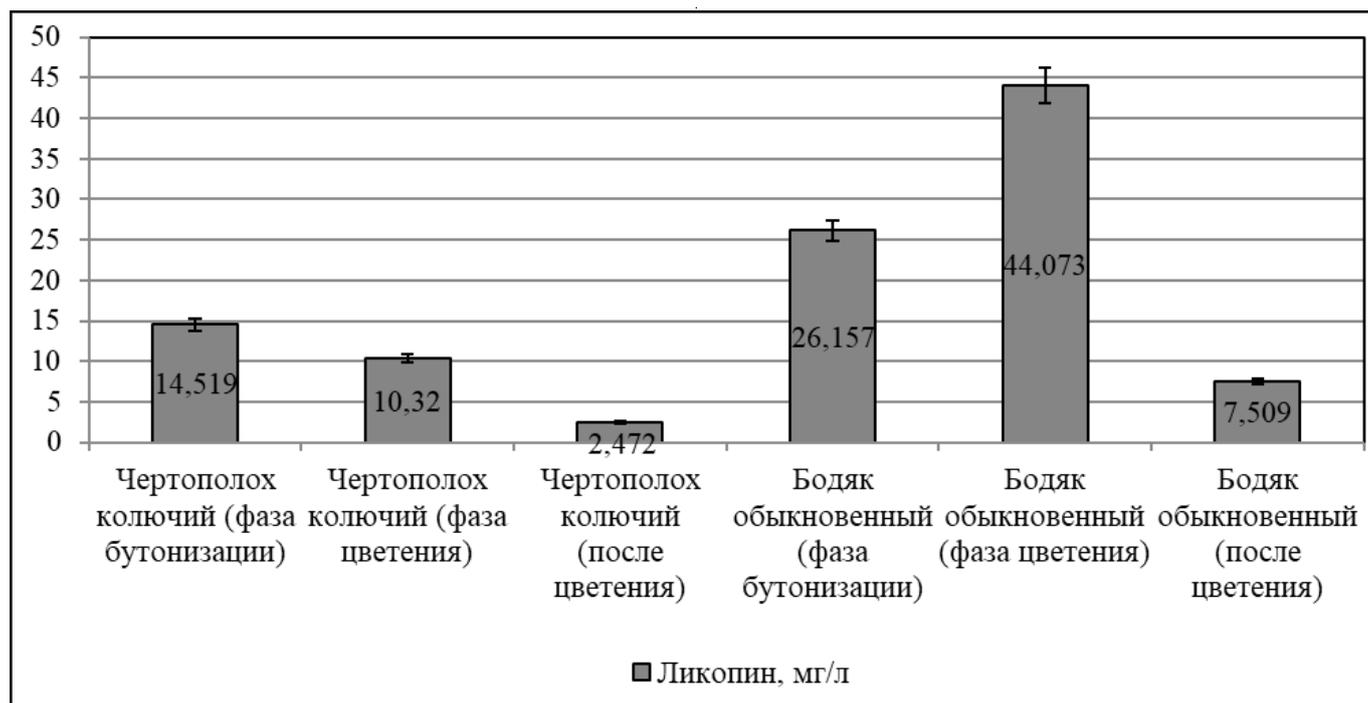


Рис. 2. Динамика содержания ликопина (мг/л) в чертополохе колючем (*Carduus nutans*) и бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*).

Помимо этого, значимым является факт анализа условий произрастания растений и подбор видов растений, обладающих достаточно высокими адаптивными свойствами и, следовательно, широкой распространённостью в большинстве экотопов. Это позволит более детально анализировать биохимические процессы растительного организма для прогнозирования существования в окружающей природной среде.

Результаты и обсуждение

Данные, полученные в ходе исследования (рис. 1 и рис. 2) свидетельствуют об активных

фотосинтетических процессах, протекающих в растениях как во время подготовки к цветению, так и в процессе цветения — все анализируемые пигменты были обнаружены. Однако фиксировались как внутривидовые, так и межвидовые вариации в содержании индивидуальных пигментов. Наибольшим оказалось содержание хлорофилла а во все рассматриваемые периоды у обоих видов растений и составило в среднем 2,5608 мг/л и максимальным было у бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) 3,7060 мг/л после цветения. Отношение хлорофилла а/хлорофилла b наибольшим зафиксировано у чертополоха колючего (*Carduus nutans*) 2,31 и бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) 2,10 также после цветения.

Среднее суммарное содержание каротиноидов в сравнении с содержанием хлорофиллов характеризовалось как минимальный показатель, составивший 1,0225 мг/л. Наибольшим содержание оказалось в бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*) 1,4120 мг/л после цветения. Ранее показано, что рост содержания каротиноидов в листьях люцерны, например, был сопряжен с аналогичным повышением концентрации хлорофиллов, что объясняется тем, что зеленые (хлорофилл а, хлорофилл b) и желтые пигменты (каротиноиды) в функциональном отношении представляют собой единую фотосинтетическую систему [7, с. 115].

Преобладание содержания хлорофиллов а и b над содержанием каротиноидов свидетельствует о сохранении достаточно высокой фотосинтетической активности растений, как в период цветения, так и после данного периода.

Содержание ликопина — предшественника β-каротина также варьировало с наибольшим содержанием в бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*) в фазу цветения 44,0730 мг/л. Повышение концентрации ликопина в 1,7 раза во время цветения по сравнению с периодом до цветения, связано, по-видимому, со снижением влажности воздуха и почвы: в данный период времени выпадало менее 1 мм осадков. Следовательно, для растения в период цветения сложившиеся условия явились, по-видимому, стрессовыми, что повлекло

за собой переключение на вспомогательные метаболические реакции и усиленный синтез дополнительных светособирающих и антиоксидантных соединений, одним из которых выступает ликопин [4, с. 168]. После цветения содержание ликопина резко снизилось в 5,9 раза, показатель хлорофилла а возрос в 1,76 раз. Сходная динамика с увеличением содержания хлорофилла а после цветения и снижением показателя ликопина отмечена и для чертополоха колючего (*Carduus nutans*). Данное явление в целом подтверждает переключение механизмов биохимической активности растительного организма в зависимости от условий среды, интенсивности потребления кислорода, органических веществ, влажности воздуха и почвы, температурного режима воздуха, а также в зависимости от стадии развития и состояния экотопа его обитания.

Заключение

На основании полученных результатов, таким образом, следует сформулировать выводы:

1. Во всех образцах исследованных видов растений установлено содержание пигментов;
2. Содержание хлорофилла а, хлорофилла b, ликопина и суммарного содержания каротиноидов характеризовалось достаточной вариабельностью с увеличением значений показателей в фазу цветения и для бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) после цветения;
3. Исследования особенностей накопления и динамики основных пигментов в тканях растений в летне-осенний период позволят определить степень воздействия факторов среды их обитания на растительные организмы и использовать полученные данные для дальнейших биомониторинговых исследований при анализе влияния природных факторов и антропогенного воздействия;
4. Результаты количественного содержания пигментов в растениях могут быть использованы для выявления видов растений как дополнительных источников биологически активных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аганина Ю.Е. Изменчивость содержания фотосинтетических пигментов хвои у сосны с разной формой апофиза семенных чешуй в условиях постоянного избыточного увлажнения // Известия Самарского научного центра РАН. — 2018. — т. 20. — № 5. — С. 118–126.
2. Анализ количественного содержания каротиноидов в растительном сырье — Государственный научный центр лекарственных средств, г. Харьков — [Электронный ресурс] — <http://provisor.com.ua/archive/1999/N6/karot.php>
3. Бодяк обыкновенный — [Электронный ресурс] <https://herbana.world/plant/bodyakobyknovennyj.html>
4. Гарифзянов А.Р., Горелова С.В., Иванищев В.В., Музафаров Е.Н. Сравнительный анализ активности компонентов антиоксидантной системы древесных растений в условиях техногенного стресса // Известия ТГУ. — Естественные науки. — 2009. — вып. 1. — С. 166–178.
5. Маслова Т.Г. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) // Общая биология: серия «Ботаника, физиология». — 2020. — том 81. — № 4. — С. 297–310.
6. Павлюченко И.И. Биохимические аспекты изучения β-каротина («Каролина») // Успехи современного естествознания. — 2009. — № 2. — С. 54–56.
7. Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф. Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений. — Л.: Наука, 1989. — с. 115–139.
8. Чертополох: полезные свойства и противопоказания. Лечебные свойства чертополоха — [Электронный ресурс] — <https://fb.ru/article/185923/chertopoloh-poleznye-svoystva-i-protivopokazaniya-lechebnyie-svoystva-chertopoloha>
9. Ших Е.В. Клинико-фармакологическое обоснование применения витаминов-антиоксидантов в комплексной терапии заболеваний молочной железы // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2008. — т. 7. — № 2. — С. 94–104.

© Осинкина Татьяна Владимировна (osinkina12@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХАРАКТЕРИСТИКА ЧАСТИЧНО ОЧИЩЕННОЙ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ КИСЛОЙ ПРОТЕАЗЫ ГРИБА ASPERGILLUS FLAVUS BDU-44

Сафарова Айтен Ханлар кызы

Докторант, Университет Одлар Юрду
ayten.84.safarova@gmail.com

Ганбаров Худаверди Ганбар оглы

Д.б.н., профессор, Бакинский Государственный
Университет
khuda1949@mail.ru

CHARACTERISTICS OF A PARTIALLY PURIFIED ACID PROTEASE OF THE ASPERGILLUS FLAVUS BDU-44

**Safarova Ayten Khanlar
Ganbarov Khudaverdi Ganbar**

Summary. A crude enzyme preparation was obtained from the *Aspergillus flavus* BDU-44 by precipitation with acetone, ethanol and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. In all cases, the activity of acidic protease (pH 5.5) was 1.4–1.5 times higher than the activity of neutral and alkaline proteases. Studied the properties of acidic protease. It has been shown that the maximum activity of the acidic protease of the *Aspergillus flavus* BDU-44 is manifested at 60°C and the enzyme retains its activity at 50–60°C for 3 hours. The optimum acidity of the medium for the manifestation of the maximum activity of the enzyme is pH 4.5, and the greatest stability of the enzyme is observed at pH 4.0–5.0.

Keywords: *Aspergillus flavus*, acid protease, temperature and pH optima, thermal and acid resistance.

Аннотация. Из культуральной жидкости *Aspergillus flavus* BDU-44 был получен сырой ферментный препарат путем осаждения с ацетоном, этанолом и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Во всех случаях активность кислой протеазы (pH 5.5) была в 1.4–1.5 раза больше активности нейтральной и щелочной протеаз. Были изучены свойства кислой протеазы. Показано, что максимальная активность кислой протеазы гриба *Aspergillus flavus* BDU-44 проявляется при 60°C и сохраняет свою активность при 50–60°C в течение 3 часов. Оптимальная кислотность среды для проявления максимальной активности фермента является pH 4.5, а наибольшая устойчивость фермента наблюдается при pH 4.0–5.0.

Ключевые слова: *Aspergillus flavus*, кислая протеаза, температурный и pH оптимумы, термоустойчивость и кислотоустойчивость.

Введение

В настоящее время протеолитические ферменты широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. Они используются как пищевая добавка для размягчения мяса и получения гидролизатов отходов мясной промышленности (5), как компонент моющих средств для устранения загрязнений белковой природы (16), в качестве компонентов лекарств для предотвращения образования нежелательных белков (10). В этих целях протеазы по-

лучают из микроорганизмов, в частности, грибов рода *Aspergillus*. Протеолитические ферменты изучались, главным образом у *Aspergillus awamori* (15), *A. flavus* (14), *A. fumigatus* (22), *A. nidulans* (6), *A. niger* (8), *A. ochraceus* и *A. terreus* (7; 17).

Ключевым технологическим этапом получения ферментов, в том числе протеаз является их очистка. В практических целях используются как очищенные (индивидуальные), так и частично очищенные (сырые) протеазы (12; 13; 19).

Таблица 1. Активность протеаз гриба *Aspergillus flavus* BDU-44 до и после осаждения из культуральной жидкости

Протеазы	Активность, ед/мг белка			
	До осаждения	После осаждения		
		Ацетоном	Этанолом	C (NH ₄) ₂ SO ₄
Кислая рН 2.5	54 ± 1,2	98 ± 4,2	38 ± 1,6	122 ± 8,2
Кислая рН 5.5	86 ± 3,3	136 ± 5,6	68 ± 2,0	198 ± 9,4
Нейтральная рН 7.2	43 ± 2,1	68 ± 3,2	38 ± 1,5	78 ± 3,3
Щелочная рН 9.5	56 ± 2,4	96 ± 4,3	52 ± 1,1	103 ± 4,5

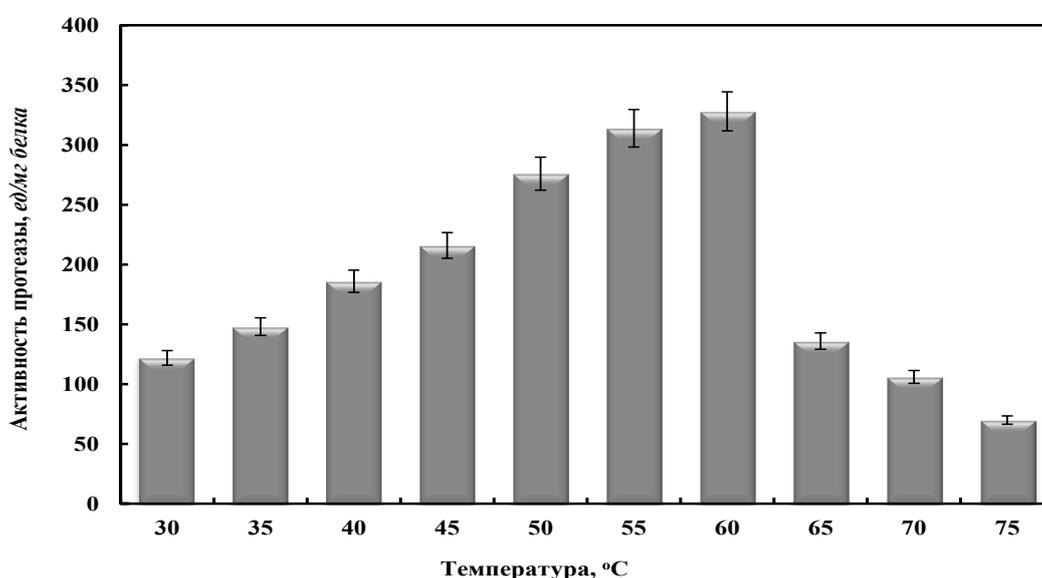


Рис. 1. Влияние температуры на активность кислой протеазы рН5.5

В предыдущих работах нами исследована протеолитическая активность грибов рода *Aspergillus* (1) и изучено условие биосинтеза протеаз у гриба *A. flavus* BDU-44 (4).

Настоящая работа посвящена к изучению характеристики частично очищенной внеклеточной кислой протеазы, полученный из гриба *Aspergillus flavus* BDU-44.

Материалы и методы

Для получения внеклеточных протеаз гриб *Aspergillus flavus* BDU-44 выращивали на жидкой среде следующего состава (%): сахароза- 3; пептон-0,5; NaCl-0,2; MgSO₄-0,5; KH₂PO₄-0,05 и инкубировали при

30°C в течении 48 часов. Затем биомассу отделяли фильтрованием, а культуральную жидкость центрифугировали при 10000 об/30 мин и надосадочную жидкость (фильтрат) использовали как ферментный раствор.

Частичную очистку (от углеводов и других смесей небелковой природы) протеаз осуществляли путём осаждения из культуральной жидкости. Использовали как органические (ацетон и этанол), так и неорганический ((NH₄)₂SO₄) осадители. Фильтрат (ферментный раствор) смешивали с ацетоном в соотношении 1:3 (v/v) с этанолом в соотношении 1:2 (v/v) и с 90%- ным раствором (NH₄)₂ SO₄ в соотношении 1:1 (v/v) при температуре осадителей не более 8°C. Осадок отделяли центрифугированием при 10000 об/30 мин, высушивали при 40–42°C и использовали в качестве ферментного препарата. Препарат растворяли в 0,05 М цитратном буфере

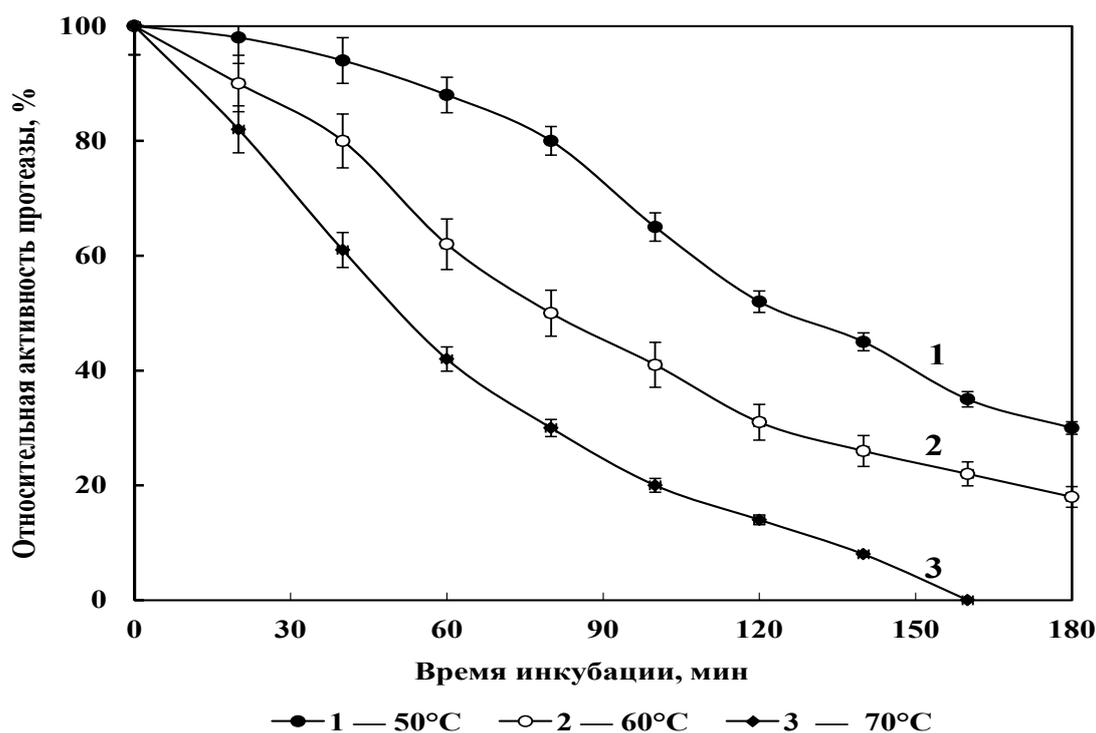


Рис. 2. Термостойкость кислой протеазы

(рН 2,5 и 5,5) и в 0,05 М фосфатном буфере (рН 7,2 и 9,5) содержащем 0,1 М NaCl.

Активность протеаз определяли спектрофотометрически по методу Ансона в модификации (2). В качестве субстрата фермента использовали 2% раствор казеината натрия. Ферментный раствор (1мл) помещали в водяной термостат при 37°C на 10–15 мин. Затем добавляли 1мл раствора субстрата (1%) перемешивали и инкубировали при 30°C на 1 мин. Реакцию останавливали добавлением равного объема 10%-ный раствор трихлоруксусной кислоты (ТХУК). Контрольный опыт готовили также, только перед внесением раствора субстрата к реакционной смеси добавляли 10%-ный раствор ТХУК. Растворы фильтровали и в фильтрате спектрофотометрически определяли количество неосажденных ТХУК кислотой продукта реакции (тирозина).

За единицу активности принимали такое количество фермента, которое за 1 мин при 37°C превращает казеинат натрия в неосаждаемое трихлоруксусной кислотой состояние в количестве (0,181мг), соответствующий 1мкмоль тирозина (продукта реакции) и выражали в мкмоль/мин/ мг белка (ед/мг белка).

Содержание белка в культуральной жидкости и растворе фермента определяли спектрофотометрически при длине волны 280 нм (23).

Все опыты проводились в 4-х повторениях и статистически обработаны (3).

Результаты и обсуждение

Для получения частично очищенной протеазы культуральную жидкость гриба *Aspergillus flavus* BDU-44 осаждали различными осадителями и измеряли активность кислых (рН 2.5 и рН 5.5), нейтральной (рН 7.2) и щелочной (рН 9.5) протеаз. Полученные данные представлены в табл. 1. Показано, что активность кислой протеазы рН5.5 в культуральной жидкости было в 1.6; 2.0 и 1.4 раза больше, соответственно, активности кислой (рН2.5), нейтральной (рН7.2) и щелочной (рН 9.5) протеаз.

После осаждения протеаз из культуральной жидкости гриба *A. flavus* BDU-44 ацетоном, активность кислых протеаз рН 2.5 и рН 5.5 увеличилась, в 1.8 и 1.6 раза, а активность нейтральной и щелочной протеаз в 1.5 и 1.7 раза, соответственно.

Осаждение с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ приводило к увеличению активности кислых протеаз в 2.3 раза, а нейтральной и щелочной протеаз в 1.8 раза. Однако, осаждение с этанолом приводило к снижению активности всех протеаз в 1.1–1.4 раза. Следовательно, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ является лучшим осадителем протеаз из культуральной жидкости гриба *Aspergillus flavus* BDU-44.

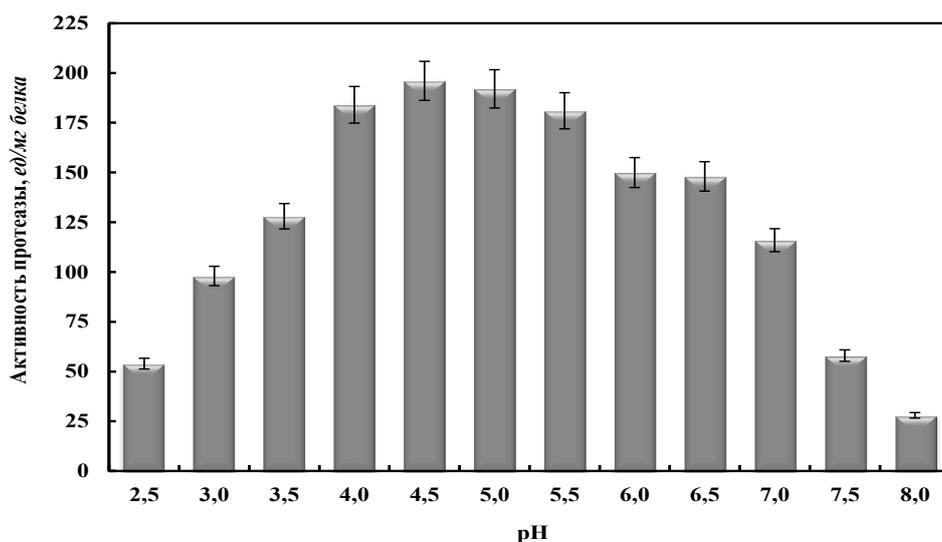


Рис. 3. Влияние кислотности (pH) среды на активность кислой протеазы

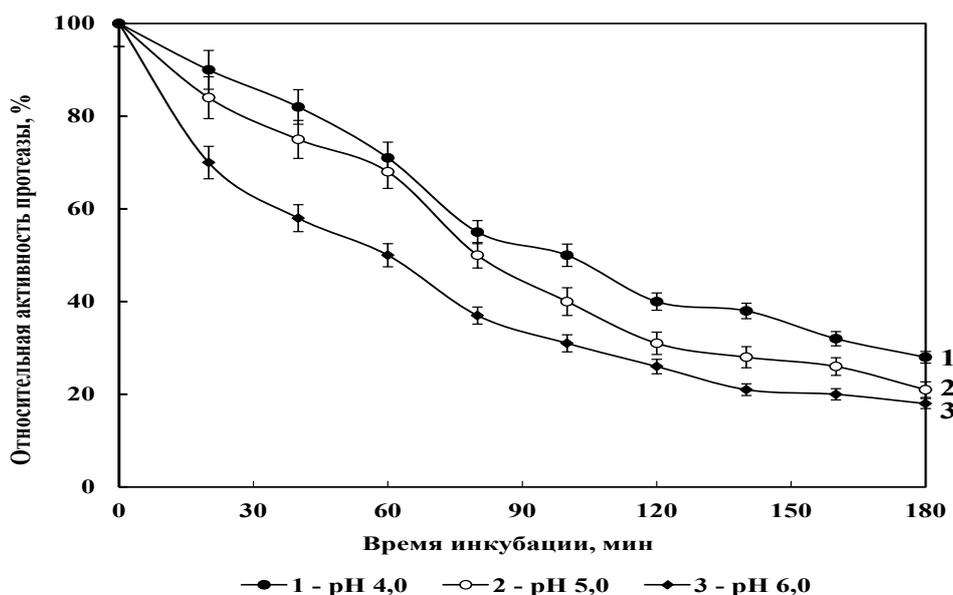


Рис. 4. pH стабильность кислой протеазы

Следует отметить, что во всех случаях активность кислой протеазы pH5.5 была в 1.4–1.5 раза больше активности нейтральной и щелочной протеаз. Поэтому в дальнейших исследованиях изучали свойства кислой протеазы pH5.5.

Изучение влияния температуры на активность кислой протеазы показало, что по мере увеличения температуры до 60°C активность фермента постепенно увеличивается и достигает максимума, после чего наблюдается резкое понижение активности. Высокая ак-

тивность фермента наблюдалась в диапазоне температур 50–60°C, а максимум активности — при 60°C (Рис. 1).

Термоустойчивость фермента изучалась при 50, 60 и 70°C. При 50°C в течение 1 часа активность фермента существенно не изменилась и понижение активности составляло 12%. Тогда как, при 60 и 70°C уменьшение активности составляло 38 и 58%, соответственно. Через 3 часа инкубации при 50 и 60°C сохранилась 30 и 18% активности фермента, соответственно, а при 70°C активность фермента полностью подавлялась (Рис. 2).

Следует отметить, что подобные исследования проводились с кислой протеазой, полученной из различных видов рода *Aspergillus*, у которых оптимальная температура активности фермента была ниже показателей кислой протеазы гриба *Aspergillus flavus* BDU-44. Например, у кислой протеазы гриба *Aspergillus oryzae* MTCC5341 максимальная активность наблюдалась при 45°C, а стабильность сохранялась при 40–55°C (11; 21). Оптимальная температура активности кислой протеазы гриба *A. hennebergii* HX08 была 50°C. Фермент был стабилен в диапазоне температур 30–50°C (9). Кислая протеаза из гриба *A. niger* BCRC32720 сохраняла свою термостабильность при 20–40°C (24), а из грибов *A. niger* 11- при 30–40°C (14), и *A. clavatus*- при 45–55°C (20).

Изучение влияния кислотности среды на активность кислой протеазы гриба *Aspergillus flavus* BDU-44 показало, что высокая активность фермента проявляется в диапазоне pH 4.0–5.5, а максимальная активность — при pH 4.5 (Рис. 3). По мере уменьшения кислотности среды активность фермента постепенно снижается

и при pH 8,0 активность уменьшается в 7 раз, по сравнению с оптимальной (pH4.5).

Наибольшая устойчивость фермента наблюдалась при pH 4.0–5.0. Так, после 3 часов инкубации фермента при pH 4.0; 5.0 и 6.0 активность протеазы понизилась в 3.4; 4.8 и 5.6 раз, соответственно (Рис. 4). Полученные нами данные по оптимальной кислотности и pH стабильности кислой протеазы совпадают с данными кислой протеазы гриба *Aspergillus hennebergii* HX08(9). Однако, кислые протеазы некоторых грибов, например, гриба *A. niger* 11, *A. oryzae* MTCC 5341 (21) и *A. niger* BCRC3372 (24) имели оптимум активности в более кислых условиях (pH 2.5–4.0).

Таким образом, показано, что максимальная активность кислой протеазы гриба *Aspergillus flavus* BDU-44 проявляется при 60°C и фермент сохраняет свою активность при 50–60°C в течение 3 часов. Оптимальная кислотность среды для проявления максимальной активности фермента является pH4.5. Наибольшая устойчивость фермента наблюдается при pH 4.0–5.0.

ЛИТЕРАТУРА

- Calkins C., Sullivan G. Adding enzymes to improve beef tenderness, Beef facts // Product Enhance, 2007, P.1–6. <http://www.beefresureh.org/bactsheetst.aspx>.
- Charles P., Devanathan V., Anbu P., Ponmaswamy M., Kalaichelvan P., Hur B. Purification, characterization and crystallization of an extracellular alkaline protease from *Aspergillus nidulans* // Basic Microbiol, 2008, 48(5), P. 347–352.
- Chellapandii P. Production and preliminary characterization of alkaline protease from *Aspergillus flavus* and *A. terreus* // Eur. J. Chemistry, 2010, 7(2), P.479–482
- Gananadoss J., Robert R., Jebopriya G. Production of protease from *Aspergillus niger* and *Mucor mucedo* under submerged and solid state fermentation // Int.J. Curr. Res, 2011, 3(10), P. 75–78.
- Kalaskar V., Narayanan K., Subrahmanyam V., Rao V. Partial characterization and therapeutic application of protease from a fungal species // Indian Drugs, 2012, 49(10), P. 42–46
- Mukhtaz H., Haq L. Production of acid protease by *Aspergillus niger* using solid state fermentation // Pakistan J. Zool, 2009, 41(4), P. 253–260.
- Watson D., Feng X., Askew D., Jambunathan K., Kodakala K., Golande A. Specificity profiling of the *Aspergillus fumigatus* proteolytic secretome reveals consensus motifs // PLoS one, 2011, 6(6), P. 1–5.
- Withakker F.R., Granum P.E., An absolute method for protein determination based on differences in absorbance at 235 and 260 nm // Analytical Biochemistry, 1980, 109, P. 156–159.
- Плохинский И.А. Биометрия. Москва. 1998. 150 с.
- Ганбаров Х.Г., Сафарова А.Х., Шафиева С.М. Протеолитическая активность грибов рода *Aspergillus*, выделенных из почв Азербайджана // Известия Уфимского научного центра РАН, 2018, 3(1), С. 80–84
- Дудка И.А., Васеев С.П., Элланская И.А., Ковал Е.З. и др. Методы экспериментальной микологии. Киев: Науково Думка, 1982, 550с
- Сафарова А.Х. Условия биосинтеза кистых протеаз у *Aspergillus flavus* // Advances in Biology and Earth sciences, 2020, 5(2), P.160–166.
- Munawar T., Swamy A., Varadacharyulu N. Production, purification and characterization of alkaline protease from *Aspergillus niger* by using agroindustrial wastes under solid state fermentation // Int.J. Adv.Res, 2014, 2(5), P. 931–938.
- Muthalakshimi C, Gomathi D, Kumar D, Ravikumar G, Kalaiselvi M, Uma C. Production, purification and characterization of protease by *Aspergillus flavus* under solid state fermentation // Jourdan J. Biol.Sci, 2011, vol.4, n3, P. 137–148
- Negi S., Gupta S., Banerjee R. Extraction and purification of glucoamylase and protease produced by *Aspergillus awamori* in a single-stage aeration // Food Technol.Biotechnol, 2011, 49(1), P. 310–315
- Niyonzima F., More S. Purification and characterization of detergent-compatible protease from *Aspergillus terreus* // Jour. Biotech, 2014. doi:10.1007/s13205-014-0200-6
- Osman M.E., Khattab O., Elsaba J. *Aspergillus terreus* proteases characterization and applications // Jour. Chem. Bio. Rhy. Sci. B. Biological Sci., 2014, 4(3), P. 2333–2346
- Rebecca L., Sharmila S., Das M., Samuel F. Production and analysis of protease from *Aspergillus niger* using fish scales as substrate // Jour. Chem. Pharm. Res., 2012, 4(10), P. 4597–4600

19. Vishwanatha K., Appu Rao A., Annapurina Singh S. Characterisation of acid protease expressed from *Aspergillus oryzae* MTCC5341 // *Food Chemistry*, 2009, 114, P. 402–407.
20. Huang Y., Wang Y., Xu Y. Purification and characterization of an acid protease from the *Aspergillus henebergii* HX08 and its potential in traditional fermentation // *Jour. Inst. Brew.*, 2017, 123, P. 432–441.
21. Lee S., Hüang J., Seung M. Purification and characterization of *Aspergillus oryzae* LK-101 salt tolerant acid protease isolated from soybean paste // *Food Sci. Technol.*, 2010, 19, P. 327–334.
22. Yin L., Hsu T., Jiang S. Characterization of acidic protease from *Aspergillus niger* BCRC32720 // *Jour. Agric. Chem.*, 2013, 61, P. 662–666.
23. Si K., Joo Y., Seung H., Sang M. Purification and characterization of *Aspergillus oryzae* LK101 salt-tolerant acid-protease isolated from soybean paste // *Food Sci. Biotechnol.*, 2010, 19(2), P. 327–334.
24. Talita A., Sampaio S., Adriana K. Purification and some properties of an extracellular acid protease from *Aspergillus clavatus* // *World Jour. Microbiol. Biotechnol.*, 2011, 27, P. 2491–2497.

© Сафарова Айтен Ханлар кызы (ayten.84.safarova@gmail.com), Ганбаров Худаверди Ганбар оглы (khuda1949@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Бакинский государственный университет

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ КУБАНИ

AGROCHEMICAL PROPERTIES OF KUBAN CHERNOZEM

A. Teuchezh

Summary. The main purpose of the work is to carry out a comprehensive ecological assessment of the state of the soil cover of natural and anthropogenic landscapes of the Crimean region. Since the main component of soil fertility is humus, studies were carried out to determine the content of humus in the soils of the study area. The content of various forms of nitrogen was determined in the soils of the region. The results of an agrochemical survey of the district's land in various zones are discussed: natural, agrozone, urban zone.

Keywords: landscapes, nitrate nitrogen, humus, soil fertility, natural systems.

Теучеж Аминет Аслановна

Доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар
aminet.aslanovna@mail.ru

Аннотация. Основной целью работы является выполнение комплексной экологической оценки состояния почвенного покрова природных и антропогенных ландшафтов Крымского района. Так как основным составляющим плодородия почв является гумус, проводились исследования по определению содержания гумуса в почвах района исследований. В почвах района определялись содержание различных форм азота. Обсуждаются результаты агрохимического обследования земельных угодий района по различным зонам: природная, агрозона, урбозона.

Ключевые слова: ландшафты, нитратный азот, гумус, плодородие почв, природные системы.

Введение

Краснодарский край является аграрной зоной с интенсивной сельскохозяйственной нагрузкой. Гумус и содержание в почве азота, фосфора и калия являются, основными составляющими плодородия. В последнее время, несмотря на применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, в районе исследований снижается плодородие почвы, складывается отрицательный по органике и балансу азота, выщелачивание питательных веществ усиливается [1].

В современных условиях химическое воздействие человеческой деятельности на биосферу приобретает глобальный характер. В Крымском районе интенсивно развивается промышленность, сельскохозяйственное производство, растет количество транспорта, происходит рост численности населения, это все, ведет к чрезмерному потреблению природных ресурсов и обостряются экологические проблемы в районе [7, 10].

Антропогенная нагрузка на природные экосистемы района исследований, в последнее время сильно

возрастает, нерационально используются природные ресурсы, природоохранные мероприятия не выполняются — это приводит к нарушению экологического равновесия в окружающей природной среде, к деградации разных экологических систем, что негативно влияет на здоровье местного населения [5]. Собственно эти факты и обусловили необходимость фоновой оценки экологической ситуации Крымского района и разработка на ее основе мероприятий по снижению антропогенного воздействия на почвенный покров. С целью оценки экологического состояния естественных и агроландшафтных систем были проведены обследования почв различных ландшафтов в рамках выделенной территории [3, 4].

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследований нами выбраны почвенные системы Крымского района Краснодарского края. В Крымском районе было заложено 63 точки отбора проб и отобрано 69 почвенных образцов; пробы пахотного слоя почв отбирались с шагом 5 км. Был заложен также почвенный разрез на глубину 120 см с послойным через каждые 20 см отбором образцов.

Все химические анализы почвы проводились в аккредитованных лабораториях НИИ прикладной и экспериментальной экологии КубГАУ.

Отбор проб почвы для всех анализов проводился в соответствии с требованиями к отбору проб почв при общих и локальных загрязнениях, изложенными в ГОСТ 17.4.3.01–83, ГОСТ 17.4.4.2–84, ГОСТ 28168–89, а также в «Методических указаниях по агрохимическому обследованию почв сельскохозяйственных угодий». Валовое содержание азота, фосфора и калия, Метод Мещерякова-Смита. ГОСТ 8.147–81 (СТ СЭВ 1052–78).

Полученные результаты и их обсуждение

Гумусовый потенциал почв — это главный показатель их плодородия и трансформации загрязняющих веществ. Сравнение результатов исследований почв территории района, на количественное содержание гумуса показало, что почвы территории исследований относятся к малогумусным и среднегумусным [6]. Наибольшее содержание органики отмечено в почвах в окрестностях МТФ — 4,01%, в плавнях — 4,81%, в горах и в лесах — 4,88%, по окраинам станиц от 6,19 до 6,61% на тяжелых глинах и суглинках, где превалирует илистая фракция.

В почвенных образцах аграрной зоны низкое содержание органики; если сравнивать с природными ландшафтами сельскохозяйственные земли на 20% ниже в них органики. Самыми низкими показателями минимальных и максимальных значений выделяется также аграрная зона по содержанию гумуса в почвах.

В почвах естественных травяных угодий отмечена, широкая вариация в содержании гумуса от 1,93 до 5,46%. На окультуренных почвах, особенно на полях в севообороте однолетних культур, отмечено очень низкое содержание гумуса до 1,60%. Очень мало органики и на полях с люцерной до 1,6%. В остальных пунктах содержание органики варьирует в пределах 2,21–3,95%. В почвенном разрезе в пахотном слое в природной системе содержание гумуса составило 2,65% и с глубиной постепенно уменьшалось до 0,31% (100–120 см).

Сравнивая содержание показателей гумуса в рамках отдельных ландшафтов, необходимо подчеркнуть, что биогенные ландшафты выделяются наибольшим накоплением органики 4,3%, несколько ниже органики в почвах городских скверов 3,8% и техногенных не мелиорируемых ландшафта 3,4%. Самый низкий уровень органики характерен мелиорируемых техногенным ландшафтом 2,9% и техногенным ландшафтам с многолетним севооборотом 2,9%.

Основным элементом, определяющим высоту урожая сельскохозяйственных культур, выступает азот. Запасы газообразного азота находящейся в воздухе недоступны растениям, а из многих соединений азота, которые встречаются в почве, они для своего питания используют минеральные формы этого элемента [8].

Формы минерального азота в почвах Крымского района определялись в основном в агроландшафтах. Анализ результатов исследований показал, что обе формы азота аммиачная и нитратная содержатся в почвах района в малых количествах. На полях овощного севооборота, в садах и виноградниках наблюдается повышенное содержание аммиачных форм азота; в остальных точках его доля варьировала относительно мало — от 1,34 до 2,46 мг/100 г.

Количество валового азота в почвах района исследований коррелирует с содержанием гумуса и варьирует в пределах от 0,087 до 0,219%. Азот содержится больше в верхних горизонтах, не обрабатываемых почв.

Нитратный азот также концентрируется в почвах района в малых количествах от 1,7 до 12,3 мг/кг при ПДК 130 мг/кг. Образование нитратов зависит от влажности почвы и всегда сильнее идет при содержании в почве влаги около 16% на почвах тяжелого типа и сильно задерживается, когда содержание влаги уменьшается до 10%. На тяжелых суглинистых почвах орошение понижает количество нитратов. Содержание нитратов сильно зависит от влажности, температуры и реакции почвы. Резко выраженный окислительный процесс перевода аммиака в нитраты может протекать лишь при условии достаточной обеспеченности кислородом [9].

Наибольшее количество нитратов наблюдается на овощном поле 12,3% мг/кг на тяжелой глине с щелочной реакцией и на глине легкой в молодом винограднике 9,6 мг/кг.

В остальных местах содержание нитратов в основном колебалось в пределах 1,4–2,7 мг/кг. Содержание нитратов сильно меняется в зависимости от времени года. Содержание нитратного азота в почвах различных ландшафтов в летний период невысокое и колеблется от 0,14 до 0,2%

В почвах биогенных ландшафтов, азота содержится наибольшее количество — в среднем 0,22%. Почвы биогенных ландшафтов выделяются широким диапазоном колебания долевого участия нитратного азота от 0,11 до 0,32%. Большим разрывом между минимальными и максимальными показателями выделяются урботерритории от 0,08 до 0,36%, наименьшим разрывом ми-

нимума и максимума в содержании нитратного азота выделяется техногенный мелиорируемый ландшафт 0,09–0,20%.

Заключение

Из анализа полученных данных состояния ландшафтных систем Крымского района, можно сказать,

что почвы территории исследований относятся к малогумусным и среднегумусным. Анализ результатов исследований показал, что обе формы азота аммиачная и нитратная содержатся в почвах района в малых количествах. Повышенное содержание аммиачных форм азота наблюдается на полях овощного севооборота. Содержание нитратов сильно меняется в зависимости от времени года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко Д.А. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / Д.А. Антоненко, И.С. Белюченко, В.Н. Гукалов и др. — Краснодар. — Изд-во КубГАУ, 2015. — 180 с.
2. Белюченко И.С. Динамика органического вещества и проблемы его трансформации в почвах агроландшафта степной зоны края / И.С. Белюченко, В.Н. Гукалов, О.А. Мельник // Экологический Вестник Сев. Кавказа. — 2007. — Т. 3. — № 1. — С. 5–17.
3. Белюченко И.С. Экологические основы функционирования смешанных посевов в агроландшафтах Кубани [Электронные ресурсы] / И.С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 101. — С. 522–551.
4. Белюченко И.С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта: монография/И.С. Белюченко. — Краснодар, 2016—262 с.
5. Белюченко И.С. Особенности развития совмещенных посевов в системе агроландшафта: монография / И.С. Белюченко. — Краснодар. — Изд-во КубГАУ. — 2017. — 349 с.
6. Теучеж А.А. Изучение роли подвижного фосфора в системе почва — удобрения — урожай [Электронные ресурсы] / А.А. Теучеж // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — Краснодар: КубГАУ. — 2017. — № 127 (03). С. 905–917.
7. Теучеж А.А. Содержание фосфора в различных сельскохозяйственных культурах / А.А. Теучеж // Тр. КубГАУ. — 2017. — Вып. 1 — (64). С. 139–147.
8. Теучеж А.А. Влияние рельефа на физические и химические свойства верхнего слоя чернозема обыкновенного / А.А. Теучеж // Экол. Вестник Сев. Кавказа. 2017. — Т. 13. — № 1. — С. 88–93.
9. Теучеж А.А. Динамика фосфора в системе агроландшафта: на примере изучения агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края / А.А. Теучеж. // дис. канд. биол. наук. — Краснодар, 2007. — 121 с.
10. Шеуджен А.Х. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, В.В. Прокопенко — Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. — 404 с.
11. Шеуджен А.Х. Агробиогeoхимия чернозема: монография / А.Х. Шеуджен — Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2018. — 308 с.

© Теучеж Аминет Аслановна (aminet.aslanovna@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БАКТЕРИЙ ВИДА *P. MULTOCIDA*

Хайсанова Владислава Сергеевна

Аспирант, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
vlada240535@mail.ru

Васильев Дмитрий Аркадьевич

Д.б.н, профессор, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
dav_ul@mail.ru

Межиева Зарина Хамзатовна

К.вет.н., Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов
bazillab@mail.ru

Шморгун Борис Игоревич

К.вет.н., Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов

STUDY OF BIOLOGICAL PROPERTIES OF *P. MULTOCIDA* BACTERIA

**V. Khaysanova
D. Vasiliev
Z. Mezhieva
B. Schmorgun**

Summary. The article is devoted to the study of the cultural, tinctorial and biochemical properties of the museum strain *P. multocida* 656, for further work with it. As a result of studying the biochemical properties, we concluded that the studied strains do not form hydrogen sulfide, give a negative Voges-Proskauer reaction, lysine decarboxylase, do not dilute gelatin, do not show hemolysis on blood agar. They have the ability to ferment sugars such as glucose, sucrose, mannitol, galactose, fructose. They show positive results on tests: ornithine decarboxylase, indole, nitrates.

Keywords: *P. multocida*, *Pasteurella*, identification, tinctorial, biochemical, properties.

Аннотация. Статья посвящена изучению культуральных, тинкториальных и биохимических свойств музейного штамма *P. multocida* 656, для дальнейшей работы с бактериями указанного вида. В результате изучения биохимических свойств, сделали вывод, что изученный штамм не образует сероводород, дают отрицательную реакцию Фогес-Проскауэра, лизиндекарбоксилазу, не разжижают желатин, не показывают гемолиз на кровяном агаре. Обладают способностью ферментировать такие сахара, как глюкозу, сахарозу, маннит, галактозу, фруктозу. Показывают положительные результаты на тесты: орнитиндекарбоксилаза, индол, нитраты.

Ключевые слова: *P. multocida*, пастерелла, идентификация, тинкториальные, биохимические, свойства.

Материалы и методы

Культуральные, биохимические и морфологические свойства бактерий определяли по тестам, указанным в *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2014* (Brenner, 2014). Окраску мазков, приготовление и стерилизацию питательных сред проводили согласно ГОСТ ISO 1113–1–2011. Приготовление суспензий и разведений — ГОСТ Р 51426–99. Посев на питательные среды согласно ГОСТ Р 26670–91. Подготовку и отбор лабораторных проб проводили по ГОСТ Р 26669–85, ГОСТ 31861–2012, ГОСТ 31942–2012. Контроль питательных сред проводили согласно МУК 4.2.2316–08. В работе использовали штамм из музея кафедры МВЭ и ВСЭ ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГАУ» *P. multocida* 656.

Результаты исследования

Изучив литературные данные, сделали вывод, что оптимальная температура роста бактерий штамма *Pasteurella multocida* 656 составила 37 °С и в дальнейшей работе использовали этот температурный режим. В самом начале исследования проводили изучение морфологии роста референс-штаммов *P. multocida*. Посев бактерий был произведен на питательную среду МПА, а также МПБ, культивирование проводили при 37° С в течении 24 и 48 часов.

На МПА выделенные культуры образуют гладкие, выпуклые, сероватые, непрозрачные, круглые колонии, диаметром 0,5–2 мм (рис. 1). В течении 24 ч инкубации на бульоне заметно помутнение, при встряхивании об-

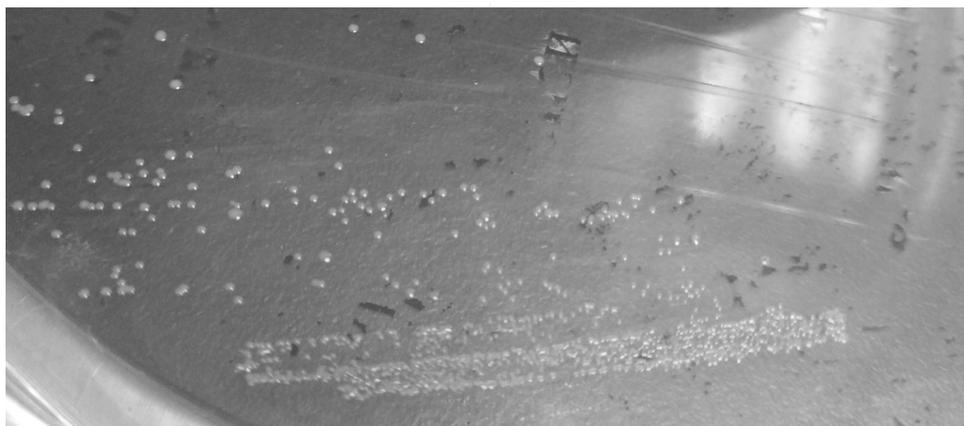


Рис. 1. Рост бактерий *P. multocida* штамм № 656 на МПА через 24 часа культивирования при 37°C.

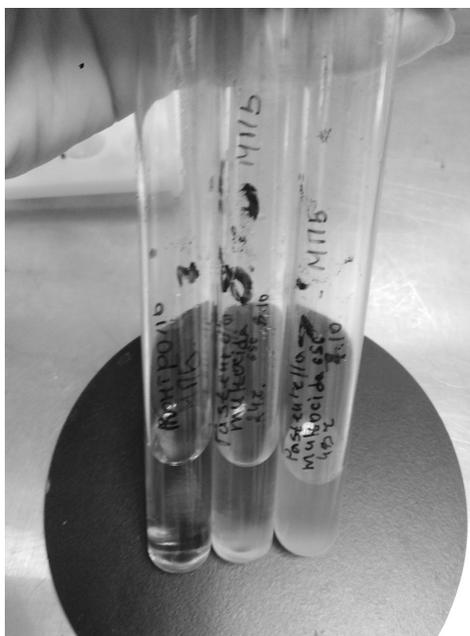


Рис. 2. Рост бактерий *P. multocida* штамм № 656 на МПБ через 24 ч и 48ч культивирования при 37°C. Слева пробирка контроль.



Рис. 3. Окраска по Грамму референс-штамма *P. multocida* увеличение $\times 100 \times 15$

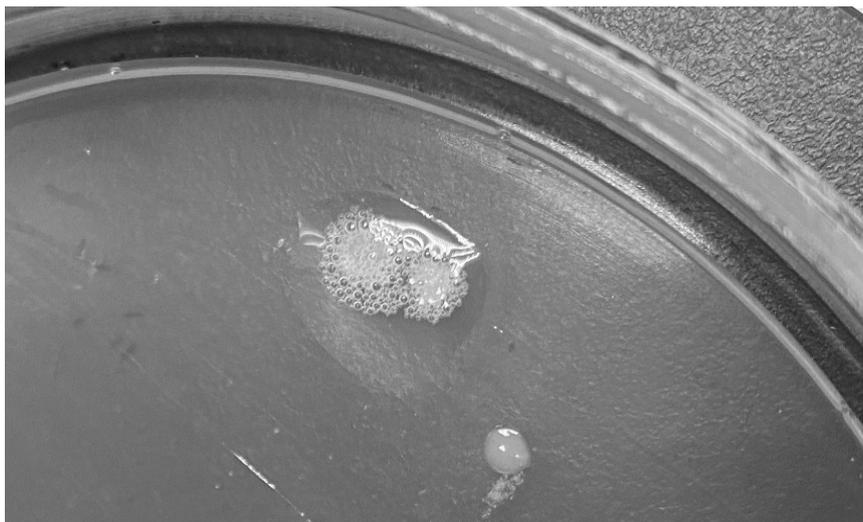


Рис. 4. Реакция на каталазу штамма *P. multocida* 656 на МПА.

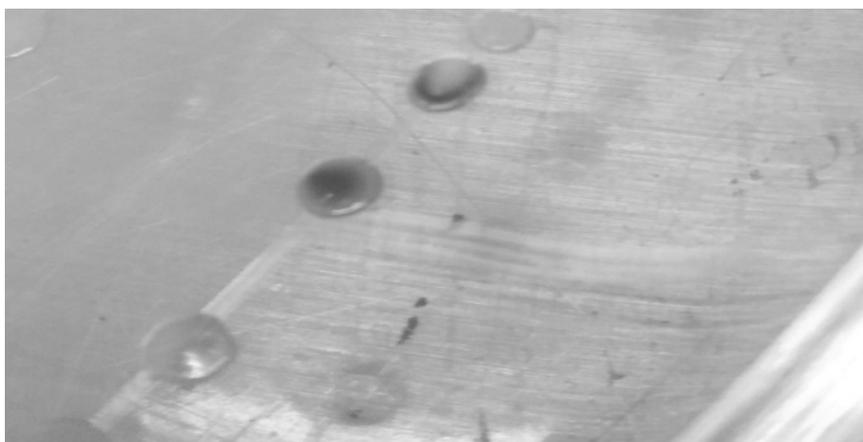


Рис. 5. Реакция на оксидазу штамма *P. multocida* 656 на МПА.

разуются «муаровые» волны. Спустя 48 ч со дна поднимается косичка при циклонном встряхивании.

На следующем этапе исследований проводили окраску изучаемых культур по Граму (рис. 3) и определяли их подвижность (рис. 4).

С помощью методики окраски по Граму было подтверждено, что изученные культуры *P. multocida* являются грамотрицательными бактериями в виде коротких палочек с закругленными концами и заметной биполярностью. Располагаются одиночно, парами или цепочками (рис. 3). Культура являлась неподвижной, о чем свидетельствует рост по уколу, без помутнения всей среды. На выросших колониях, инкубированных 48 ч при температуре 37°C, проводили тесты на оксидазу и каталазу.

Для определения оксидазной активности на чашку Петри с суточной культурой *P. multocida* наносили каплю свежеприготовленного 1% раствора N-N-диметил-пара-фенилендиамина, через 10 сек колонии исследуемого микроорганизма приобретали розовый оттенок, что говорило о положительной оксидазной реакции. Бактерии *P. multocida* оксидаза и каталаза-положительные

На следующем этапе проводили изучение биохимических свойств культур. Перечень изучаемых показателей подбирали в соответствии с литературными данными Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2014 (Brenner, 2014).

Проводили постановку тестов на образование индола (рис. 6), восстановление нитрата (рис. 7). Резуль-

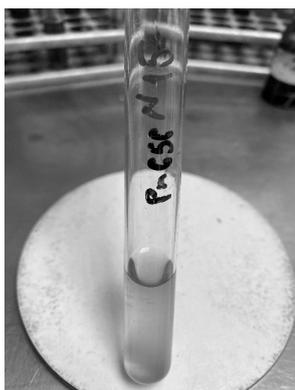


Рис. 6. Тест на образование индола- появление розового слоя (инкубирование бактерий *Pasteurella multocida* 656 в течении 48ч при 37°C)

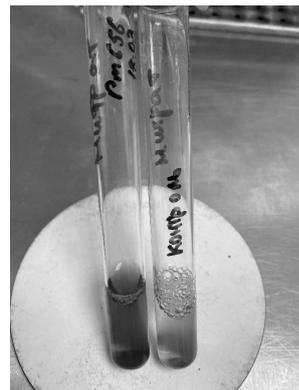


Рис. 7.-Определение способности восстановления нитратов (инкубация бактерий *P. multocida* 656 в течении 48 ч при 37°C) Справа контрольная пробирка.

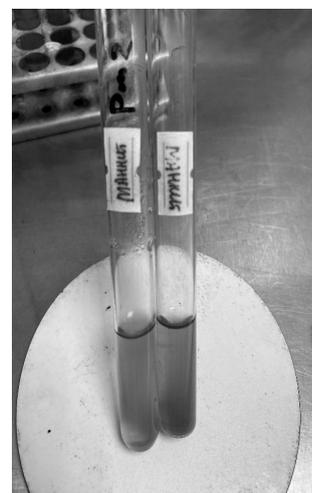


Рис. 8. Определение сахаролитических свойств. (инкубация бактерий *P. multocida* 656 в течении 72 ч при 37°C). Слева контрольные пробирки без посевов.

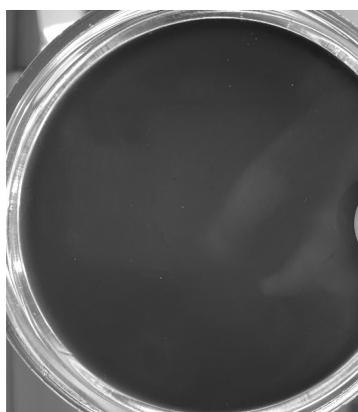


Рис. 9.-Определение способности к β -гемолизу (инкубация бактерий *P. multocida* 656 в течении 48 ч при 37°C)

таты по данным тестам получали спустя 48 часов культивирования культур при 37 °С. Параллельно с этим производили постановку тестов на образование H₂S, определение сахаролитических свойств. Для полной характеристики ферментативных свойств исследуемого штамма были проведены тесты на ферментацию следующих углеводов — мальтоза, манноза, рамноза, раффиноза, дульцитол, ксилоза, маннит (рис. 8) и β-гемолиз (рис. 9). Результаты по данным тестам снимались ежедневно в течении 5–7 дней. Для изучения процесса редукции нитратов, использовали нитратный бульон. В пробирки со средой петлей вносили колонию исследуемого микроорганизма (с МПА). Пробирки культивировали в течение 24-х часов при 37 °С. В пробирки с суточной культурой вносили 1–2 капли 5%-го спиртового раствора α-нафтола. Пробирки тщательно встряхивали. Через 10–15 минут проводили учет результатов. Штамм *Pasteurella multocida 656* способен редуцировать нитриты в нитраты, продуцируя фермент нитратредуктазу, вплоть до образования азота

в качестве конечного продукта реакции. В данном случае, в процессе культивирования среда окрашивалась в розовый цвет.

Вывод

В результате изучения биохимических свойств, сделали вывод, что штаммы бактерий вида *Pasteurella multocida 656* не образуют сероводород, дают отрицательную реакцию Фогес-Проскауэра, лизиндекарбоксылазу, не разжижают желатин, не показывают β-гемолиз на кровяном агаре. Обладают способностью ферментировать такие сахара, как глюкозу, сахарозу, маннит, галактозу, фруктозу. Показывают положительные результаты на тесты: орнитиндекарбоксылаза, индол, нитраты. Полученные результаты исследования позволяют предположить, что указанные бактериологические тесты возможно использовать для создания схемы и дифференциации бактерий вида *P. multocida* от сопутствующей микрофлоры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Д.А. Учебно-методическое пособие по методам общей бактериологии / Д.А. Васильев, И.Г. Швиденко, С.Н. Золотухин. // Ульяновск. — 2016. — 152 с.
2. Викторов Д.А. Усовершенствование методов выделения, идентификации и индикации бактерий *Pseudomonas putida*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.03; 03.01.06 / Д.А. Викторов. — Саратов, 2011. — 22 с.
3. Abdelmalek W.Z. phenotypic and genotypic characterization of *pasteurella multocida* isolated from chickens //Benha Veterinary Medical Journal. — 2020. — Т. 39. — №. 1. — С. 63–67.
4. Adil M. et al. Phenotypic Characterization, Molecular Identification and In Vitro Susceptibility of Bubaline *Pasteurella multocida* to Ceftiofur Hydrochloride // International Journal of Agriculture and Biology. — 2019. — Т. 22. — №. 5. — С. 849–854.
5. Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes. — Springer Science & Business Media, 2014. — Т. 3.
6. Boulianne M. et al. Pasteurellosis and other respiratory bacterial infections //Diseases of Poultry. — 2020. — С. 831–889.
7. Holschbach C.L. et al. Prevalence and temporal trends in antimicrobial resistance of bovine respiratory disease pathogen isolates submitted to the Wisconsin Veterinary Diagnostic Laboratory: 2008–2017 //Journal of Dairy Science. — 2020. — Т. 103. — №. 10. — С. 9464–9472.
8. Hurtado R. et al. Pathogenomics insights for understanding *Pasteurella multocida* adaptation //International Journal of Medical Microbiology. — 2020. — Т. 310. — №. 4. — С. 151417.
9. Kim J. et al. Characterisation of *Pasteurella multocida* isolates from pigs with pneumonia in Korea //BMC veterinary research. — 2019. — Т. 15. — №. 1. — С. 1–8.
10. Nawara M.B., Khaled M.A., SW E.M. Isolation, identification and antibiogram of *Pasteurella multocida* isolated from apparently healthy rabbits in Al-Bayda, Libya.
11. Peng Z. et al. Genetic and phylogenetic characteristics of *Pasteurella multocida* isolates from different host species //Frontiers in microbiology. — 2018. — Т. 9. — С. 1408.
12. Yilma M.A. et al. Phenotypic and Molecular Characterization of the Capsular Serotypes of *Pasteurella Multocida* Isolates From Bovine Respiratory Disease Cases in Ethiopia. — 2020.

DOI 10.37882/2223–2966.2021.06.04

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА К ВЕБ-УЗЛАМ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

THE APPLICATION PACKAGE FOR PROVIDING MULTIPLE ACCESS TO WEB SITES ON A LOCAL NETWORK

**A. Andryukhin
N. Grachev
N. Lvov**

Summary. This paper presents the results of research on the development and configuration of a reverse-proxy server, including the creation of a system software complex in order to effectively configure configurations and manage the proxying process. Based on the results of the research, conditions have been created for the provision of functions with the creation of a proxying configuration, troubleshooting the configuration file, structuring all specified proxying records and determining in real time the syntax of the configuration file and its design. During the development of the software package, studies were carried out on the possibility of using various programming languages.

Keywords: development, software, proxy server.

Андрюхин Александр Гаврилович

К.т.н., доцент, МИРЭА — Российский
технологический университет (г. Москва)
pr1110@list.ru

Грачев Николай Николаевич

К.т.н., профессор, МИРЭА — Российский
технологический университет (г. Москва)
nnggrachev@mail.ru

Львов Никита Сергеевич

МИРЭА — Российский технологический
университет (филиал в г. Фрязино)
lvov_ns@outlook.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований по разработке и настройке обратного-проксирующего сервера, включая создание комплекса системного программного обеспечения с целью эффективной настройки конфигураций и управления процессом проксирования. По результатам проведенных исследований, созданы условия для предоставления функций с созданием конфигурации проксирования, устранение неисправностей файла конфигурации, структурирование всех заданных записей проксирования и определение в реальном времени синтаксиса файла конфигурации и его оформление. При разработке программного комплекса были проведены исследования возможности использования различных языков программирования.

Ключевые слова: разработка, программное обеспечение, прокси-сервер.

Веб-технологии прочно вошли в настоящую эпоху, на них завязано огромное количество сервисов и услуг, от коммерческих до государственных, от социальных сетей до осуществления банковских транзакций.

Конечно, крупные сайты и интернет порталы не обслуживаются каким-либо одним компьютером, поскольку все это требует больших ресурсов и вычислительных мощностей, а соответственно «тяжелые» порталы существуют на серверах, а для доступа к ним применяются веб-серверы. Но, важно заметить, что веб-сервер сегодня можно организовать и на обычном стационарном компьютере, с этим сталкивается любой человек, который желает разместить в сети интернет свой небольшой сайт [1].

Интереснее стоит задача при размещении сайтов и корпоративных порталов в небольших организациях, где может иметься несколько сайтов, которые размещены на разных серверах в пределах одной сети. На-

пример, корпоративный портал размещается на сервере «А», а сайт и корпоративный почтовый сервер на серверах «В» и «С» соответственно — делается это для того, чтобы обеспечить баланс нагрузок и в случае выхода из строя веб-узла «В» работа внутри компании не будет полностью парализована.

Поскольку вышеуказанная сеть является корпоративной, то доступ к различным веб-узлам из сети интернет затруднен без должной настройки специализированного ПО и технологий обратного-проксирования, иначе говоря, невозможно получить доступ к корпоративному portalу, когда по IP адресу компании закреплен сервер, где расположен сайт.

Предполагается, что разрабатываемый программный комплекс существенно облегчает задачу доступа к веб-узлам в сетях организаций из сети интернет, а также позволяет удобно осуществлять настройку файлов конфигурации. Целью данной работы является разработка и настройка обратного-проксирующего сервера.

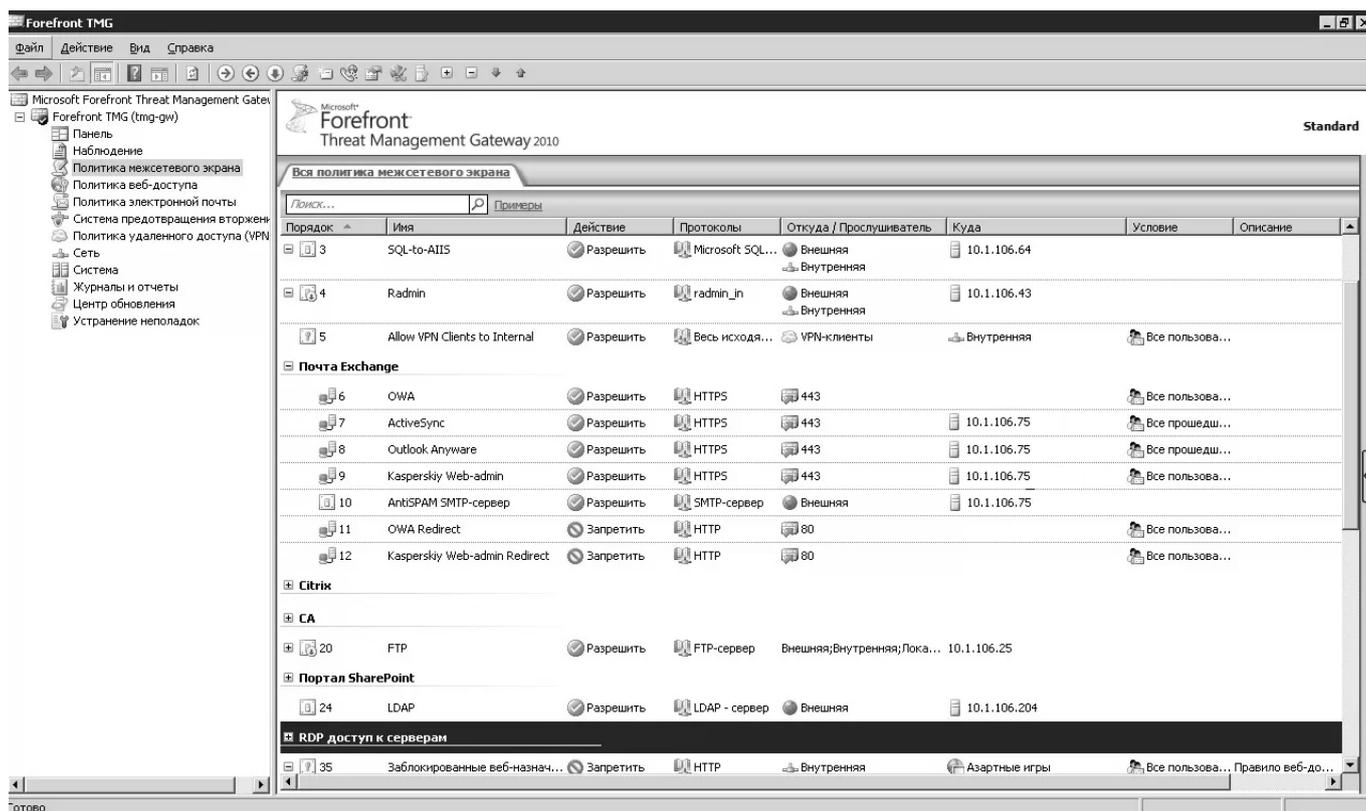


Рис. 1. Интерфейс Forefront TMG

ра, а также комплекса системного ПО, для удобной настройки конфигураций и управления проксированием. В связи с этим, разработанное ПО будет возможным предоставлять следующие функции: создание конфигурации проксирования; отладку неисправного файла конфигурации; ручное редактирование файла конфигурации; осуществление перезагрузки веб-сервера; структурирование всех заданных записей проксирования; определение в реальном времени синтаксиса файла конфигурации и его оформление.

При разработке программного комплекса были проведены исследования возможности использовать следующие языки программирования: «PHP» — язык программирования общего назначения с открытым исходным кодом, наиболее часто применяющийся при разработке интернет решений; «Javascript» — язык программирования, служащий для отработки сценариев в веб-приложении; CSharp — объектно-ориентированный язык программирования, слушающий для реализации решений в ОС Windows. В качестве серверной ОС предполагалось использовалась UNIX систему Debian [2].

Анализ применимости веб-серверов показал, что в пользовательском режиме веб-сервер медленнее

и менее эффективен, но это является одним из самых популярных способов размещения, так как размещать и обслуживать такой веб-сервер намного удобнее. Стоит заметить, что грань между веб-сайтами, веб-приложениями и веб-службами стерлась. Например, сервер, который доставляет XML-документ на другое устройство, может на самом деле являться обычным веб-сервером, следовательно, веб-сервер — это любой интернет-сервер, который отвечает на HTTP-запросы для доставки контента и услуг.

Наиболее известными веб-серверами являются: Apache; Nginx; Microsoft Internet Information Services. Рассмотрим каждое из вышеуказанных решений подробно.

Как уже говорилось ранее, большинство популярных веб-серверов по умолчанию не имеют удобного встроенного редактора настроек и параметров, что особенно заметно на UNIX машинах, где используется только консоль. Да, базовая настройка веб-сервера при его установки зачастую производится специалистами и осуществляется через консоль, но вот уже для поддержания и, например, масштабирования веб-сервера, обычному пользователю без знаний структуры конфигурационных файлов и их расположения в си-

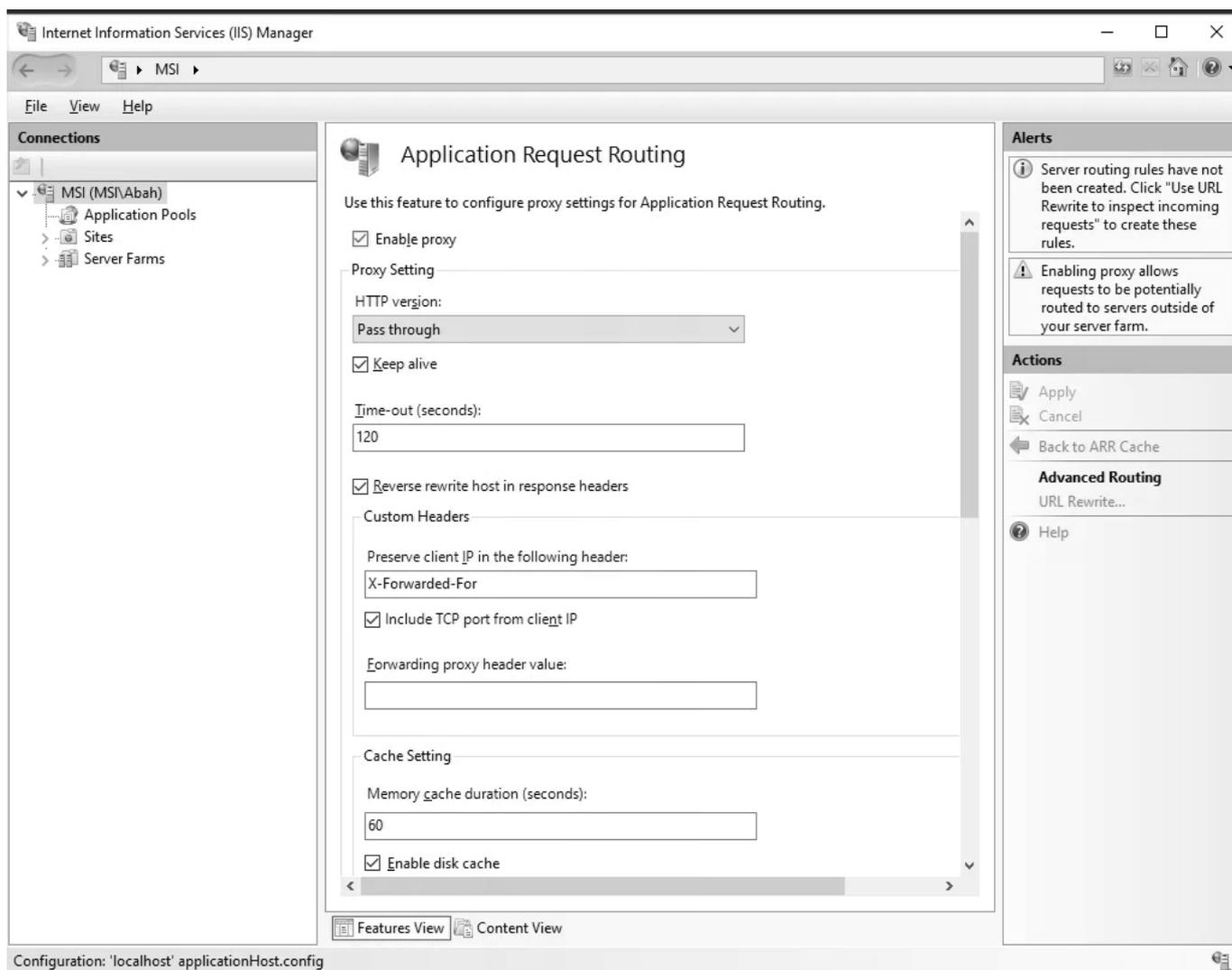


Рис. 2. Графический интерфейс Application Request Routing для IIS

стеме невозможно обойтись без специализированного ПО. Готовые программные решения позволяют избежать работы через консоль, предоставляя пользователю привычный интерфейс управления веб-сервером. Каждое такое решение имеет свои достоинства и недостатки, а следовательно, перед выбором данного типа ПО необходимо проанализировать предполагаемые решения. Проанализируем исследования по выбору и обоснованию применения аналогов.

Аналог 1. Forefront Threat Management Gateway (TMG) — это полностью готовое решение в виде обратного-проксирующего сервера для защиты сети от атак извне, а также контроля интернет-трафика. Также имеет кэширование контента и VPN.

С 2015 года компанией Microsoft была прекращена поддержка TMG, но тем не менее TMG все еще исполь-

зуется на некоторых устройствах и рассматривается для решения функции обратного-проксирования. Forefront TMG обычно разворачивается как безопасный веб-шлюз. Благодаря расширенным возможностям веб-защиты, включая фильтрацию URL-адресов, встроенное в шлюз сканирование вирусов и вредоносного программного обеспечения, обнаружение и предотвращение вторжений, а также проверку исходящего SSL-трафика, Forefront TMG обеспечивает высокий уровень защиты.

Благодаря тесной интеграции с ActiveDirectory Forefront TMG может предварительно аутентифицировать пользователей с помощью собственной аутентификации на основе форм, гарантируя, что весь доступ к интерфейсным серверам будет аутентифицирован и авторизован. Forefront TMG также поддерживает многофакторную проверку подлинности с использованием

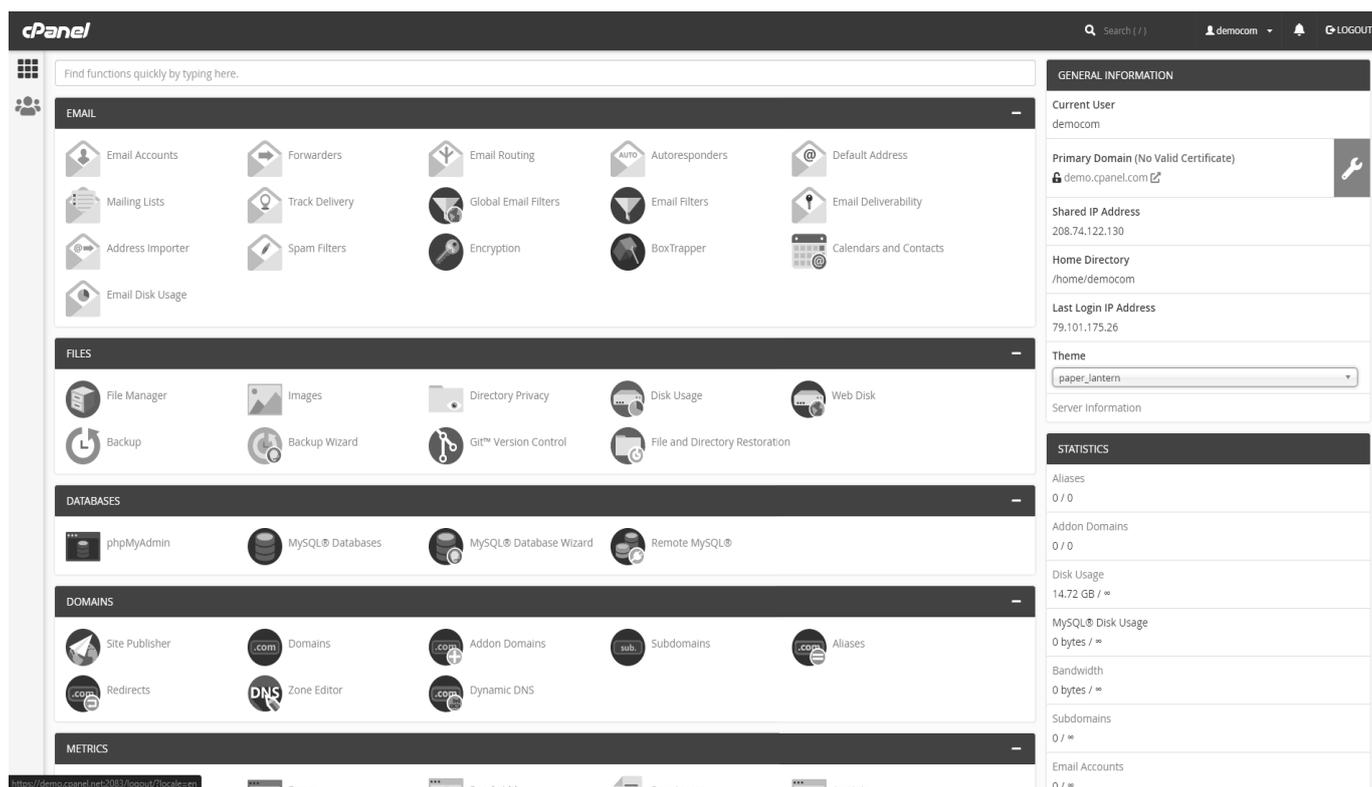


Рис. 3. Главная страница веб-приложения cPanel

сертификатов или смарт-карт. Также TMG может даже предоставлять службы балансировки нагрузки для веб-узлов, тем самым устраняя необходимость во сторонней внутренней балансировке нагрузки.

Forefront TMG также можно развернуть как защищенный почтовый ретранслятор. Это позволяет консолидировать хосты периметра и оптимизировать управление, поскольку политика электронной почты и фильтрация спама настраиваются с помощью единого интерфейса — консоли управления TMG. Пример реализованного интерфейса в Forefront TMG представлен на рисунке 1.

Перечислим основные достоинства использования данного ПО: наличие графического интерфейса; обширные функциональные возможности, в том числе проксирование трафика; безопасность; поддержка SSL-трафика; наличие балансировки нагрузки. Также, для Forefront TMG можно выделить следующие недостатки: отсутствие веб-интерфейса; отсутствие поддержки UNIX систем; отсутствие поддержки. Поскольку Forefront TMG перестал поддерживаться, то справедливо заметить, что хорошая безопасность на данный момент в конечном итоге ослабевает, а соответственно переход данного достоинства в недостаток — дело времени.

Аналог 2. Application Request Routing (ARR) — это дополнительное расширение для IIS сервера. ARR позволяет администраторам веб-серверов, поставщикам услуг хостинга и сетям доставки контента (CDN) повышать масштабируемость и надежность веб-приложений за счет маршрутизации на основе правил, соответствия имен клиентов и хостов, балансировки нагрузки запросов HTTP-сервера и распределенное кэширование диска. С помощью ARR администраторы могут оптимизировать использование ресурсов для серверов приложений, чтобы снизить затраты на управление ферм веб-серверов и сред общего хостинга.

ARR является достаточно популярным решением для создания обратно-проксирующего сервера на базе IIS, в первую очередь это обуславливается отсутствием каких-либо альтернатив для IIS. В свою очередь установка IIS возможна только под ОС Windows, что исключает использование ARR на UNIX машинах. Тем не менее, IIS является очень удобным модулем, поскольку имеет приятный графический интерфейс (рисунок 2).

Рассмотрим основные достоинства ARR: продвинутая и достаточно функциональная работа с кешом; наличие балансировки нагрузки; простота установки; удобный графический интерфейс. К недостаткам мож-

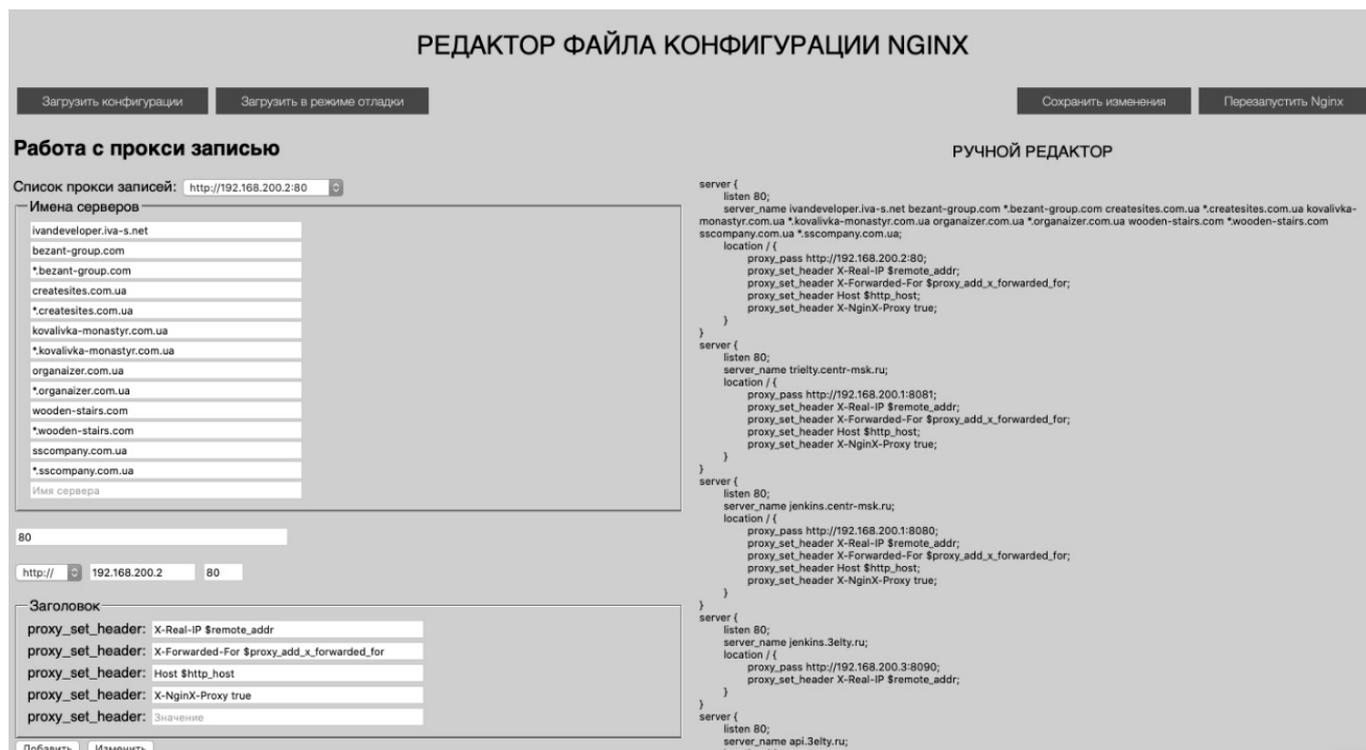


Рис. 4. Главная страница веб-конфигуратора

но отнести: отсутствие веб-интерфейса; отсутствие поддержки других ОС.

Зачастую, именно ARR является единственным решением при существовании сервера на ОС Windows. Поскольку на UNIX машины зачастую устанавливаются панели управления, которые в своем составе уже умеют конфигурировать обратно-проксирующий сервер так и другие решения, то рассмотрим такое ПО.

Аналог 3. сPanel — это популярная панель управления, которая помогает управлять сервером веб-хостинга с помощью удобного для человека веб-интерфейса. С помощью сPanel можно вносить изменения с помощью удобного веб-интерфейса — никаких технических знаний не требуется. сPanel функционирует посредством отдельной копии веб-сервера, работающей, как правило, на порту 2082. В состав сPanel входит достаточно большое количество свободного ПО, основным из которого является Apache, MySQL, PHP, exim.

Данное решение имеет некоторые отличительные функции, такие как:

- ◆ Электронная почта: в сPanel можно создавать новые учетные записи электронной почты, просматривать и изменять существующие учетные записи, устанавливать квоты для почтовых ящиков и многое другое.

- ◆ Домены: в разделе доменов сPanel имеет возможность настроить новые домены, настроить припаркованные домены, создать поддомены, настроить перенаправления.

К недостаткам сPanel можно отнести: отсутствие графического интерфейса; отсутствие поддержки русского языка; отсутствие поддержки ОС Windows. Интерфейса данного решения изображен на рисунке 3.

При разработке нового ПО были приняты оригинальные подходы и решены следующие основные задачи. В первую очередь, разработанное ПО имеет существенное отличие от аналогов, так как при его разработке сделан упор на доступность осуществления конфигурирования. Осуществить настройку файлов конфигурации возможно не только в ручном режиме, но также при помощи веб-панели управления и графической утилиты совместимой с ОС Windows (Win32) [3]. Разработанное ПО базируется на создании обратного-проксирующего сервера на основе веб-сервера NGINX. Как и в случае, например, с сPanel, разработанное веб-приложение находится на одном и том же сервере, но на отдельном выполняемом процессе, а именно на Apache.

Разработанное ПО позволяет править файл конфигурации NGINX, сохранять его и при необходимости пере-

Таблица 1. Основные характеристики разработанного ПО

Характеристика	Значение
Наличие утилиты конфигуратора	Присутствует
Наличие веб-конфигуратора	Присутствует
Поддержка UNIX систем	Присутствует
Минимальное количество ОЗУ	512 Мб

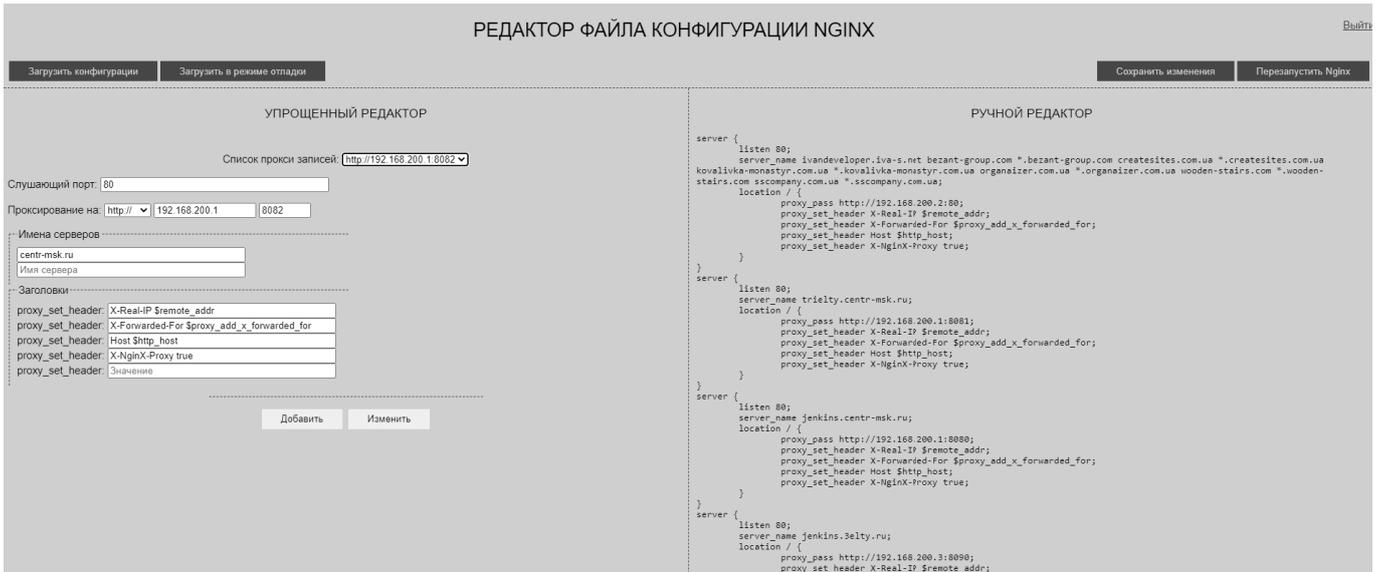


Рис. 5. Разработанный интерфейс



Рис. 6. Схема реализации решения

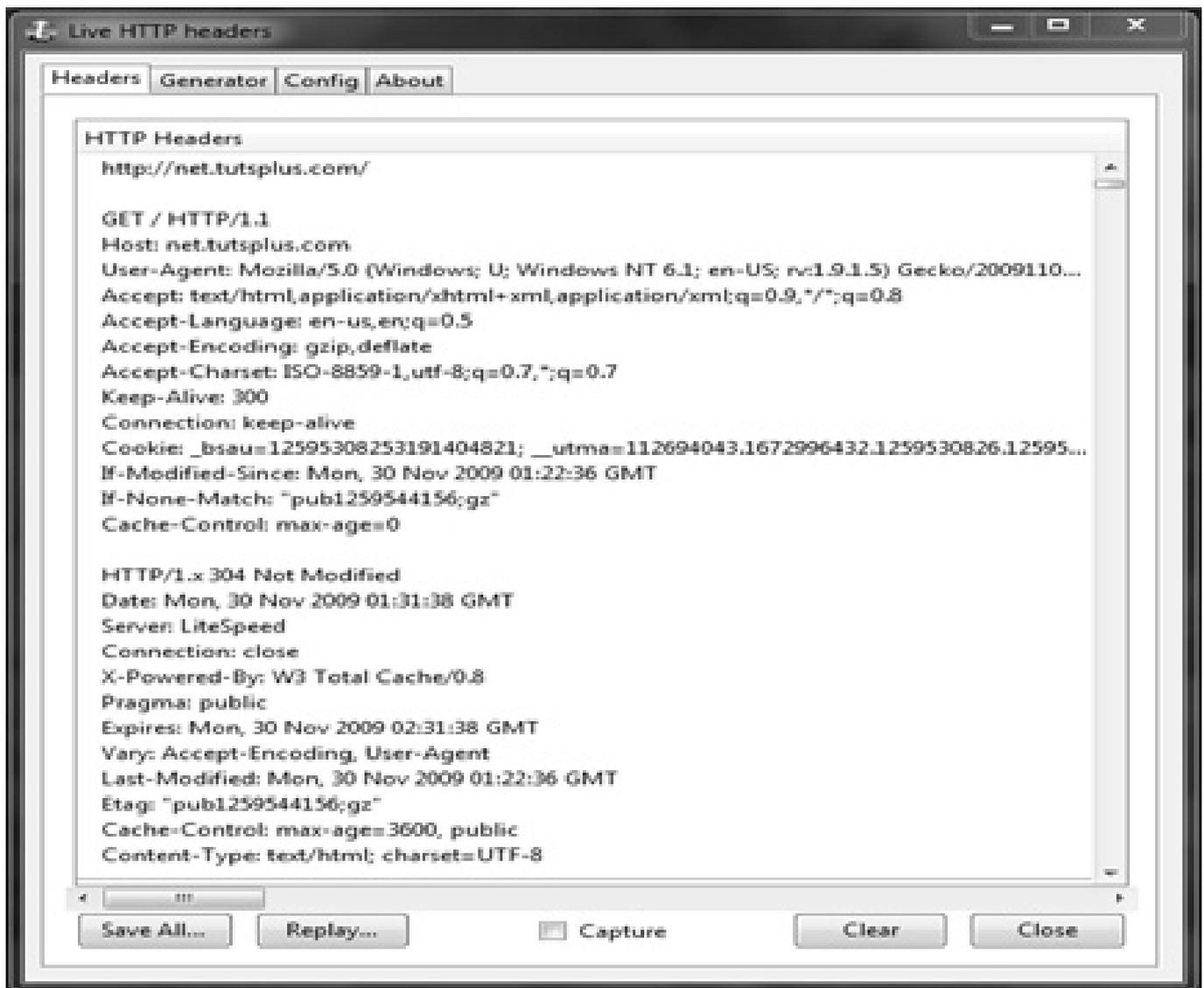


Рис. 7. Пример заголовка

запускать сервер для применения изменений. Пример интерфейса веб-конфигуратора приведен на рисунке 4.

Как можно заметить из вышеприведенного рисунка, в веб-конфигураторе также встроен ручной редактор файла, что позволяет опытным специалистам совершать работу не с веб-полями, а напрямую со структурой файла [4]. Ранее уже отмечалось, что NGINX по умолчанию не имеет графический интерфейс и его настройка может производиться только с помощью консоли, но наличие ручного редактора в веб-приложении предоставляет наиболее удобную среду работы с файлом.

Также, вышеуказанный ручной редактор имеет защиту синтаксиса, и, например, при допущении ошибки изменения не будут сохранены.

К достоинствам разработанного ПО можно отнести:

- ◆ наличие упрощенной работы с записями обратного проксирующего сервера;
- ◆ наличие защиты при ошибке в синтаксисе;
- ◆ наличие поддержки SSL;
- ◆ наличие авторизации и доступа из сети интернет;
- ◆ наличие графического и веб-приложения.

Если рассматривать недостатки, то здесь можно выделить то, что разработанное ПО не имеет инсталлятора, и его установку необходимо производить вручную, но здесь же важно заметить, что установка крайне проста и производится путем добавления файлов ПО в определенную директорию.

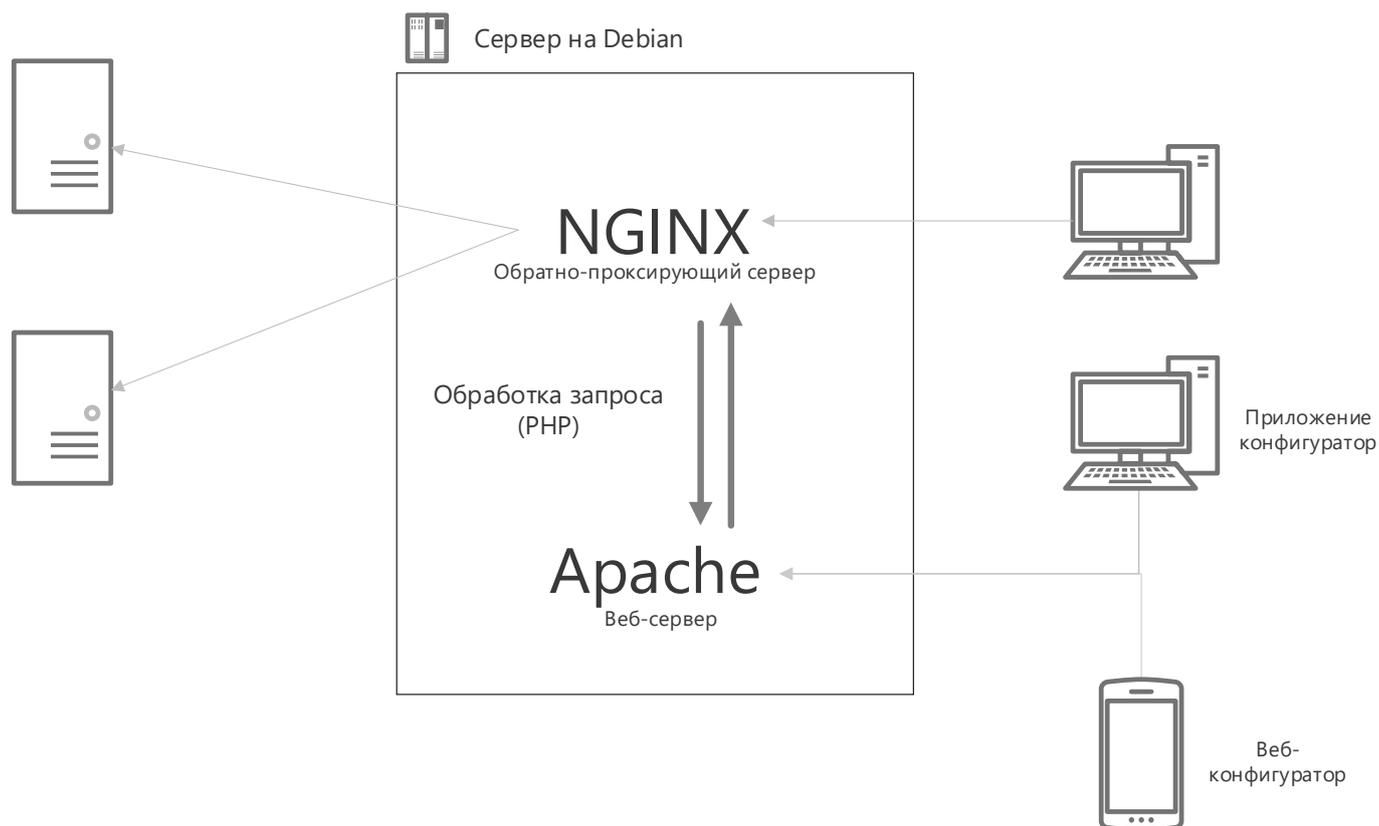


Рис. 8. Схема реализации соединения и работы комплекса приложений

Основные характеристики разработанного ПО приведены в таблице 1.

При разработке программного комплекса были учтены недостатки аналогов при осуществлении настроек обратного-проксирования, а также решен вопрос доступа с различных устройств. Таким образом разработанное ПО лишено недостатков Windows ориентированных аналогов, таких как Forefront TMG и Application Request Routing, и при этом обладает преимуществами доступными для UNIX ориентированных решений.

Разработанный вариант управления представляет собой развернутый на том же сервере веб-сервер apache, прослушивающий нестандартный TCP-порт, во избежание конфликтов с NGINX. При помощи графических элементов управления администратор настраивает конфигурацию обратного-проксирующего сервера, а веб-сервер apache — записывает ее в соответствии с синтаксисом конфигурационного файла веб-сервера NGINX.

Схема реализации серверного решения изображена на рисунке 6.

Любой HTTP и HTTPS запрос содержит заголовки. Все заголовки запросов стандартизированы и, на-

пример, могут состоять из следующих полей (рисунок 7).

Поскольку вышеприведенный заголовок содержит информацию о хосте, то такой запрос не сложно перенаправить с помощью обратного-проксирующего сервера.

Разработанный обратный-проксирующий сервер принимает все входящие HTTP и HTTPS запросы, анализирует их заголовки и на основе их выполняет перенаправление на те адреса в локальной сети, которые указаны в конфигурационных файлах.

Как уже говорилось ранее, разработанное программное решение имеет не только веб-панель для управления конфигурационными файлами, но также и программное решение для ОС Windows, которое позволяет производить все необходимые настройки без запуска веб-браузера и веб-панели.

При реализации программного комплекса применялись различные технологии программирования, а также сторонние библиотеки [5].

Структурная схема разработанного программного комплекса представлена на рисунке 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — Питер, 2020. — 1008 с.
2. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство, 6-е издание. — Пер. с англ. — СПб: Символ-Плюс, 2012. — 1080 с.
3. Прайс Марк Дж. С# 7 и .NET Core. Кросс-платформенная разработка для профессионалов. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2018. — 640 с.
4. Попов А.А. Эргономика пользовательских интерфейсов в информационных системах: учебное пособие / А.А. Попов. — М.: РУСАЙНС, 2016. — 312 с.
5. Documentation Workerman / Офф. Сайт разработчика — URL: <https://doc.workerman.net> (дата обращения: 15.04.2021).

© Андрюхин Александр Гавриилович (pr1110@list.ru),

Грачев Николай Николаевич (nngachev@mail.ru), Львов Никита Сергеевич (lvov_ns@outlook.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ФОРМАТНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВИДЕОКОНТЕНТА ДЛЯ ОНЛАЙН-КУРСА

FORMING OF TECHNICAL AND FORMAT REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL VIDEO CONTENT FOR AN ONLINE COURSE

**Yu. Valitova
N. Gorlushkina
E. Kobets
D. Ponomarev**

Summary. The research is devoted to the formation of technical- and format requirements to video content for short-term online courses. Technical requirements to video content include operation data, format data of the presentation of course narrative elements and their location in the video frame by position and time. Formed and described the totality of these requirements. The basis for the form of requirements were the analysis of professional and normative sources of information, the investigating of popular online courses and the practice of developing video content.

The research results were made use of to develop a short-term online course "Execution of documentation" and confirmed by a positive assessment of experts.

Keywords: video content, online courses, technical requirements, educational platforms, video content parameters.

Валитова Юлия Олеговна

*К.п.н., доцент факультета, Университет ИТМО
(Санкт-Петербург)
julijawal@gmail.com*

Горлушкина Наталия Николаевна

*К.т.н., с.н.с., Университет ИТМО (Санкт-Петербург)
nagor.spb@mail.ru*

Кобец Елизавета Александровна

*Ведущий инженер, аспирант, Университет ИТМО
(Санкт-Петербург)
www.kobets@yandex.com*

Пономарев Дмитрий Дмитриевич

*Старший лаборант, Университет ИТМО (Санкт-Петербург)
decolte070@gmail.com*

Аннотация. Исследование посвящено формированию технических и форматных требований к видеоконтенту для краткосрочных онлайн-курсов. Технические требования к видеоконтенту включают эксплуатационные характеристики, форматные — характеристики представления элементов повествования курса и их расположения в кадре видео по позиции и времени. Сформирована и описана совокупность этих требований. Основой для формирования требований явились анализ профессиональных и нормативных источников информации, изучение популярных онлайн-курсов и практики разработки видеоконтента.

Результаты исследования были применены при разработке краткосрочного онлайн-курса «Оформление документации» и подтверждены положительной оценкой экспертов.

Ключевые слова: видеоконтент, онлайн курсы, технические требования, образовательные платформы, параметры видеоматериалов.

Введение

В настоящее время получение образования дистанционно на различных образовательных платформах стало востребованным, что привело к увеличению количества образовательных онлайн курсов [1,2,3]. Образовательные платформы сегодня — это одно из наиболее интенсивно развивающихся направлений в областях образования и инфо-коммуникационных технологий [4,5]. Образовательные платформы призваны содействовать в частности, профессиональному получению знаний и их систематизации

для всех заинтересованных участников Internet в дистанционном режиме.

Для их эффективного применения в образовательном процессе важно учитывать множество факторов, влияющих на популярность и качество образовательного контента. Одним из важнейших факторов является качество видеоконтента образовательного курса. Это связано с тем, что в современных онлайн-курсах он становится ведущей составляющей. При этом особенности разработки образовательного видеоконтента остаются не до конца теоретически изученными [2,3]. Как пра-

вило, каждый разработчик онлайн курсов определяет свои требования к ним [6,7]. В первую очередь при производстве видеоконтента необходимо определить технические и форматные требования, предъявляемые к нему, тем самым формализовать производство и составить четкое понимание того, как должен будет выглядеть финальный образовательный продукт [8,9].

Существует ряд сложностей в отслеживании и последующем анализе актуальных данных о специфике требований к видеоконтенту [10,11]. Во-первых, компании, занимающиеся производством и продвижением своих онлайн-продуктов, тщательно скрывают от конкурентов результаты собственных разработок, статистику посещаемости тех или иных курсов, а также количество курсов на своих платформах и степень их модерации. Во-вторых, тенденции создания качественных онлайн-курсов видоизменяются стремительно, а также меняется культурная ценность и актуальность преподаваемых дисциплин [5].

Как указывалось раньше, неотъемлемой частью большинства онлайн-курсов является видеоконтент. Существуют различные определения понятия видеоконтент. В рамках исследования используется следующее определение "видеоконтент — это некая информация, представленная в мультимедийном формате, которая создается под потребности и интересы целевой аудитории" [12].

Исходя на вышеизложенного, можно утверждать, что формирование технических требований к разработке образовательного видеоконтента для онлайн-курса является задачей актуальной и востребованной.

Предлагаемое исследование посвящено формированию технических и форматных требований к видеоконтенту онлайн-курсов с учетом соответствия их методическим условиям. Техническими требованиями к видеоконтенту будем называть эксплуатационные характеристики видеоконтента. Под форматными требованиями понимаются характеристики представления элементов содержания курса и их расположения в кадре видео по позиции и времени.

Так как наиболее популярными являются краткосрочные курсы, создаваемые в организациях, а их создание вызывает наибольшие трудности, то исследование ограничивается формированием требований к видеоконтенту для краткосрочных курсов. Под краткосрочными курсами в рамках исследования понимается онлайн-курсы "продолжительностью около четырех недель и могут использоваться как самостоятельно, так и в качестве модульных компонентов более продолжительного по времени курса" [13].

Основная часть

На первом этапе для определения необходимых требований к видеоконтенту были проведены опросы студентов для определения наиболее популярных онлайн-курсов. В процессе опросов было выявлено, какие платформы наиболее востребованы, какие курсы пользуются наибольшим спросом, что в образовательном контенте привлекает обучающихся. Первоначально был проведен опрос по посещаемости образовательных платформ среди студентов Университета ИТМО. Респондентам задавался вопрос: «Какие образовательные платформы Вы знаете исходя из своего личного практического опыта обучения?» По итогу опроса студентов был сформирован актуальный перечень из 33 ресурсов для последующего изучения, в том числе: «Лекториум», «Открытое образование», «AcademicNT», «Coursera», «Stepic».

В каждой из наиболее популярных платформ были выбраны онлайн-курсы имеющие преимущественно положительные отзывы и содержащие видеоконтент различных форматов. Результаты анализа были использованы при определении ключевых технических и форматных требований, например, необходимость субтитров, наличие различного разрешения видеофайлов курсов, сопутствующих материалов в виде источников и презентаций курса.

Для более глубокого понимания выбора требований была изучена профессиональная литература, представленная Департаментом дополнительного образования Университета ИТМО, которая позволила выделить требования к разработке видеоконтента. Также были изучены онлайн-курсы, разработанные Университетом ИТМО и размещенные на платформе «Открытое образование» и процесс разработки видеоконтента для них.

Кроме этого, в ходе опроса обучающиеся описывали наиболее привлекательное и полезное в образовательном контенте онлайн-курсов. На основании ответов на вопросы «Что вам больше всего помогло освоить материал курса?» и «Что запомнилось в освоенном вами курсе (курсах)?» было построено облако слов. Ответы формулировались обучающимися самостоятельно. Обучающиеся в подавляющем большинстве отметили, как наиболее полезный и интересный видеоконтент, что показано на рисунке 1.

По результатам опроса студентов, анализа документации, нормирующей разработку образовательного видеоконтента, исследовательских работ, посвященных изучаемой проблеме и анализа онлайн-курсов на наиболее популярных образовательных платформах были сформулированы требования к производству ви-

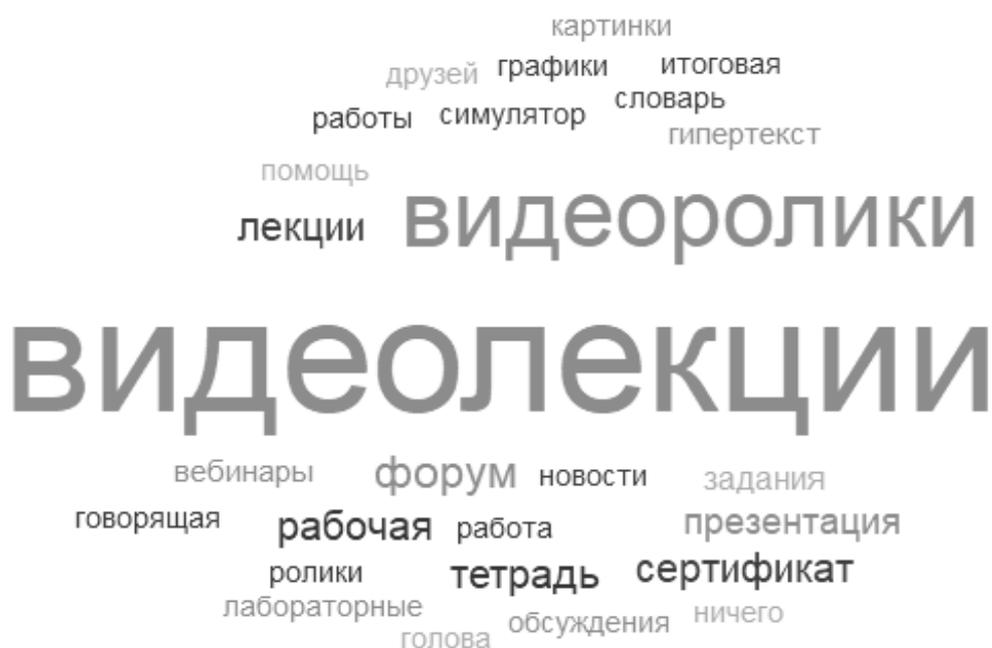


Рис. 1. Облако слов, сформированное по результатам опроса

деоконтента краткосрочных курсов. Совокупность технических и форматных требований и их обоснование представлены ниже.

Технические требования

Формат видеоданных MPEG-4 встречается в материалах большинства изученных платформ. Ценность данного формата заключается в адаптивных параметрах качества видео в зависимости от пропускной способности сети. Студенты, проходящие обучение на платформе, могут просматривать видеоматериал курса в практически любых сетевых условиях.

Битрейт в 50 Мбит/сек является оптимальным для видеовещания на примере изученных курсов, если размеры видео-хранилища не лимитированы. Более высокий битрейт, как показывает анализ и практика, излишен и лишь увеличивает размер видеофайлов без видимого улучшения качества на стандартных устройствах воспроизведения. Формат воспроизведения с постоянным битрейтом (CBR) наиболее подходит для онлайн-курсов, так как материалы курса преследуют цель однородного и размеренного повествования материала [14].

Крупные видеохостинги, такие как «YouTube» используют для видео более низкий битрейт (не более 5 Мбит/сек), так как вынуждены хранить огромное количество видеоматериала. Но для курсов, размещенных

на платформе Moodle, не использующей этот видеохостинг, материалы курса могут присутствовать в оптимальном качестве.

Формат видео 1080p Full HD и частота кадров 25 кадров/сек обусловлены тем, что краткосрочные онлайн-курсы зачастую содержат не только большое количество материалов скринкаста экрана для наглядности операций, но и предоставляют живую запись лектора. Курсы, производимые Университетом ИТМО, а также всеми изученными трендовыми платформами, должны содержать не менее разрешение (с потенциальной возможностью сжатия форматом MPEG-4) и не меньшую частоту кадров для плавности живой картинки. В случае с курсами, не содержащими живой записи, частоту кадров, как и битрейт, следует сокращать до 20 кадров/сек и 10 Мбит/сек соответственно для оптимизации занимаемого курсом места в хранилище.

Высокая частота дискретизации (96,0 кГц) и глубина квантования 24 бита обусловлены малой длительностью курса (около двух часов) и возможностью реализации записи аудиоматериалов высокого качества в режиме студийной записи. Разница в размере аудиофайлов 48,0 кГц и 96,0 кГц не существенна, составляя всего около 20 Мб на час видео, тем не менее, заметна серьезная разница в качестве звука лекций. Авторские курсы на многих университетских платформах используют низкие или стандартные частоты в силу отсутствия возможности записи в студийном формате.

Таблица 1. Базовые технические требования

Параметры видеоматериала	Параметры аудиоматериала
формат — MPEG-4;	формат — импульсно-кодовая модуляция (PCM);
битрейт — 50,0 Мбит/сек, CBR;	каналы — CH1 & CH2 (стерео) полный mix;
разрешение — 1920x1080 пикселей;	глубина квантования — 24 бита активных;
формат разложения кадра — 16:9;	частота дискретизации — 96,0 кГц.
частота кадров — 25 кадров/сек;	
тип развёртки — чересстрочная.	

Таблица 2. Технические требования к производству аудиоматериалов к лекциям

Громкость (Programme Loudness)	-18 (± 0.5) LUFS
Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak Level).	-3 dBTP
Диапазон громкости (Loudness Range)	не более 18 LU

Таблица 3. Технические требования к производству аудиоматериалов к роликам хронометражем менее 30 секунд

Громкость (Programme Loudness)	-18 (± 0.5) LUFS
Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak Level)	-6 dBTP
Максимально допустимое значение Кратковременной громкости (Maximum Permitted Short-term Loudness Level)	-13.0 LUFS
Максимально допустимое значение Моментальной громкости (Maximum Permitted Momentary Loudness Level)	-10.0 LUFS

Стереоканалы звука при производстве видеоматериала являются стандартом для абсолютного большинства не только видеолекций образовательного характера, но и для видеоматериала в принципе [14].

Отношение полезного сигнала аудиодорожки к шуму следует сохранять в диапазоне 30–40 дБ, так как в противном случае фоновый шум, ухудшающий качество восприятия контента, будет замечен на высокой громкости воспроизведения (около 100–120 дБ) [15].

Изложенные выше требования обобщены в таблице 1.

Формат видеоматериала MPEG-4, как показывает практика, не всегда справляется с оптимальным динамическим сжатием разрешения видео.

Для более тщательной проработки технических требований курса также были изучены государственные стандарты с коррелирующей тематикой на предмет выделения полезных для качества видео- и аудиоматериала подробностей оформления.

Отмеченные ниже стандарты хоть и являются стандартами для производства материалов, предназначен-

ных для телевидения, однако потенциально они являются актуальными и для производства онлайн-курсов:

1. ГОСТ Р 53533–2009 «Цифровое телевидение высокой четкости. Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости».
2. ГОСТ Р 53540–2009 «Цифровое телевидение. Широкоформатные цифровые системы. Основные параметры. Аналоговые и цифровые представления сигналов. Параллельный цифровой интерфейс».
3. ГОСТ Р 53537–2009 «Звуковое вещание. Основные электрические параметры каналов и трактов студийного качества (с полосой частот 20...20000Гц)».

Из приведенных стандартов были выделены требования к разработке аудиоматериалов курса, представленные в таблицах 2 и 3.

Форматные требования

Важными критериями к составлению полноценных технических требований можно считать различные опции формата изложения материала, а именно:

1. Наличие субтитров (русских и английских).
2. Наличие различных форматов видеоматериалов (минимум — SD и HD форматы, стандартное и вы-

сокое разрешение видеоматериалов соответственно).

3. Наличие среды обратной связи студентов и команды курса.
4. Возможность просмотра материалов курса с разных носителей (ПК, смартфоны).
5. Длительность отдельного ролика на основе возможности студента фокусировать внимание на информации
6. Возможность скачивания роликов курса для автономного от сети Интернет просмотра.
7. Интерактивность всех уровней вплоть до контроля за качеством усвоения учебного материала.
8. Использование всех инструментов визуализации: видео, анимация, изображение, таблицы, диаграммы и т.п.

На основе изучения мозговой активности студентов исследователями было установлено, что качество восприятия информации студентами напрямую зависит от присутствия лектора в поле зрения обучающегося, а также длительности сеанса обучения [16]. Наиболее эффективным по показателям альфа и тета-ритмов мозговой активности, отвечающих за восприятие и запоминание информации, является время лекции от 8 до 15 минут. При более продолжительной нагрузке эффективность усвоения той или иной информации значительно падает. Аналогично с временными рамками, было подтверждено положительное влияние присутствия общения с лектором на качество процесса усвоения информации.

Презентационный материал лекций должен выступать в роли конкретики, дополняющей речь лектора. Стоит избегать больших массивов текста, сложных для одномоментного усвоения. Различные стилистические особенности, такие как набор цветов шрифтов, фона, оформление таблиц, должны лишь дополнять речь лектора, не являясь её основой. Наиболее приветствуются выводы на экран формул, таблиц, пояснительных изображений, облегчающих восприятие материала наглядными примерами.

Исходя из исследований особенностей человеческого восприятия информации, можно сказать, что большинство студентов относятся к группе людей, не обладающих высокой предрасположенностью к эффективному восприятию информации одномоментно из множества источников [17]. Поэтому следует адаптировать как лекционный, так и презентационный материал таким образом, чтобы каждому слайду или изображению уделялось достаточное время повествования.

В случае с требованиями к краткосрочному онлайн-курсу проблема наиболее актуальна, так как

в сжатые временные сроки требуется донести максимум информации до слушателей. Лектору курса следует избегать активной жестикуляции в момент акцента внимания на конкретных примерах, анимации и выделение информации не следует использовать одновременно. Это направлено на улучшение степени восприятия студентами материала курса.

Специфика подготовки лектора, аудитории или студии предполагает регламент в том числе и для одежды лектора. Такая незначительная, на первый взгляд, деталь как одежда с клетчатым рисунком, или рисунком в полоску на этапе постобработки отснятого материала может существенно повлиять на качество изображения. Особенно это заметно при конвертации видео в более низкое разрешение кадра. Несмотря на возможные трудности при монтаже лекций, представленное положение носит преимущественно рекомендательный характер.

Наличие стандартного разрешения видеоматериалов необходимо, так как ввиду различных условий прохождения курса, у студентов может не быть доступа к высокоскоростному интернет-соединению, следовательно, материалы в высоком разрешении не смогут должным образом загрузиться на носитель обучающегося. Субтитры, как русскоязычные, так и англоязычные, также являются важной составляющей оформления видеоматериалов, так как большое количество студентов Университета ИТМО являются иностранными гражданами, в разной степени знакомыми с русским языком.

Все это позволило сформулировать следующие форматные требования к видеоконтенту:

1. Длительность отдельного ролика должна находиться в диапазоне от 8 до 15 минут.
2. Для лучшего восприятия студентом информации лекция должна содержать изображение лектора на ряду с визуализацией предлагаемого материала посредством примеров, графиков, диаграмм.
3. Следует соблюдать определённые параметры в оформлении презентаций:
 - ◆ Использование шрифтов для презентации без засечек, то есть шрифтов у которых основные и соединительные штрихи практически одной толщины.
 - ◆ Эти типы шрифтов облегчают чтение большого объема текста на слайдах. Различная журнальная продукция использует шрифты без засечек в статьях для лучшего восприятия малого массива текста, ориентированного на подачу выборок информации.
 - ◆ Наличие в презентации не более трёх типов шрифтов.

- ◆ Использование контрастного цвета шрифта и фона презентации.
 - ◆ Приведение фигурных элементов презентаций (рамок, стрелок, границ фигур) к одинаковому кеглю и толщине.
 - ◆ Соблюдение границ рабочей области презентации.
 - ◆ Широкое использование инфографики и табличного представления данных.
4. Рекомендации к процессу съемки видеоматериала:
- ◆ Отсутствие сильного контраста одежды, оборудования лектора с фоном презентаций и видеоматериала съемки.
 - ◆ Не рекомендуется присутствие клетчатой одежды или одежды в полоску.
 - ◆ Отсутствие большого количества действий в кадре видео, проходящих одновременно (анимация презентации, жестикация лектора, выделение текста и т.д.).

Релевантность приведенных данных была подвергнута сомнениям, так как возможности удостовериться в качестве материалов, производимых по приведенным требованиям, не представлялось. Поэтому было необходимо провести экспериментальную проверку сформулированных требований.

Экспериментальная проверка отобранных требований проводилась на примере курса «Оформление документации», который предназначен для обучения правилам оформления отчетов по научно-исследовательской деятельности. Этот курс имеет следующие специфические отличия. Во-первых, он является краткосрочным. Во-вторых, он может полностью или частично входить в состав более длительных курсов. В-третьих, студенты могут обращаться к нему за изучением конкретных тем, а не всего курса полностью, столкнувшись в процессе

учебы с недостатком знаний по определенной теме. Так как этот курс будет относиться к дополнительным источникам информации, то создание курса, который будет интересен и полезен обучающимся, востребован ими, а также отвечать современным требованиям к обучающим ресурсам, становится еще более актуальной.

Для сравнения были записаны и отредактированы пробные видеолекции курса, содержащие материалы как с обработкой аудиоматериала по предшествующим стандартам, так и по приведенным в таблицах выше. После тестирования экспертами было подтверждено улучшение качества материалов курса, разработанного по сформулированным авторами требованиям, при условии его эксплуатации на цифровых платформах в распоряжении университета.

После этого был полностью разработан видеоконтент для онлайн-курса «Оформление документации».

Заключение

Таким образом, сформированы технические и форматные требования разработки образовательного видеоконтента для онлайн-курсов. С учетом этих требований разработан краткосрочный онлайн-курс «Оформление документации», который получил положительную оценку экспертов в создании видеоконтента. В дальнейшем этот курс предполагается использовать в образовательном процессе Университета ИТМО. Полученные результаты могут быть применены и при разработке других, аналогичных краткосрочных онлайн-курсов.

Разработанные технические и форматные требования предполагается использовать в дальнейшем производстве курсов Университета ИТМО на платформах «Открытое образование» и Moodle.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеева О.П. Современная систематика массовых онлайн-курсов на основе одномерных таксономических схем / Сборник «Современные информационные технологии и ИТ-образование» под редакцией В.А. Сухомлина. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики, 2015. С. 58–65.
2. Top U.S. colleges to offer free classes online. <https://www.reuters.com/article/net-us-usa-college-online/top-u-s-colleges-to-offer-free-classes-online-idUSBRE83H0PC20120418>
3. Лесин С.М., Махотин Д.А. MOOC как современная технология организации смешанного обучения/ Интерактивное образование. 2018, № 1–2, С. 25–34. https://interactiv.su/wp-content/uploads/2018/05/IO_1-interactive.pdf
4. Пархоменко Н.А., Золотухин С.А. Основные подходы к разработке учебного видео в массовых открытых онлайн-курсах // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2018. № 2 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-podhody-k-razrabotke-uchebnogo-video-v-massovyh-otkrytyh-onlayn-kursah> (дата обращения: 12.05.2021).
5. Philip J. Guo, Juho Kim, Rob Rubin. How Video Production Affects Student Engagement: An Empirical Study of MOOC Videos. 2014
6. Ардашева Д.Д., Шихова О.В. Модель разработки учебного видео//Вестник ИжГТУ им. М.Г. Калашникова, Ижевск, 2017. — Т. 20. — № 3. — с. 148–149.
7. Басев И.Н. Использование видео в учебном процессе //Перспективы развития информационных технологий. — 2015. — № 24. — . 130–133.

8. Грушевская В.Ю. Система изучения и создания учебного видео в педагогическом вузе // Педагогическое образование в России. — 2018. — № 8. — с. 69–74.
9. Лабутин В.Б. Учебный видеоматериал в условиях дистанционного взаимодействия с обучающимися: от замысла к публикации // Академический вестник академии социального управления. — 2016. — № 3 (21). — с. 34–40.
10. Крылова (Смирнова) О.С., Баранюк В.В., Ишин И.А. Анализ аудио и видео коллекций пользователя социальной сети с целью описания его информационного образа // International Journal of Open Information Technologies. 2017. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-audio-i-video-kollektsiy-polzovatelya-sotsialnoy-seti-s-tselyu-opisaniya-ego-informatsionnogo-obraza> (дата обращения: 12.05.2021).
11. Новоселов Р.Ю. История образовательного видеоконтента // Гуманитарно-педагогические исследования. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-obrazovatel'nogo-videokontenta> (дата обращения: 21.05.2021)0.05.
12. Видеоконтент: от съемки до продвижения [Электронный ресурс] // Генератор продаж. Агентство интернет-маркетинга: [сайт]. URL: <https://sales-generator.ru/blog/videokontent> (дата обращения: 05.05.2021).
13. Гречушкина Н.В. Онлайн-курс: определение и классификация // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 6. С. 125–134. (С 130)
14. Vucic D.; Skorin-Karov L., QoE Assessment of Mobile Multiparty Audiovisual Telemeetings, Croatian Science Foundation, 2020.
15. Sundeeva L.A.; Lukina E.V.; Shobonova L.Y.; Kutepova L.I.; Smirnova Z.V., Forms and teaching methods in the system of continuing professional education, 2021.
16. В.А. Лазаренко, О.Ф. Природова, В.Б. Никишина, А.А. Кузнецова, Технология оценки эффективности видеолекции, Профессиональное образование в России и за рубежом 1 (29) 2018 г.
17. Макарова Н.Г. — Исследование у студентов свойств внимания: устойчивость, концентрация, распределение, Российский университет дружбы народов, 2013 г.

© Валитова Юлия Олеговна (julijawal@gmail.com), Горлушкина Наталия Николаевна (nagor.spb@mail.ru),
Кобец Елизавета Александровна (www.kobets@yandex.com), Пономарев Дмитрий Дмитриевич (decolte070@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДЛЯ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО И ПОШАГОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

DEVELOPMENT OF A CARTOGRAPHIC PART FOR MODULES FOR AUTOMATIC AND STEP-BY-STEP DESIGN OF ADAPTIVE LANDSCAPE FARMING SYSTEMS

**L. Gagarina
E. Yanakova
N. Voronova
A. Doronina
R. Fomin
D. Cherkasov
D. Chukhlyayev**

Summary. The article presents a solution to the problem of increasing the efficiency of land use by developing a cartographic part for the modules for automatic and step-by-step design of adaptive landscape farming systems.

Keywords: software module, cartographic system, automation, expert farming system, adaptive landscape.

Гагарина Лариса Геннадьевна

Д.т.н., профессор, Национальный
исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»
gagar@bk.ru

Янакова Елена Сергеевна

Д.т.н., профессор, Национальный
исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»
digitvesper@gmail.com

Воронова Наталья Михайловна

Н.с., Национальный исследовательский
университет «Московский институт электронной
техники»
ntvoronova@mail.ru

Доронина Анна Александровна

Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»
doronina.anna.a@mail.ru

Фомин Роман Андреевич

Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»
roman.a.fomin@mail.ru

Черкасов Дмитрий Евгеньевич

Национальный исследовательский ядерный
университет «Московский инженерно-физический
институт»
d.e.cherkasov@mail.ru

Чухляев Дмитрий Алексеевич

Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»
chukhlyayev.dmitry@mail.ru

Аннотация. В статье представлено решение проблемы повышения оперативности землепользования посредством разработки картографической части для модулей проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Ключевые слова: программный модуль, картографическая система, автоматизация, экспертная система земледелия, адаптивно-ландшафтный подход.

В последние десятилетия активно ведется цифровизация сельского хозяйства, в том числе и в области промышленного земледелия — разрабатываются системы автопилотирования сельскохозяйственной техники, используются беспилотные летательные аппараты для мониторинга полей, а также совершенствуются всевозможные информационные, аналитические и экспертные системы для поддержки функциональности агрономов.

В настоящее время успешно функционирует экспертная система оптимального землепользования (ЭСОЗ) [1]. ЭСОЗ представляет собой кроссплатформенную площадку на основе специализированных программных модулей, в частности:

1. модуль объектной модели (jdo_expert_system.jar);
2. модуль работы со схемой данных: storage-manager.jar;
3. модуль режима электронных карт (проект IntelliJ IDEA);
4. модуль автоматического проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия;
5. модуль пошагового проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия;
6. графический модуль.

Тем не менее, необходима реализация картографической части для оперативной привязки посевных площадей к местности.

Существующие информационные картографические системы не позволяют минимизировать издержки и повышать оперативность управления землепользованием в целом, что порождает определенную проблемную ситуацию. Причиной ее является то, что в современных интерактивных картографических системах данные об урожайности обрабатываются программами для составления карт. В результате функционал соответствующего режима позволяет только создавать и редактировать контуры объектов хозяйства.

Экспертная система оптимального землепользования. Модуль «Земельное хозяйство»

Как было сказано выше, ЭСОЗ представляет собой единую платформу для интеграции программных решений задач промышленного земледелия. ЭСОЗ выполнена в виде веб-приложения на платформе J2EE. В состав системы входит модуль «Земельное хозяйство», который позволяет создавать и редактировать контуры полей и участков и задавать различные характеристики, в частности, цвет, площадь, информацию о типе почв, культурах и т.п. Существующий функционал является

неполным, в частности, отсутствуют следующие составляющие:

- ♦ интерактивная система формирования оптимальных пакетов технологий для возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия;
- ♦ оптимальное распределение в автоматическом режиме посевной базы хозяйства под культуры для получения запланированного объема продукции по каждой культуре.

Таким образом, для расширения функционала модуля необходимо разработать и реализовать клиентскую и серверную часть еще двух модулей:

- ♦ «Пошаговое проектирование адаптивно-ландшафтных систем проектирования землепользования (АЛСЗ)»;
- ♦ «Автоматическое проектирование АЛСЗ».

В процессе работы над расширением функционала серверная часть модуля была реализована с помощью языка Java Platform Enterprise Edition [2] и контейнера сервлетов с открытым исходным кодом Tomcat v7.0.67 [3][4].

Для реализации клиентской части использовались язык разметки гипертекста HTML5 [5], каскадные таблицы стилей CSS [6], свободный набор инструментов для создания сайтов и веб-приложений Bootstrap v3.3.6, библиотека jQuery v1.11.1, интерфейс Google Maps API [7].

Модуль «Пошаговое проектирование АЛСЗ»

Модуль «Пошаговое проектирование АЛСЗ» представляет собой интерактивный механизм по формированию оптимальных пакетов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия.

Модуль предусматривает три режима работы:

1. обработка поля фермерского хозяйства;
2. обработка одного поля севооборота;
3. обработка всех полей севооборота.

В ходе разработки предложен дизайн-макет панели управления картой, которая включает настройку слоев, кнопку печати и легенду карты (рис. 1). Легенда и настройка слоев представлены в виде складных компонентов. Данный тип элементов помогает разгрузить панель управления картой и разбить функционал по блокам. Для полей карты разработан внешний вид всплывающего информационного окна, который включает следующую информацию о поле: номер поля, тип почвы, предшественник, культура, площадь.

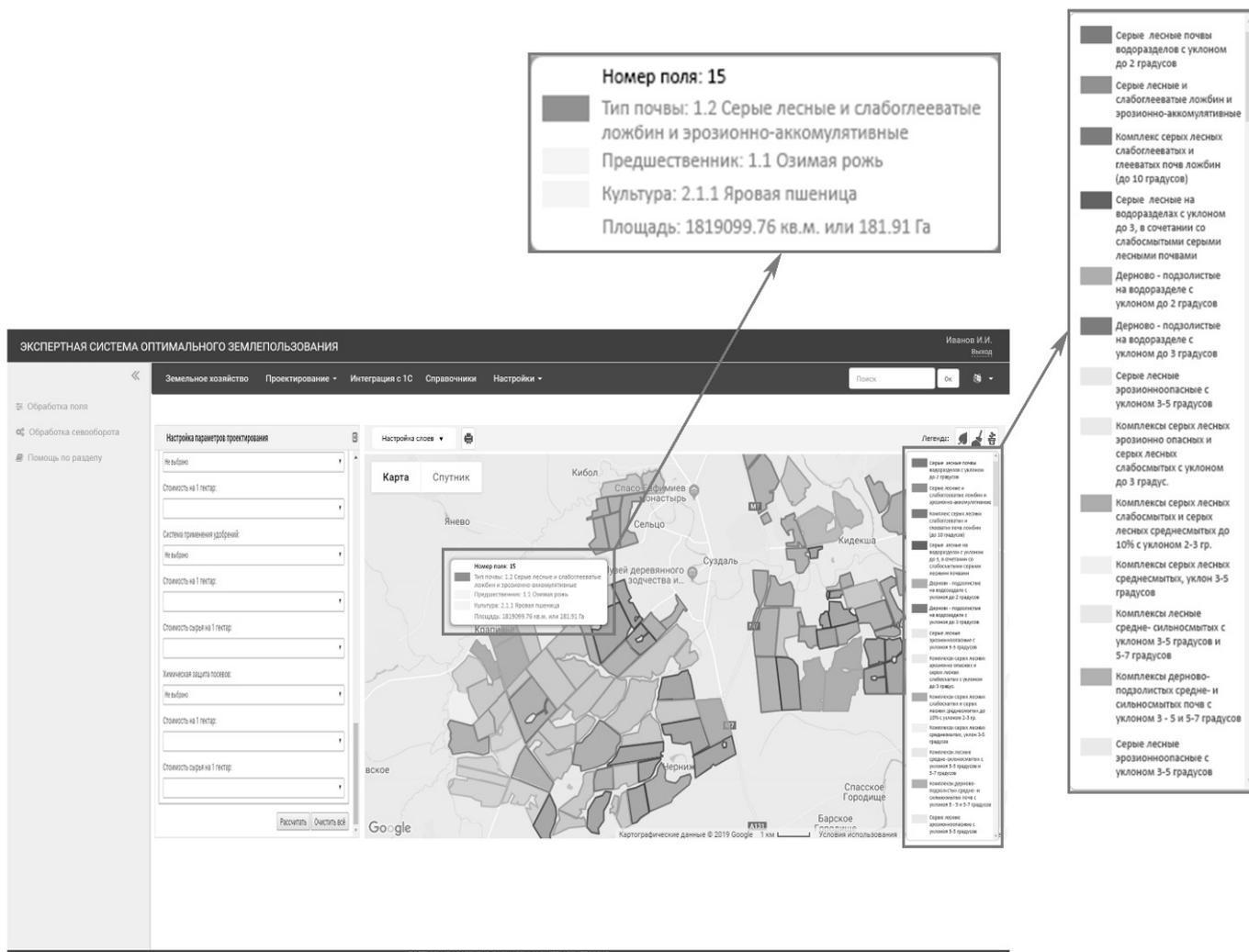


Рис. 1. Дизайн-макет элемента «Карта» с развернутой легендой и активным информационным окном

Картой и панелью управления дополнены все режимы модуля:

- ◆ обработка поля, построение нового решения;
- ◆ обработка поля, результаты;
- ◆ обработка севооборота, обработка одного поля, построение нового решения;
- ◆ обработка севооборота, обработка одного поля, дополнение;
- ◆ обработка севооборота, обработка всех полей, построение нового решения;
- ◆ обработка севооборота, обработка всех полей, дополнение;
- ◆ обработка севооборота, результаты.

Каждый режим содержит страницу построения нового решения и страницу просмотра результатов.

Страница построения нового решения включает панель «Настройки параметров проектирования»,

карту и таблицу с результатом. Построение решения проходит поэтапно. В панели «Настройка параметров проектирования» в начале работы задается название нового решения. После этого выбираются параметры земельного участка — сам посевной участок (поле) и базовая урожайность. Следующий этап — это настройка севооборота, выбор предшественника, вхождения в севооборот, группы культуры последователя, схемы севооборота, культуры и сорта, уровня интенсификации. Далее идет выбор обработки почвы и настройка посевов: уход за посевами, уборка, система применения удобрений, химическая защита посевов.

Результатом полной настройки параметров проектирования является экономическая оценка сконструированного решения — суммарные расходы, затраты и урожай. Полученное решение и его оценка представлены на странице в виде таблицы с результатом. Кроме

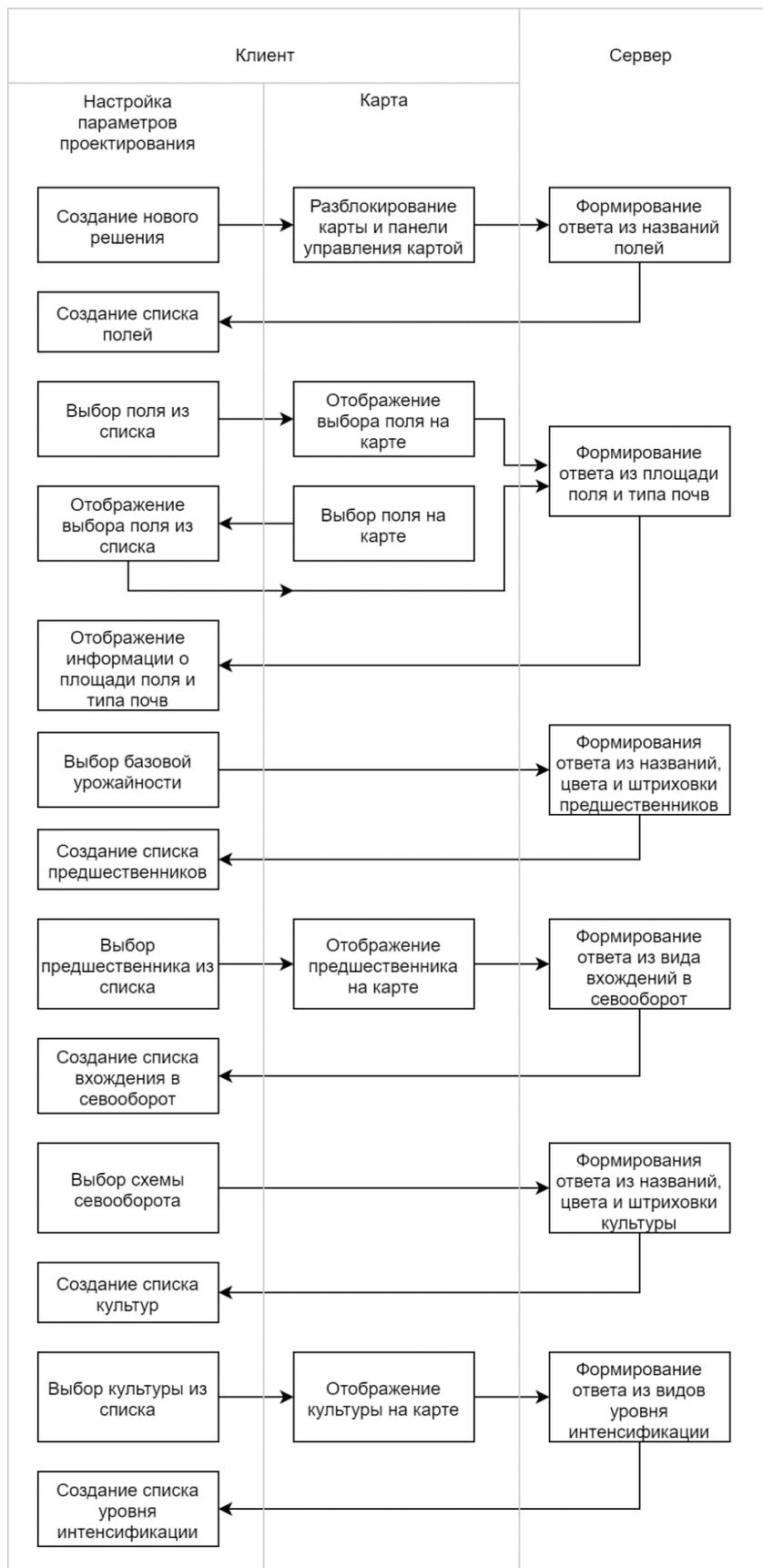


Рис. 2. Взаимодействие панели настройки параметров, карты и серверной части

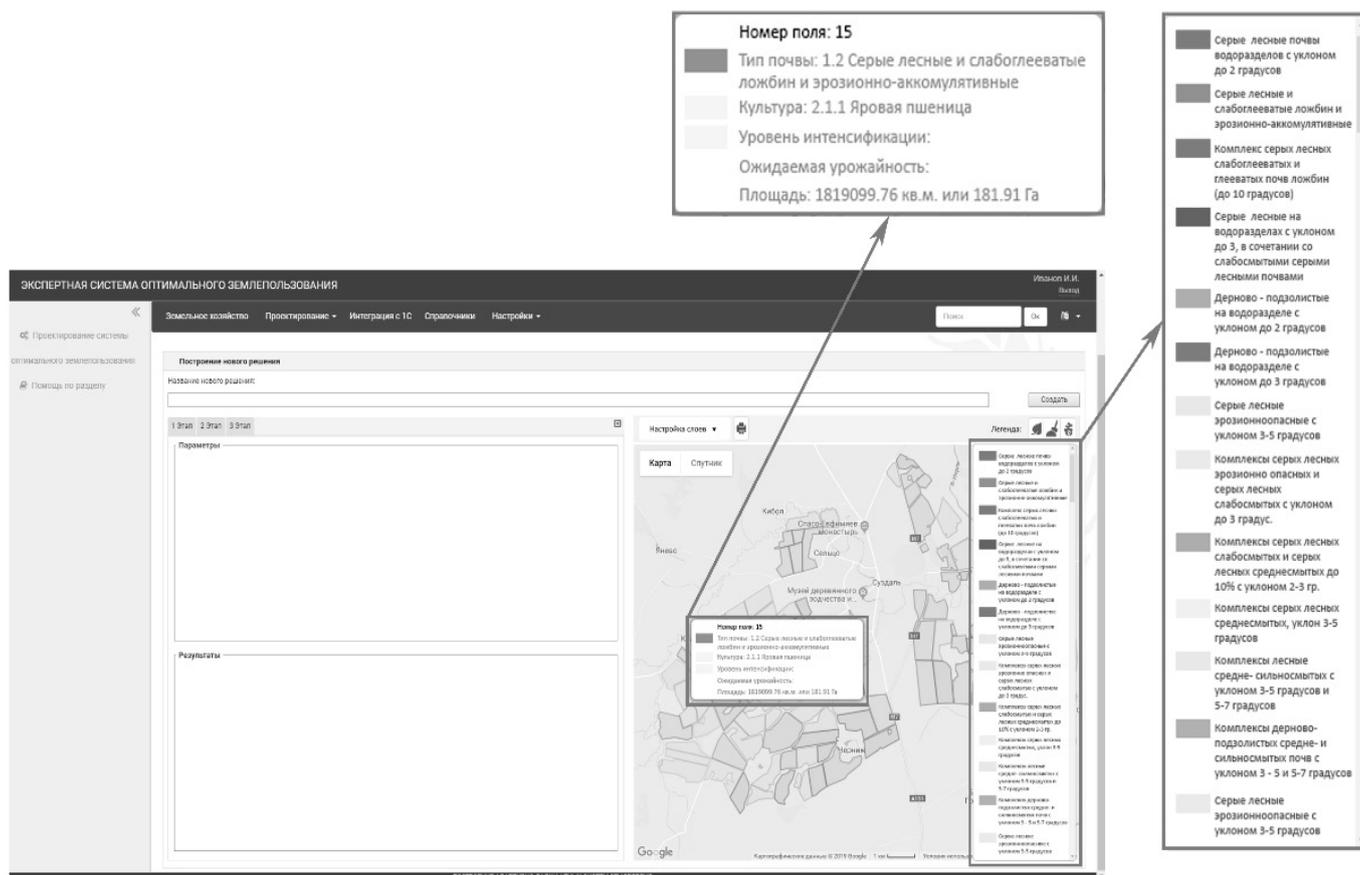


Рис. 3. Дизайн-макет элемента «Карта» с развернутой легендой и активным информационным окном

этого, результаты сохраняются и в дальнейшем по загрузке готова для просмотра на странице результатов.

Функционалы карты и панели настроек параметров проектирования (либо панели просмотра сохраненных результатов) тесно связаны. Дополняются функционалом панели управления картой, реализуя тем самым интерактивную составляющую картографического модуля — отображение самой карты и элементов внутри нее: полей и штриховки (рис. 2). С помощью JavaScript разработка дополнена js-файлами, которые связывают функционал с серверной частью [8][9].

Модуль «Автоматическое проектирования АЛСЗ»

Основная задача данного модуля состоит в оптимальном распределении в автоматическом режиме посевной базы хозяйства под культуры для получения запланированного объема продукции по каждой культуре.

Автоматическое проектирование АЛСЗ включает три последовательных этапа:

- ◆ оптимальное распределение посевной базы хозяйства под выращиваемые культуры для получения запланированного объема продукции по каждой культуре с учетом типа земли;
- ◆ оптимальное распределение участков хозяйства под посевные культуры;
- ◆ корректировка с учетом интенсификации.

Для полей карты разработан дизайн всплывающего информационного окна, который включает: номер поля, тип почвы, культуру, уровень интенсификации, плановую урожайность, площадь (рис. 3).

При автоматическом проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия используются три режима: создание решения, дополнение решения и результаты. Каждый режим осуществляется на отдельной странице.

Страница создания решения состоит из панели последовательных этапов построения нового решения, панели задаваемых параметров, панели получаемых результатов и карту.

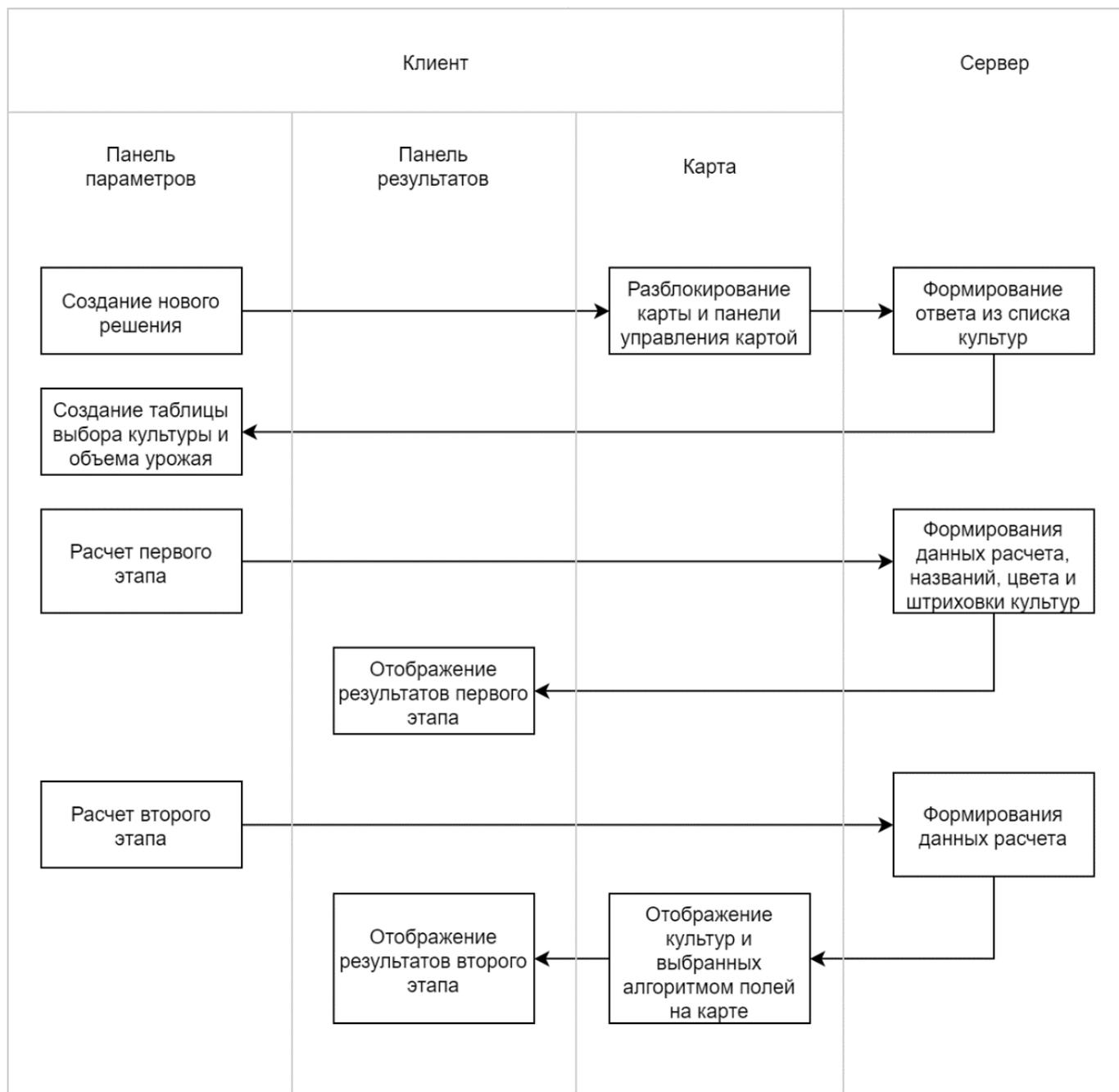


Рис. 4. Функциональная схема взаимодействия панели параметров, карты и серверной части

С помощью JavaScript интерактивность картографического модуля дополнена функционалом панели параметров (рис. 4).

Заключение

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи, а именно разработана картографическая часть для модулей автоматического и пошагового проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия,

а также psd-макеты; верстка дизайн-макетов; функциональная часть интерфейса элемента «Карта»; серверная часть.

В перспективе предполагается проверка юзобильности тестирования на фокус-группах пользователей; разработка нового модуля «Расчет доз удобрений», в котором планируется использование картографической части для проектирования распределения удобрений; интеграция реализованных модулей в ЭСОЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспертная система оптимального землепользования. URL: <http://agroexpert.online>
2. Архитектура J2EE [Электронный ресурс] // IBM Knowledge Center — документация к программным продуктам IBM. URL: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SS4JE2_7.5.5/org.eclipse.jst.j2ee.doc.user/topics/cjarch.html
3. Apache Tomcat [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Apache_Tomcat
4. Сервлет [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сервлет_\(Java\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сервлет_(Java)).
5. Web-архитектура, основы HTML5 [Электронный ресурс] // IBM Knowledge Center — документация к программным продуктам IBM. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-html5fundamentals/index.html>
6. CSS3 [Электронный ресурс] // MDN web-документация. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/CSS/CSS3>
7. Google Maps API [Электронный ресурс] // Веб-документация по API JavaScript Maps от Google.com. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference/>
8. jQuery [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JQuery>
9. Библиотека jQuery [Электронный доступ] // Веб-документация по библиотеке jQuery. URL: <http://api.jquery.com>

© Гагарина Лариса Геннадьевна (gagar@bk.ru), Янакова Елена Сергеевна (digitvesper@gmail.com),
Воронова Наталья Михайловна (nmvoronova@mail.ru), Доронина Анна Александровна (doronina.anna.a@mail.ru),
Фомин Роман Андреевич (roman.a.fomin@mail.ru), Черкасов Дмитрий Евгеньевич (d.e.cherkasov@mail.ru),
Чухляев Дмитрий Алексеевич (chukhlyaev.dmitry@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИЭТ

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ АУДИОСТЕГОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МАРКИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ АУДИОСИГНАЛОВ¹

DEVELOPMENT OF A MODEL OF A MULTI-CHANNEL AUDIO STEGOSYSTEM BASED ON DIGITAL AUDIO WATERMARKING²

M. Gofman

Summary. The article develops a model of an audio stegosystem based on digital audio watermarking. A feature of the model is its focus on channels with multiple input and output, which is relevant in the case of watermarking digital audio consisting of several digital audio tracks. The model consists of several interconnected blocks: creating a stegkey, creating a marker, embedding a marker, detecting a marker, extracting information from a detected marker.

Keywords: steganography, audio stegosystem, digital audio signal, audio watermarking

Гофман Максим Викторович

К.т.н., доцент, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
maxgof@gmail.com

Аннотация. В статье выполняется разработка модели аудиостегосистемы на основе маркирования цифровых аудиосигналов. Особенностью модели является её ориентированность на каналы с множественным входом и выходом, что является актуальным в случае маркирования цифровых аудиосигналов, состоящих из нескольких аудиодорожек. Модель состоит из нескольких взаимосвязанных блоков: создание стегоключа, создание маркера, внедрение маркера, обнаружение маркера, выделение информации из обнаруженного маркера.

Ключевые слова: стеганография, аудиостегосистема, цифровой аудиосигнал, маркирование аудиосигналов.

Введение

Маркирование цифровых аудиосигналов уже несколько десятилетий используется в качестве способа внедрения дополнительной информации в аудиосигнал [1, 2]. В статьях [3, 4, 5, 6, 7] представлены примеры методов маркирования аудиосигналов.

В серии статей [8, 9, 10, 11] последовательно выполнялась разработка метода маркирования цифровых аудиосигналов, ориентированного на воздушные акустические каналы связи. Эффективность метода маркирования цифровых аудиосигналов можно оценить в рамках определённой модели аудиостегосистемы.

Многоканальная аудиостегосистема на основе маркирования цифровых аудиосигналов используется для решения задачи стеганографической передачи информации с помощью маркирования цифровых аудиосигналов в условиях передачи по каналам с множественным входом и множественным выходом. Эту задачу можно разделить на следующую последовательность подзадач:

1. создание стегоключа из параметров маркируемого цифрового аудиосигнала и параметров канала связи;
2. создание маркера из передаваемой цифровой информации с помощью стегоключа;
3. внедрение маркера в цифровой аудиосигнал;
4. передача маркированного цифрового аудиосигнала через канал связи;
5. обнаружение маркера с помощью стегоключа в аудиосигнале, полученном с выхода канала связи;
6. извлечение принятой цифровой информации из обнаруженного маркера.

Создание стегоключа

Стеганографический ключ или стегоключ используется и на стороне отправителя, и на стороне получателя. На стороне отправителя стегоключ используется при создании маркера и внедрении маркера в цифровой аудиосигнал (маркировании). На стороне получателя стегоключ используется при обнаружении мар-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (грант ИБ; Соглашение № 7/2020)

² The reported study was funded by Russian Ministry of Science (information security № 7/2020)

кера в цифровом аудиосигнале, полученном из канала связи.

Стежоклюк представляет собой следующее множество параметров:

- ♦ множества двоичных последовательностей $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N_{Tx}}\}$, $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N_{Tx}}\}$, $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{N_{Tx}}\}$, используемых в процессе преобразования передаваемого информационного бита в элементы маркера; при этом $i \in \{1, 2, \dots, N_{Tx}\}$, где N_{Tx} — это требуемое для внедрения маркера количество аудиодорожек в маркируемом цифровом аудиосигнале;
- ♦ количество $N_{блок}$ отсчетов в блоках, на которые делятся аудиодорожки маркируемого цифрового аудиосигнала;
- ♦ частота F_s дискретизации маркируемого цифрового аудиосигнала.

Последовательности

$$\alpha_i = (\alpha_{i,1} \ \alpha_{i,2} \ \dots \ \alpha_{i,N_\alpha})$$

и

$$\beta_i = (\beta_{i,1} \ \beta_{i,2} \ \dots \ \beta_{i,N_\beta})$$

могут представлять собой, например, последовательности Голда и Касами, обладающие хорошими корреляционными свойствами. Последовательности

$$\gamma_i = (\gamma_{i,1} \ \gamma_{i,2} \ \dots \ \gamma_{i,N_\gamma})$$

строятся такими, чтобы можно было воспользоваться свойством обычных цифровых аудиосигналов, состоящем в том, что амплитудные спектры Фурье смежных последовательностей отсчетов аудиодорожки обычно оказываются похожими. В работах [8, 9] предлагается два метода построения последовательностей γ_i . Так, например, последовательность γ_i может быть построена в соответствии со следующим равенством

$$\gamma_i = \varphi_i \otimes \mathbf{RZ}_{код}$$

где \otimes — это оператор произведения Кронекера, φ_i — двоичная последовательность, $\mathbf{RZ}_{код}$ — последовательность четной длины, первая половина которой состоит из единиц, а вторая — из минус единиц. Для повышения эффективности процесса детектирования маркеров в отдельной аудиодорожке цифрового аудиосигнала, принимаемого из канала связи, элементы множества последовательностей $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{N_{Tx}}\}$ должны обладать хорошими корреляционными свойствами.

Создание маркера

Маркер — это целочисленная матрица

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} & \dots & Y_{1,N_\alpha N_\beta N_\gamma} \\ Y_{2,1} & Y_{2,2} & \dots & Y_{2,N_\alpha N_\beta N_\gamma} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{N_{Tx}, N_\alpha N_\beta N_\gamma} & Y_{N_{Tx}, N_\alpha N_\beta N_\gamma} & \dots & Y_{N_{Tx}, N_\alpha N_\beta N_\gamma} \end{pmatrix},$$

получаемая из передаваемой двоичной информационной числовой последовательности

$$\mathbf{x} = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{N_{Tx}})$$

при помощи стежоклюка. Элементы маркера удовлетворяют следующему равенству

$$Y_{i,j} = (2x_i - 1)\alpha_{i,a}\beta_{i,b}\gamma_{i,c},$$

где $i \in \{1, \dots, N_{Tx}\}$, $j \in \{1, \dots, N_\alpha N_\beta N_\gamma\}$, $x_i \in \{0, 1\}$ — это информационный бит,

$$a = \left\lfloor \frac{j-1}{N_\beta N_\gamma} \right\rfloor + 1,$$

$$b = ((j-1) \bmod N_\beta) + 1,$$

$$c = \left(\left\lfloor \frac{j-1}{N_\beta} \right\rfloor \bmod N_\gamma \right) + 1,$$

где $\lfloor \cdot \rfloor$ — это целая часть вещественного числа.

Внедрение маркера

Для выполнения процесса внедрения требуется маркер, стежоклюк и цифровой аудиосигнал, который будет подвергаться маркированию. Пусть требуется внедрить маркер в цифровой аудиосигнал, представленный в форме вещественной матрицы

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} S_{1,1} & S_{1,2} & \dots & S_{1,N_\alpha N_{блок} N_\gamma} \\ S_{2,1} & S_{2,2} & \dots & S_{2,N_\alpha N_{блок} N_\gamma} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{N_{Tx},1} & S_{N_{Tx},2} & \dots & S_{N_{Tx},N_\alpha N_{блок} N_\gamma} \end{pmatrix},$$

элементы которой обычно принимают значения из диапазона от -1 до 1 и определяют отсчеты аудиосигнала; при этом $N_{блок}$ — это четное число, удовлетворяющее равенству $N_{блок} = 2(N_\beta + 1)$. Каждая строка в этой матрице — это отдельная аудиодорожка. Если

$$C(i, f, k) = \begin{cases} B(i, f, k), & \text{если } k \in \{1, N_{\text{блок}}/2 + 1\}, \\ B(i, f, k)(1 + \rho Y_{i,a}), & \text{если } k \in \{2, \dots, N_{\text{блок}}/2\}, \\ B(i, f, k)(1 + \rho Y_{i,b}), & \text{если } k \in \{N_{\text{блок}}/2 + 2, \dots, N_{\text{блок}}\} \end{cases} \quad (1)$$

$$\hat{S}_{i,j} = \begin{cases} \frac{D(i, f, m)}{\max_{m \in \{1, \dots, N_{\text{блок}}\}} |D(i, f, m)|}, & \text{если } \max_{m \in \{1, \dots, N_{\text{блок}}\}} |D(i, f, m)| > 1, \\ D(i, f, m), & \text{иначе,} \end{cases} \quad (2)$$

передача осуществляется через акустический канал связи, то отдельная аудиодорожка передается отдельным излучателем акустических сигналов (например, акустическим динамиком).

Маркированный цифровой аудиосигнал также можно представить в форме матрицы

$$\hat{\mathbf{S}} = \begin{pmatrix} \hat{S}_{1,1} & \hat{S}_{1,2} & \dots & \hat{S}_{1,N_{\alpha}N_{\text{блок}}N_{\gamma}} \\ \hat{S}_{2,1} & \hat{S}_{2,2} & \dots & \hat{S}_{2,N_{\alpha}N_{\text{блок}}N_{\gamma}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{S}_{N_{\text{Тх}},1} & \hat{S}_{N_{\text{Тх}},2} & \dots & \hat{S}_{N_{\text{Тх}},N_{\alpha}N_{\text{блок}}N_{\gamma}} \end{pmatrix},$$

которая получается из матрицы \mathbf{S} и маркера \mathbf{Y} по следующему алгоритму.

1) Последовательности отсчетов, составляющие аудиодорожки во временной области, делятся на непрерывающиеся блоки по $N_{\text{блок}}$ отсчетов в каждом. Таким образом, получается, что m -й отсчет в f -м блоке в i -й аудиодорожке — это вещественное число

$$A(i, f, m) = S_{i,j},$$

где

$$j = (f - 1)N_{\text{блок}} + m,$$

при этом $i \in \{1, \dots, N_{\text{Тх}}\}, f \in \{1, 2, \dots\}, m \in \{1, 2, \dots, N_{\text{блок}}\}$.

2) Эти блоки отсчетов преобразуются в частотную область с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Таким образом, получается, что k -я частотная составляющая спектра f -го блока i -й аудиодорожки — это комплексное число

$$B(i, f, k) = \sum_{m=1}^{N_{\text{блок}}} A(i, f, m) e^{-\frac{2\pi I}{N_{\text{блок}}}(k-1)(m-1)},$$

где I — это мнимая единица, $k \in \{1, 2, \dots, N_{\text{блок}}\}$.

3) Частотные составляющие спектров блоков модифицируются в соответствии со значениями элементов маркера так, что модифицированные частотные составляющие, обозначаемые $C(i, f, k)$, удовлетворяют равенству (1), где ρ — это сила внедрения маркера, представляющая собой вещественное число, значительно меньшее единицы, при этом между индексами f, k, a, b выполняются следующие равенства:

$$a = (f - 1)N_{\beta} + k - 1,$$

$$b = fN_{\beta} - k + \frac{N_{\text{блок}}}{2} + 2.$$

4) Маркированный цифровой аудиосигнал во временной области получается из блоков модифицированных частотных составляющих с помощью обратного дискретного преобразования Фурье этих блоков:

$$D(i, f, m) = \frac{1}{N_{\text{блок}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{блок}}} C(i, f, k) e^{\frac{2\pi I}{N_{\text{блок}}}(k-1)(m-1)}.$$

5) В завершение отсчеты маркированного цифрового аудиосигнала по блокам подвергаются нормировке амплитуд в диапазон значений от -1 до 1 , по правилу (2).

где

$$j = (f - 1)N_{\text{блок}} + m.$$

Канал связи с множественными ВХОДОМ И ВЫХОДОМ

Архитектура разрабатываемой аудиостегосистемы основана на предположении о том, что в качестве канала связи используется канал с множественным входом и множественным выходом. Это означает, что отправитель использует несколько передатчиков, а получатель использует несколько приемников.

Так, например, когда в качестве канала связи используется акустический канал связи, то для кор-

$$\widehat{B}(i_{\text{шаг}}(r, t), f, k) = \ln \left| \sum_{m=1}^{N_{\text{блок}}} \widehat{A}(i_{\text{шаг}}(r, t), f, m) e^{-\frac{2\pi I}{N_{\text{блок}}}(k-1)(m-1)} \right|, \quad (3)$$

ректной передачи аудиосигнала состоящего из $N_{Tx}N_{Tx}$ аудиодорожек, потребуется такое же количество преобразователей электрических сигналов в акустические — акустических динамиков. Получателю для осуществления, по меньшей мере, стереозаписи потребуется два преобразователя акустических сигналов в электрические — пара микрофонов.

Процесс маркирования, используемый в разрабатываемой аудиостегосистеме, основан на предположении, что вход и выход канала связи являются цифровыми. Поэтому, если, например, используется акустический канал связи, то вход канала связи должен включать в себя блок цифро-аналогового преобразования, а выход — блок аналого-цифрового преобразования.

Помимо акустического канала могут использоваться другие каналы связи, обладающий множественным входом и множественным выходом. Например, это может быть цифровой канал, в котором маркированный цифровой аудиосигнал подвергается цифровым преобразованиям: сжатие с потерями, добавление акустических эффектов и т.д.

Обнаружение маркера

На выходе канала связи в результате оказанного им воздействия будет искажённый маркированный цифровой аудиосигнал. Процесс обнаружения маркера выполняется в цифровом аудиосигнале

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} R_{1,1} & R_{1,2} & \dots \\ R_{2,1} & R_{2,2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots \\ R_{N_{Rx},1} & R_{N_{Rx},2} & \dots \end{pmatrix},$$

получаемом с выхода канала связи. При этом отсчеты $R_{i,j}$ — это вещественные числа, принимающие значения из диапазона от -1 до 1 , а N_{Rx} — это количество аудиодорожек в принятом цифровом аудиосигнале. Каждая аудиодорожка принятого цифрового аудиосигнала в процессе обнаружения рассматривается, как линейная комбинация аудиодорожек отправленного в канал цифрового аудиосигнала, при этом аудиодорожки в процессе обнаружения маркера обрабатываются независимо друг от друга. Для обнаружения маркеров в аудиодорожках авторизованный получатель использует стегоключ, использованный отправителем в процессе внедрения маркера.

Алгоритм обнаружения в r -й ($r \in \{1, \dots, N_{Rx}\}$) аудиодорожке принятого цифрового аудиосигнала \mathbf{R} маркера, который содержался в t -й ($t \in \{1, \dots, N_{Tx}\}$) аудиодорожке отправленного в канал маркированного цифрового аудиосигнала $\widehat{\mathbf{S}}$, представляет собой следующую последовательность действий.

1) Последовательность отсчетов r -й аудиодорожки, начинающуюся с отсчета с порядковым номером $i_{\text{шаг}}(r, t) \in \{1, 2, \dots\}$, делится на смежные неперекрывающиеся блоки по $N_{\text{блок}}$ отсчетов в каждом блоке. Таким образом, получается, что m -й отсчет в f -м блоке в r -й аудиодорожке — это вещественное число

$$\widehat{A}(i_{\text{шаг}}(i, t), f, m) = R_{i, j+i_{\text{шаг}}(i, t)-1},$$

где $j = (f - 1)N_{\text{блок}} + m, r \in \{1, \dots, N_{Rx}\}, f \in \{1, 2, \dots\}, m \in \{1, 2, \dots, N_{\text{блок}}\}$.

2) Блоки отсчетов преобразуются в частотную область с помощью дискретного преобразования Фурье, а затем вычисляются натуральные логарифмы амплитуд частотных составляющих получаемых спектров Фурье блоков. Так, натуральный логарифм от амплитуды k -й частотной составляющей спектра f -го блока r -й аудиодорожки — это (3)

где I — это мнимая единица, $k \in \{1, 2, \dots, N_{\text{блок}}\}$.

3) Вычисляется нормированная корреляция между последовательностью величин $\widehat{B}(i_{\text{шаг}}(r, t), f, k)$ и последовательностями $\alpha_t, \beta_t, \gamma_t$ по следующей формуле:

$$\rho(i_{\text{шаг}}(r, t)) = \frac{\sum_{a=1}^{N_{\alpha}} \alpha_{t,a} \left(\widehat{C}(a) - \frac{1}{N_{\alpha}} \sum_{a=1}^{N_{\alpha}} \widehat{C}(a) \right)}{\sqrt{\sum_{a=1}^{N_{\alpha}} \left(\alpha_{t,a} \left(\widehat{C}(a) - \frac{1}{N_{\alpha}} \sum_{a=1}^{N_{\alpha}} \widehat{C}(a) \right) \right)^2}}$$

где

$$\widehat{C}(a) = \sum_{b=1}^{N_{\beta}} \beta_{t,b} \sum_{c=1}^{N_{\gamma}} \gamma_{t,c} \widehat{B}(i_{\text{шаг}}(r, t), d, e),$$

при этом

$$d = (a - 1)N_{\beta}N_{\gamma} + (c - 1)N_{\beta} + 1,$$

$$e = b + 1.$$

4) Вычисляется эксцесс нормированной корреляции по следующей формуле:

$$\mu(i_{\text{шаг}}(r, t), W) = \frac{\sum_{a=i_{\text{шаг}}(r, t)}^{i_{\text{шаг}}(r, t)+W-1} (\rho(a) - \widehat{D})^4}{W} \bigg/ \left(\sqrt{\frac{\sum_{a=i_{\text{шаг}}(r, t)}^{i_{\text{шаг}}(r, t)+W-1} (\rho(a) - \widehat{D})^2}{W}} \right)^4,$$

где W — это целое число, которое следует выбирать не меньшим 8193, а

$$\widehat{D} = \frac{1}{W} \sum_{b=i_{\text{шаг}}(r, t)}^{i_{\text{шаг}}(r, t)+W-1} \rho(b).$$

5) Вычисляется пик-фактор эксцесса по следующей формуле:

$$\eta(i_{\text{шаг}}(r, t), W) = \frac{\max_{\forall a \in \{i_{\text{шаг}}(r, t), \dots, i_{\text{шаг}}(r, t)+W-1\}} \mu(a, W)}{\sqrt{\frac{1}{W} \sum_{b=i_{\text{шаг}}(r, t)}^{i_{\text{шаг}}(r, t)+W-1} (\mu(b, W))^2}}.$$

6) Последовательно увеличивая значения величины $i_{\text{шаг}}(r, t)$, начиная от значения 1, остановиться на таком значении этой величины, обозначим его $i_{\text{шагИтого}}(r, t)$, при котором выполняется следующее неравенство:

$$\eta(i_{\text{шагИтого}}(r, t), W) > \eta_{\text{вп}},$$

где $\eta_{\text{вп}}$ — это задаваемое положительное вещественное число, обозначающее верхнее пороговое значение для пик-фактора эксцесса. Обычно в качестве $\eta_{\text{вп}}$ следует брать число чуть превышающее 1, например, 1.1.

7) Если $i_{\text{шагИтого}}(r, t)$ найден, то определить в последовательности натуральных чисел ближайшие слева и справа от $i_{\text{шагИтого}}(r, t)$ такие значения $i_{\text{шаг}}(r, t)$, обозначим их соответственно $i_{\text{шагСлева}}(r, t)$ и $i_{\text{шагСправа}}(r, t)$, для которых выполняются следующие неравенства:

$$\eta(i_{\text{шагСлева}}(r, t), W) < \eta_{\text{нп}}$$

и

$$\eta(i_{\text{шагСправа}}(r, t), W) < \eta_{\text{нп}},$$

в которых $\eta_{\text{нп}}$ — это задаваемое положительное вещественное число, обозначающее нижнее пороговое значение для пик-фактора эксцесса. В качестве $\eta_{\text{нп}}$ сле-

дует брать число, меньшее $\eta_{\text{вп}}$, но также чуть превышающее 1, например, 1.03.

8) В последовательности чисел $\rho(i_{\text{шаг}}(r, t))$, когда порядковые номера

$$i_{\text{шаг}}(r, t) \in \{i_{\text{шагСлева}}(r, t), \dots, i_{\text{шагСправа}}(r, t)\},$$

определить границы всех подпоследовательностей, состоящих из чисел с одинаковым знаком. Обозначим через N_K количество таких подпоследовательностей, а через n_1, n_2, \dots, n_{N_K} возрастающую последовательность порядковых номеров первых чисел каждой из этих подпоследовательностей. Первая такая последовательность начинается с числа $\rho(n_1)$ с порядковым номером $n_1 = i_{\text{шагСлева}}(r, t)$, а последняя оканчивается числом

$$\rho(i_{\text{шагСправа}}(r, t)),$$

имеющим порядковый номер $i_{\text{шагСправа}}(r, t)$.

9) Используя найденную возрастающую последовательность порядковых номеров n_1, n_2, \dots, n_{N_K} , определить такое целое число ε из множества чисел $\{1, 2, \dots, N_K\}$, при котором выполняется следующее равенство:

$$\zeta(n_\varepsilon) = \max\{\zeta(n_1), \zeta(n_2), \dots, \zeta(n_{N_K})\},$$

где

$$\zeta(n_k) = \frac{1}{2F_s(n_{k+1} - n_k)} \left| \sum_{a=n_k}^{n_{k+1}-1} (\rho(a) + \rho(a+1)) \right|,$$

где $k \in \{1, 2, \dots, N_K\}$, при этом $n_{N_K+1} = i_{\text{шагСправа}}(r, t)$.

10) Среди порядковых номеров от n_ε до $n_{\varepsilon+1}$ найти такой, обозначим его $i_{\text{шагМАХ}}(r, t)$, при котором выполняется следующее равенство:

$$\begin{aligned} & |\rho(i_{\text{шагМАХ}}(r, t))| = \\ & = \max\{|\rho(n_\varepsilon)|, |\rho(n_\varepsilon + 1)|, \dots, |\rho(n_{\varepsilon+1})|\}. \end{aligned}$$

Как только найдены порядковые номера $i_{\text{шагМАХ}}(r, t)$ и связанные с ними значения нормированной корреляционной функции $\rho(i_{\text{шагМАХ}}(r, t))$ для всех $r \in \{1, \dots, N_{\text{Rx}}\}$ и $t \in \{1, \dots, N_{\text{Tx}}\}$, этап обнаружения завершается.

Извлечение цифровой информации

После успешного завершения этапа обнаружения маркера начинается этап извлечения цифровой информации. В результате этого этапа получается матрица

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \hat{x}_{1,1} & \hat{x}_{1,2} & \dots & \hat{x}_{1,N_{\text{TX}}} \\ \hat{x}_{2,1} & \hat{x}_{2,2} & \dots & \hat{x}_{2,N_{\text{TX}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{N_{\text{RX}},1} & \hat{x}_{N_{\text{RX}},2} & \dots & \hat{x}_{N_{\text{RX}},N_{\text{TX}}} \end{pmatrix},$$

в которой

$$\hat{x}_{r,t} = \frac{\text{sign}(\rho(i_{\text{шарMAX}}(r, t))) + 1}{2},$$

где

$$\text{sign}(a) = \begin{cases} 1, & \text{если } a > 0, \\ -1, & \text{иначе.} \end{cases}$$

В случае отсутствия значительных искажений в канале число $\hat{x}_{r,t}$ будет равно информационному биту $x_{r,t}$, переданному с помощью t -го передатчика отправителя и принятому с помощью r -го приемника получателя.

Заключение

В статье предложена модель аудиостегосистемы, основанная на методе маркирования, последовательно разрабатывавшемся в статьях [8, 9, 10, 11]. Представленная модель аудиостегосистемы позволяет выполнять оценку устойчивости используемой в ней системы маркирования цифровых аудиосигналов к воздействиям акустического канала связи с множественным входом и множественным выходом, а также к воздействиям, оказываемым цифровой обработкой маркированных аудиосигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелухин О.И., Канаев С.Д. Стеганография. Алгоритмы и программная реализация: Под. редакцией проф. Шелухина О.И. — Москва: Горячая линия-Телеком. — 2017. — 592 с.
2. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. — Москва: СОЛОН-ПРЕСС. — 2009. — 272 с.
3. Yun H. S., Cho K., Kim N. S. Acoustic data transmission based on modulated complex lapped transform // IEEE Signal Processing Letters. — 2010. — Т. 17. — № 1. — С. 67–70.
4. Cho K., Baek S., Moon H. G., Kim N. S. Multi-microphone approach for reliable acoustic data transmission // 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). — IEEE. — 2016. — С. 557–560.
5. Zhou M., Wang Q., Ren K., Koutsonikolas D., Su L., Chen Y. Dolphin: Real-time hidden acoustic signal capture with smartphones // IEEE Transactions on Mobile Computing. — 2018. — Т. 18. — Вып 3. — С. 560–573.
6. Lee H., Kim T. H., Choi J. W., Choi S. Chirp signal-based aerial acoustic communication for smart devices // 2015 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM). — IEEE. — 2015. — С. 2407–2415.
7. Nandakumar R., Chintalapudi K. K., Padmanabhan V., Venkatesan R. Dhvani: secure peer-to-peer acoustic NFC // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. — 2013. — Т. 43. — № 4. — С. 63–74.
8. Гофман М. В. Методика скрытой передачи данных при связи через воздушный аудиоканал // Труды СПИИРАН. — 2017. — Вып 2. — С. 97–122.
9. Гофман М.В., Корниенко А. А., Мирончиков Е. Т., Никитин А. Б. Цифровое маркирование аудиосигналов для робастной скрытой акустической связи через воздушный аудиоканал // Труды СПИИРАН. — 2017. — Вып. 6. — С. 185–215.
10. Гофман М.В., Корниенко А. А., Глухарев М. Л. Метод детектирования маркера в цифровом аудиосигнале авторизованным получателем // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2020. — Вып. 4. — С. 58–71.
11. Гофман М. В. Обнаружение маркера в цифровом аудиосигнале авторизованным получателем // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2021. — № 02. — С. 45–50. DOI 10.37882/2223–2966.2021.02.09

© Гофман Максим Викторович (maxgof@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФОРМИРОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО КОДОВО-ЧАСТОТНО МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА В ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK

COMPARISON OF THE PROCESS OF FORMING ORTHOGONAL CODE-FREQUENCY MODULATION AND ANGULAR MODULATION IN THE MATLAB SIMULINK

A. Gumarov

Summary. In the article, the model of generators for building: a frequency-modulated signal, a phase-modulated signal, an orthogonal code-frequency modulated signal, in the Matlab Simulink software package. The process of forming an orthogonal code-frequency signal is considered, a comparison is made with frequency and phase modulation. The key difference with orthogonal frequency code modulation is the increase in frequency over time, as a consequence of the expansion of the parameter signal.

Keywords: orthogonal code-frequency modulation (OCFM), angular modulation, frequency modulation (FM), phase modulation (PM), frequency, phase, Matlab, Simulink.

Гумаров Андрей Рашитович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», г. Самара
nibelheim@inbox.ru

Аннотация. Целью работы является исследование ортогональной кодово-частотной модуляции. В статье представлены модели генераторов для построения: частотно-модулированного сигнала, фазово-модулированного сигнала, ортогонального кодово-частотно модулированного сигнала, в программном комплексе Matlab Simulink. Рассмотрен процесс формирования ортогонального кодово-частотного сигнала, произведено сравнение с частотной и фазовой модуляцией. Ключевым отличием ортогональной кодово-частотной модуляции является увеличение частоты со временем, как следствие расширение спектра сигнала.

Ключевые слова: ортогональная кодово-частотная модуляция (ОКЧМ), угловая модуляция (УМ), частотная модуляция (ЧМ), фазовая модуляция (ФМ), частота, фаза, Matlab, Simulink.

Введение

Во многих областях промышленности от правильного приема сигналов телемеханики и телеуправления зависит безопасность человека и с каждым годом сферы применения систем электросвязи расширяются. Необходимость повышать надежность передачи информации возрастает. В работе исследуется процесс формирования ортогональных кодово-частотно модулированных сигналов, рассматривается процесс формирования сигналов с угловой модуляцией. Исследование проводится с помощью программного комплекса Matlab Simulink — блочного имитационного моделирования различных систем [1, с. 30]. Программный комплекс Matlab с расширением Simulink является эффективной системой моделирования. Имитационное моделирование — это моделирование с использованием математической модели для имитации реального объекта [1, с. 39].

Теоретические сведения

Модуляция — процесс наложения информации, которая имеет вид сигнала сообщения на другой сигнал

с более высокой частотой (несущей) [2, с. 136]. Мгновенное значение электрической величины, изменяющейся во времени по гармоническому закону, определяется уравнением:

$$U_{\ast} \sin \theta, \quad (1)$$

где θ — полная фаза колебания.

$$\theta = (\omega_{\ast} t + \varphi_{\ast}). \quad (2)$$

Тогда:

$$a(t) = U_{\ast} \sin(\omega_{\ast} t + \varphi_{\ast}), \quad (3)$$

где U_{\ast} — амплитуда колебания, ω_{\ast} — круговая частота, φ_{\ast} — начальная фаза (при $t = 0$).

Угловая модуляция (УМ). При УМ изменяется полный угол (θ) несущего колебания. УМ реализуется с помощью фазовой модуляции или частотной модуляции.

Полная фаза:

$$\theta = \omega_0 t + kb(t). \quad (4)$$

Круговая частота по определению представляет собой скорость изменения начальной фазы. Мгновенная частота — это производная полной фазы по времени:

$$\omega(t) = \frac{d\theta}{dt} = \omega_0 + \frac{db}{dt}. \quad (5)$$

Тогда полная фаза [4, с. 525]:

$$\theta = \int \omega(t) dt. \quad (6)$$

Фазовая модуляция (ФМ)

ФМ является прямым нелинейным видом модуляции, сдвиг фазы φ изменяется от начального значения φ_0 пропорционально модулирующему сигналу b (находится под знаком тригонометрической функции):

$$\varphi_H = \varphi_0 + kb(t), \quad (7)$$

где k — размерный постоянный коэффициент пропорциональности, $b(t)$ — модулирующий сигнал.

$$b(t) = U \sin(\Omega t + \varphi_M), \quad (8)$$

$$\varphi_H = \varphi_0 + k(U \sin(\Omega t + \varphi_M)), \quad (9)$$

$$a_{\text{ФМ}} = U_H \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + k(U \sin(\Omega t + \varphi_M))), \quad (10)$$

$m = kU$ — индекс ФМ, равен максимальному отклонению начальной фазы колебания от среднего значения φ_0 . При фазе $\varphi_0 = 0$.

$$a_{\text{ФМ}} = U_H \sin(\omega_0 t + m \sin(\Omega t + \varphi_M)). \quad (11)$$

Частотная модуляция (ЧМ)

При ЧМ частота $\omega(t)$ изменяется относительно среднего значения (ω_0), пропорционально модулирующему сигналу $b(t)$. ЧМ является нелинейным интегральным видом модуляции. ЧМ можно представить, как ФМ, у которого фаза изменяется пропорционально интегралу от модулирующего сигнала.

В ЧМ частота изменяется по закону:

$$\omega(t) = \omega_0 + kb(t), \quad (12)$$

где k — размерный постоянный коэффициент пропорциональности, $b(t)$ — модулирующий сигнал.

$$b(t) = U \cos(\Omega t + \varphi_M), \quad (13)$$

$$\begin{aligned} a_{\text{ЧМ}} &= U_H \sin \int \omega(t) dt = U_m \sin \int (\omega_0 + kb(t)) dt = \\ &= U_H \sin \left(\omega_0 t + C + \int kb(t) dt \right), \end{aligned} \quad (14)$$

где $C = \varphi_0$ — постоянная интегрирования, выполняет роль начальной фазы [5, с. 13].

$$\begin{aligned} a_{\text{ЧМ}} &= U_H \sin \left(\omega_0 t + \varphi_0 + \int U \cos(\Omega t + \varphi_M) dt = \right. \\ &= U_H \sin \left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{kU}{\Omega} \sin(\Omega t + \varphi_M) \right), \end{aligned} \quad (15)$$

$m = \frac{kU}{\Omega} = \frac{\omega_d}{\Omega}$ — девиация частоты (индекс ЧМ).

При фазовом угле $\varphi_0 = 0$:

$$a_{\text{ЧМ}} = U_H \sin(\omega_0 t + m \sin(\Omega t + \varphi_M)), \quad (16)$$

где ω_0 — средняя частота колебания (немодулированная частота), Ω — частота модуляции [4, с. 75].

Для краткости положим, что $\varphi_M = 0$, тогда уравнения для ЧМ и ФМ имеют вид:

$$a_{\text{ФМ}} = U_H \sin(\omega_0 t + m \sin \Omega t), \quad (17)$$

$$a_{\text{ЧМ}} = U_H \sin(\omega_0 t + m \sin \Omega t). \quad (18)$$

Аналитическая форма записи уравнений для ФМ и ЧМ аналогична [6, с. 102], отличие в части касающегося индекса модуляции — m .

Ортогональная кодово-частотная модуляция (ОКЧМ)

Способ ортогонально кодово-частотной модуляции предложен в диссертационной работе А.В. Авсиевичем. В отличие от стандартной ЧМ, в ОКЧМ происходит изменение частоты $\Delta\omega(t) \sin \Omega t$ относительно среднего значения ω_0 .

Несущее колебание:

$$y(t) = U_m \sin(\omega_H t + \varphi_H). \quad (19)$$

У которого частота изменяется по закону:

$$\omega_H = \omega_0 + b(t) \quad (20)$$

где $\Delta\omega(t)$ — значения девиации частоты, $b(t)$ — модулирующий сигнал.

$$b(t) = \Delta\omega(t) \sin(\Omega t + \varphi_M). \quad (21)$$

Тогда:

$$\omega_H = (\omega_0 + \Delta\omega(t) \sin(\Omega t + \varphi_M))t, \quad (22)$$

$$y_{\text{ЧМ}} = U_m \sin((\omega_0 + \Delta\omega(t) \sin(\Omega t + \varphi_M))t + \varphi_0). \quad (23)$$

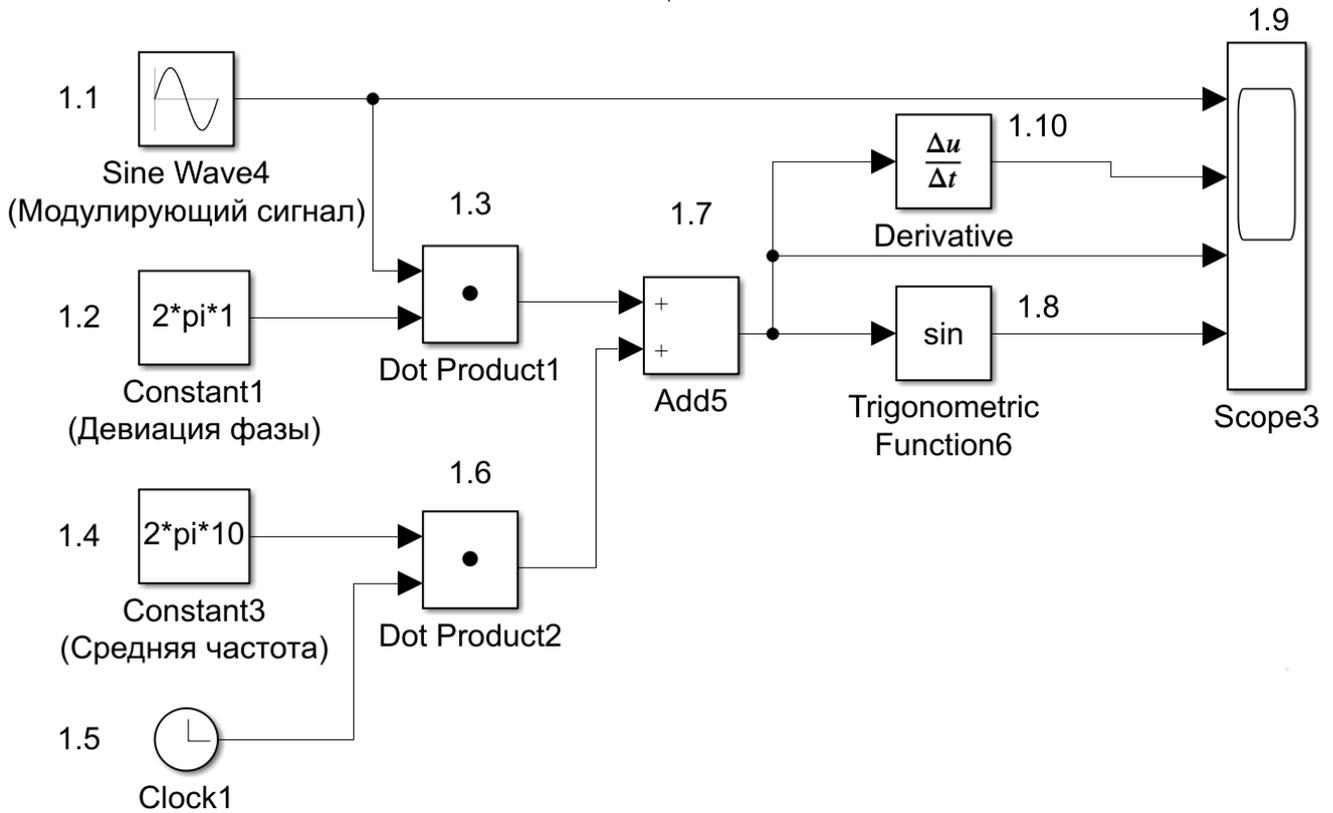


Рис. 1. Модель генератора ФМ сигнала

При фазе $\varphi_0 = \varphi_M = 0$ уравнение принимает вид:

$$y_{чМ} = U_m \sin((\omega_0 + \Delta\omega(t) \sin \Omega t)t). \quad (24)$$

Раскрыв скобки получим уравнение, частотной модуляции с синусоидальной модулирующей частотой:

$$y_1 = U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\alpha(t)t \sin \Omega t). \quad (25)$$

Аналогично формируется частотная модуляция с косинусоидальной модулирующей частотой, итоговое уравнение которой:

$$y_2 = U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\beta(t)t \cos \Omega t). \quad (26)$$

Ортогональный кодово-частотный модулятор описывается уравнением:

$$y = U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\alpha(t)t \sin \Omega t) + U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\omega_\beta(t)t \cos \Omega t), \quad (27)$$

где ω_0 — средняя частота, U_m — амплитуда модулируемого сигнала, Ω — частота модулирующего сигнала, $\Delta\omega_\alpha(t)$ и $\Delta\omega_\beta(t)$ — значения девиации частоты [7, с. 38]. В работе рассматривается только синусоидальная составляющая.

Модель генератора для формирования фазово-модулированного сигнала

Блок 1.1 «Sine Wave» — генератор синусоидального сигнала (генерирует модулирующий синусоидальный сигнал $\sin \Omega t$); блок 1.2 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант девиации фазы (m); блок 1.3 «Product» — блок умножения ($m \sin \Omega t$); блок 1.4 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант средней частоты ($\omega_0 t$); блок 1.5 «Clock» — источник текущего времени служит для генерации чисел, которые являются значениями текущего времени моделирования (t); блок 1.6 «Product» — блок умножения ($\omega_0 t$); блок 1.7 «Add» — блок сложения для вычисления полной фазы несущего колебания ($\omega_0 t$ и $m \sin \Omega t$); блок 1.8 «Trigonometric Function» — блок вычисления тригонометрических функций от полной фазы $\omega_0 t + m \sin \Omega t$; блок 1.9 «Scope» — осциллограф для наблюдения временных и иных зависимостей; блок 1.10 «Derivative» — дифференцирующий блок для вычисления $\omega(t)$.

На рисунке 2 представлен результат работы модели генератора ФМ сигнала, графики: 1) несущий сигнал

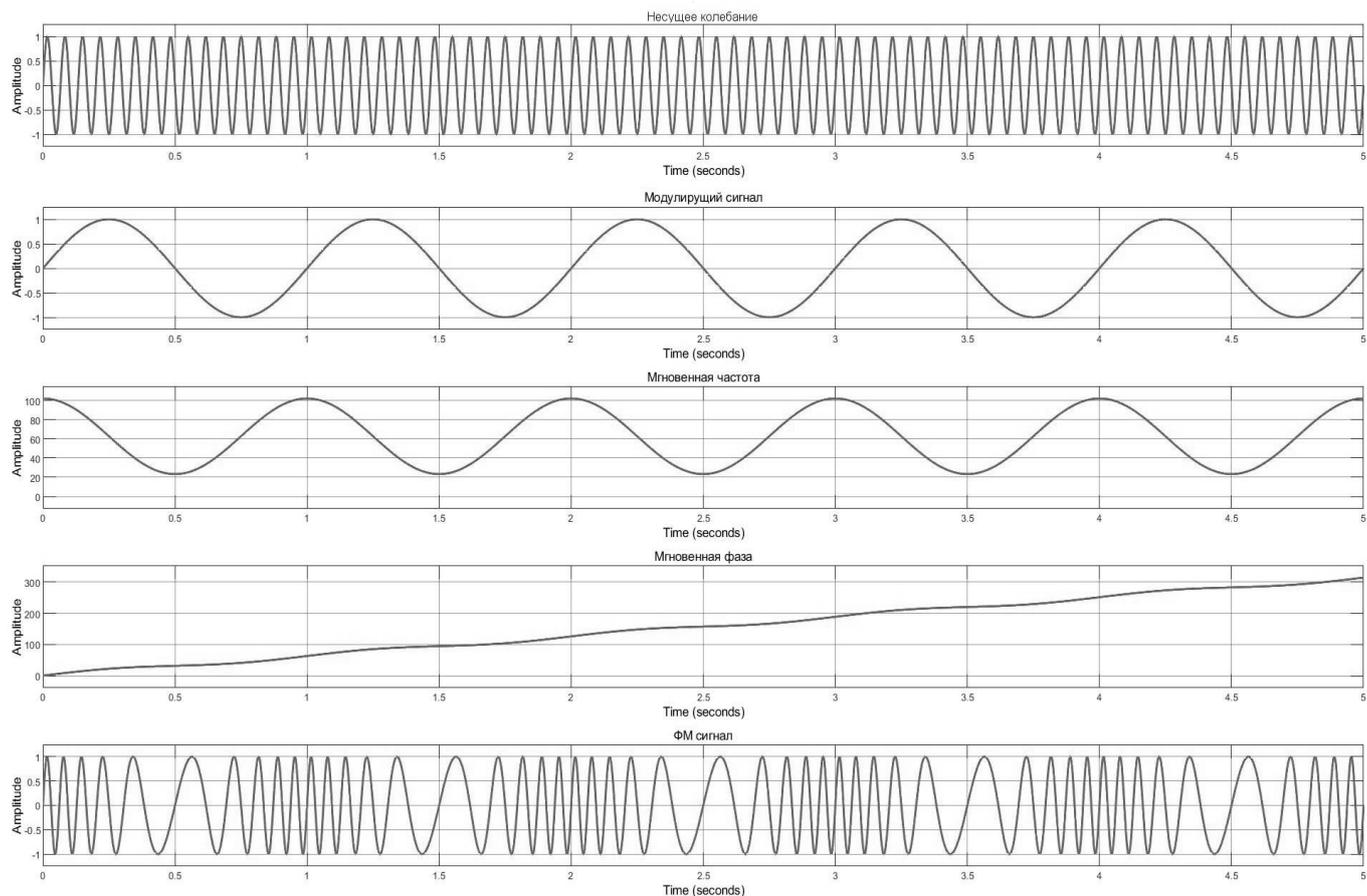


Рис. 2. Временные диаграммы процесса формирования синусоидальной ФМ сигнала

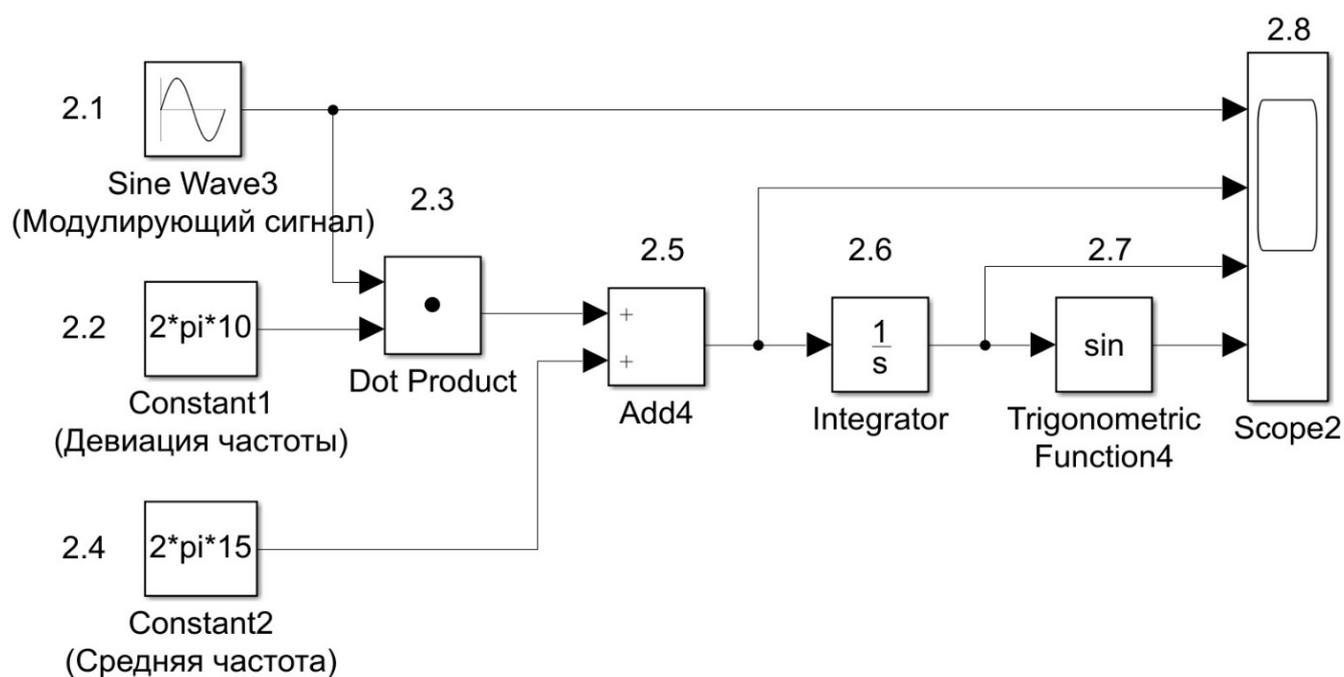


Рис. 3. Модель генератора ЧМ сигнала

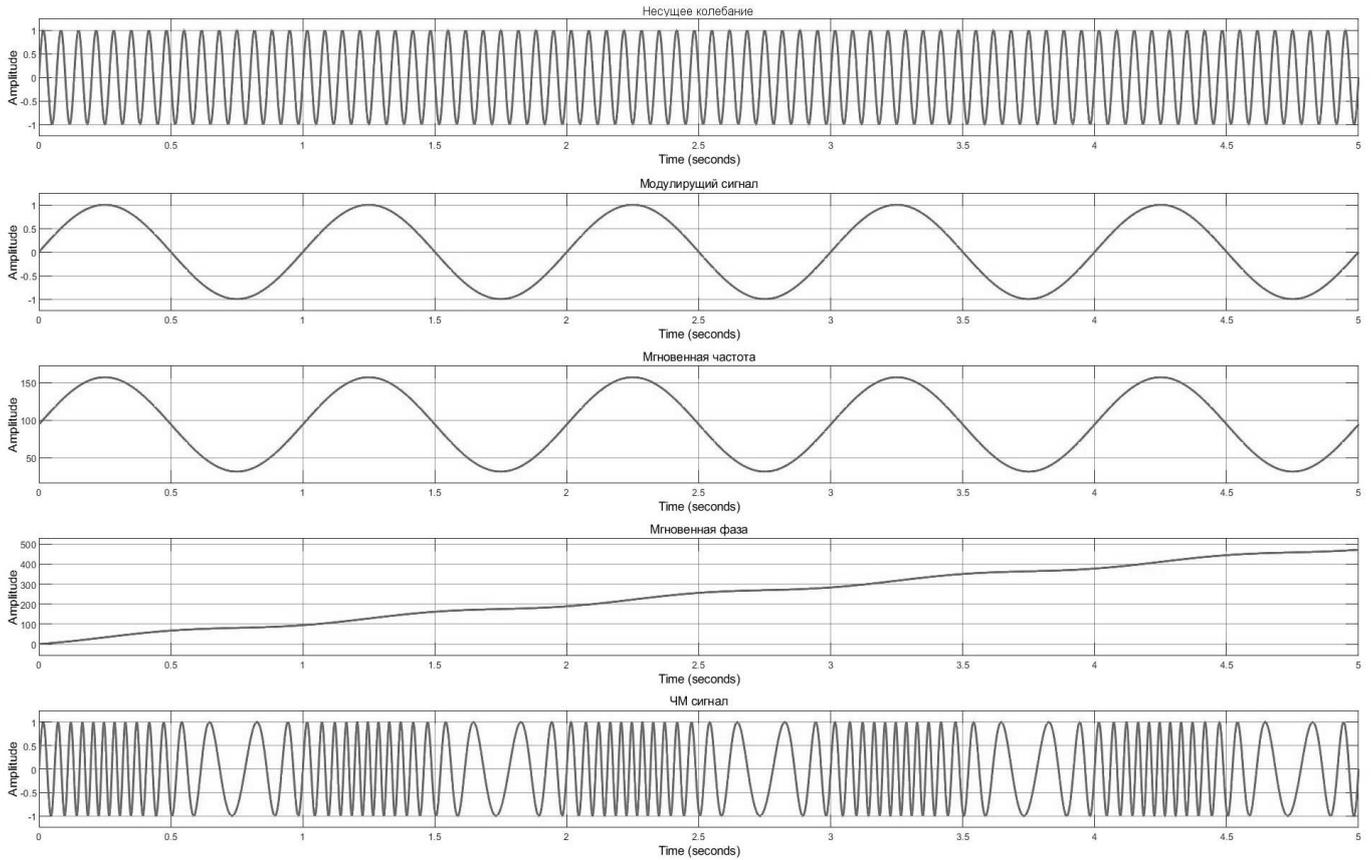


Рис. 4. Временные диаграммы процесса формирования синусоидальной ЧМ сигнала

$U_H \sin(\omega_H t)$; 2) модулирующий сигнал $\sin \Omega t$; 3) изменение мгновенной частоты

$$\omega(t) = \omega_0 + \frac{db}{dt};$$

4) изменение мгновенной фазы $\varphi_H = \varphi_0 + kb(t)$; 5) итоговый ФМ сигнал $U_m \sin(\omega_0 t + m \sin \Omega t)$.

Изменение мгновенной фазы несущего колебания повторяет закон изменения модулирующего колебания. Мгновенная частота несущего колебания изменяется в соответствии с производной [8, с. 72].

Модель генератора для формирования частотно-модулированного сигнала

Для формирования модулированного сигнала разработаны в ПП Matlab Simulink блоки генератора ЧМ (рисунок 3):

Блок 2.1 «Sine Wave» — генератор синусоидального сигнала (генерирует модулирующий косинусоидальный сигнал $\cos \Omega t$); блок 2.2 «Constant» — источник

постоянного воздействия задает константу или вектор констант (k); блок 2.3 «Product» — блок умножения $k \cos \Omega t$; блок 2.4 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант средней частоты (ω_0); блок 2.5 «Add» — блок сложения средней частоты и модулирующего сигнала (ω_0 и $k \cos \Omega t$); блок 2.6 «Integrator» — блок интегрирования входных данных волной фазы

$$\int (\omega_0 + kb(t)) dt;$$

блок 2.7 «Trigonometric Function» — блок вычисления тригонометрических функций от результат интегрирования ($\omega_0 t + m \sin \Omega t$); блок 2.8 «Scope» — осциллограф для наблюдения временных и иных зависимостей.

На рисунке 4 (результат работы модели генератора ЧМ сигнала) представлены графики: 1) несущий сигнал $U_m \sin(\omega_0 t)$; 2) модулирующий сигнал $\sin \Omega t$; 3) изменение мгновенной частоты ω ; 4) произведение индекса и модулирующего сигнала: $\Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t$; 5) итоговый частотно модулированный сигнал $U_m \sin(\omega_0 t + \Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t)$.

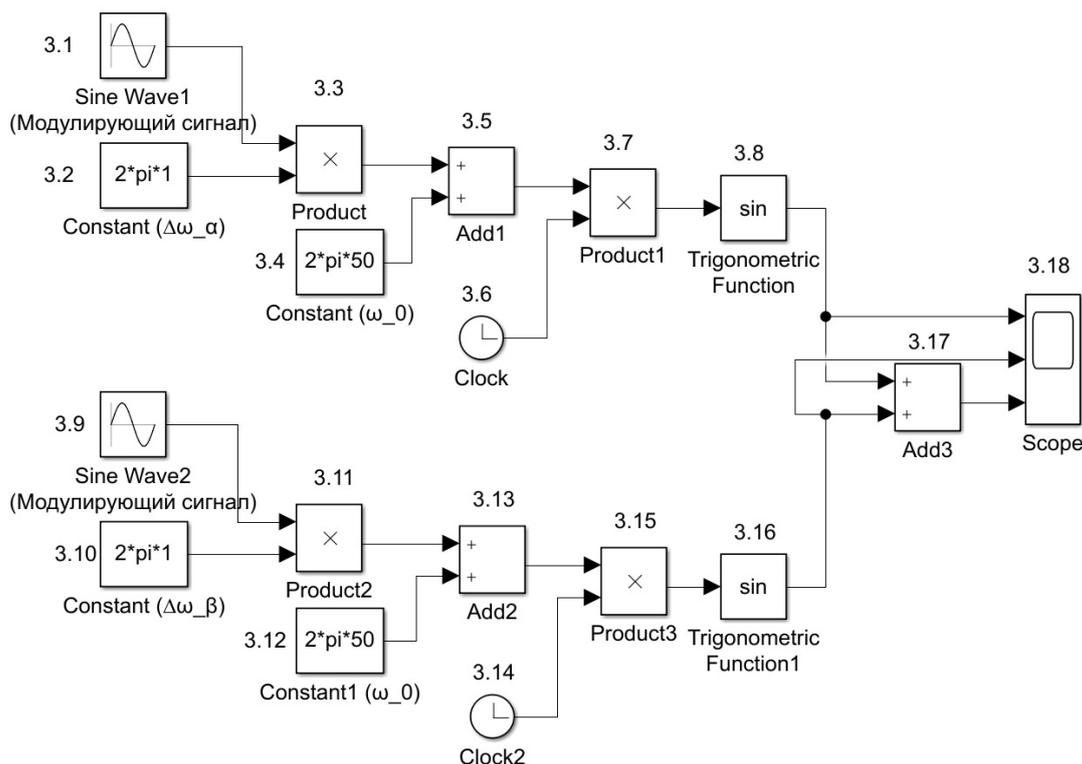


Рис. 5. Модель генератора ОКЧМ сигнала

Изменения мгновенной частоты несущего колебания повторяет изменения модулирующего сигнала. Мгновенной фазы несущего колебания изменяется в соответствии с интегрированием [8, с. 73].

Модель генератора для формирования ортогонально кодово-частотного модулированного сигнала

Для формирования модулированного сигнала разработаны в ПП Matlab Simulink блоки генератора ОКЧМ (рисунок 5):

Блок 3.1 «Sine Wave» — генератор синусоидального сигнала ($\sin \Omega t$, $\cos \Omega t$, генерирует модулирующий синусоидальный или косинусоидальный сигнал); блок 3.2 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант для ($\Delta \omega_\alpha(t)$, $\Delta \omega_\beta(t)$, ω_0); блок 3.3 «Product» — блок умножения; блок 3.4 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант для (ω_0); блок 3.4 «Constant» — источник постоянного воздействия задает константу или вектор констант величины (ω_0); блок 3.5 «Add» — блок сложения ω_0 и $\Delta \omega_\alpha(t) \sin \Omega t$; блок 3.6 «Clock» — источник текущего времени служит для генерации чисел, которые являются значениями текущего вре-

мени моделирования (t); блок 3.8 «Trigonometric Function» — блок вычисления тригонометрических функций от $\omega_0 t + \Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t$ или $\omega_0 t + \Delta \omega_\beta(t) t \cos \Omega t$; блок 3.17 «Add» — блок сложения синусоидальной и косинусоидальной составляющей ОКЧМ сигнала; блок 3.18 «Scope» — осциллограф для наблюдения временных и иных зависимостей.

Для упрощения исследования примем произведение девиации частоты и времени равной m : $\Delta \omega_\alpha(t) t = m$. Рассмотрим процесс формирования синусоидальной составляющей (по аналогии с процессом формирования угловой модуляцией) сигнала ОКЧМ.

На рисунке 6 (результат работы модели генератора ОКЧМ сигнала) представлены графики: 1) несущее колебание $U_m \sin(\omega_0 t)$; 2) модулирующий сигнал $\sin \Omega t$; 3) изменение частоты $\Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t$; 4) полная фаза модулированного колебания $\omega_0 t + \Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t$; 5) итоговый частотно модулированный сигнал $U_m \sin(\omega_0 t + \Delta \omega_\alpha(t) t \sin \Omega t)$.

Наглядно отличие ЧМ от ОКЧМ проиллюстрировано на рисунке 7, амплитуда колебания полной фазы ОКЧМ сигнала постоянно возрастает со временем, амплитуда мгновенной фазы ЧМ остается постоянной. Графики 1) полная фаза ОКЧМ сигнала; 2) мгновенная фаза ЧМ сигнала.

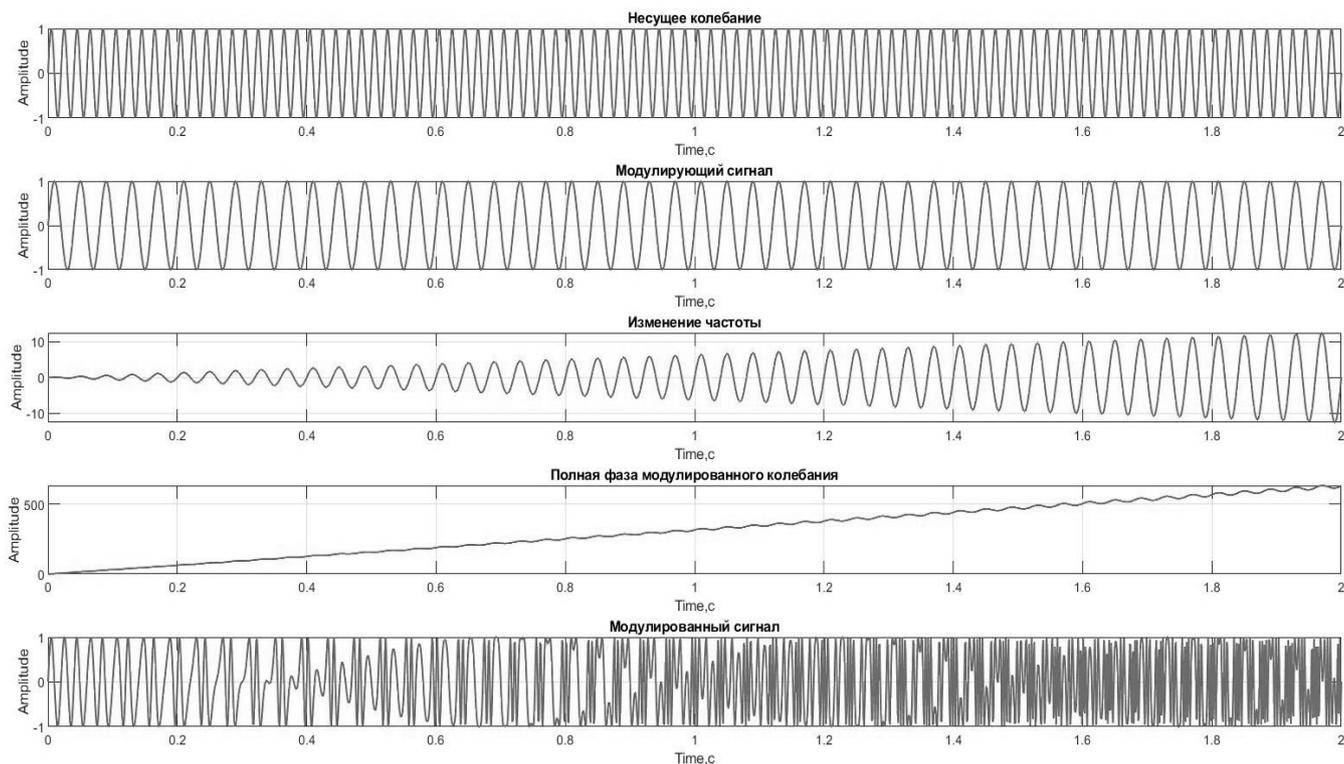


Рис. 6. Временные диаграммы процесса формирования синусоидальной составляющей ОКЧМ сигнала

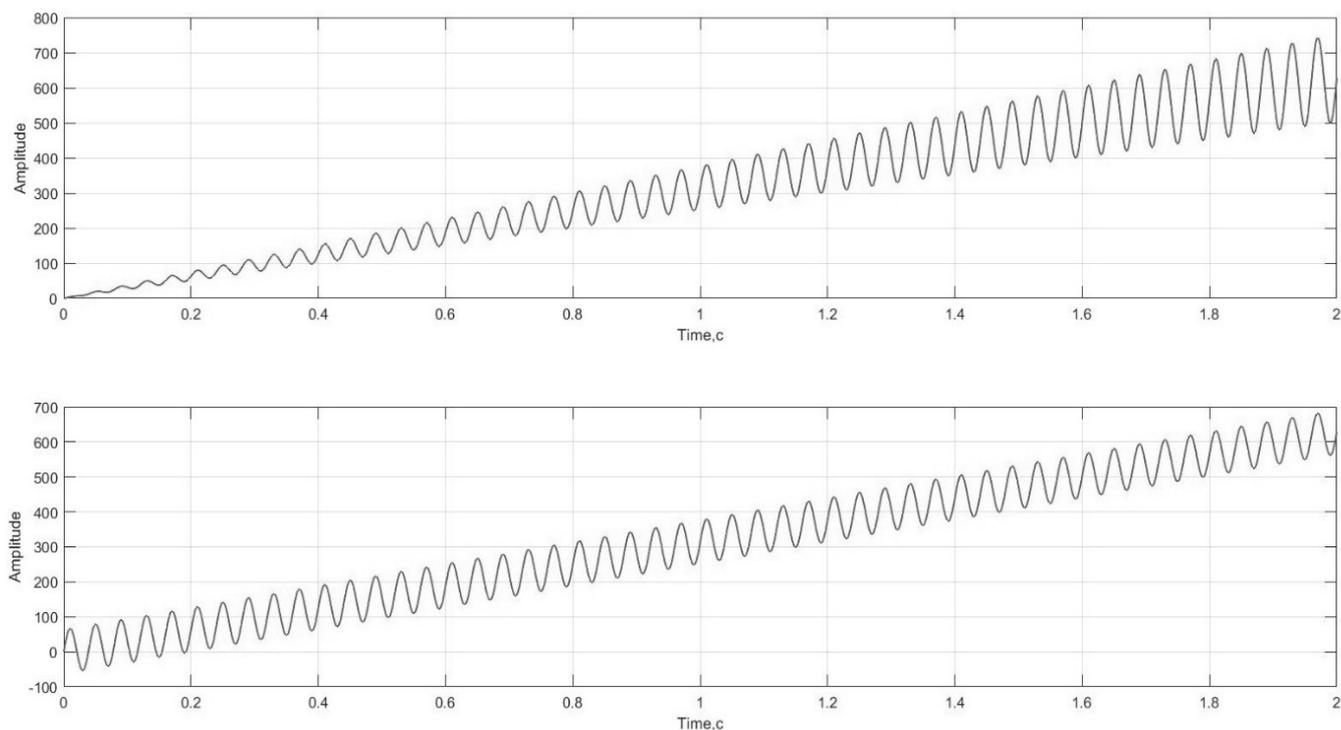


Рис. 7. Временные диаграммы процесса изменения полной фазы несущего колебания

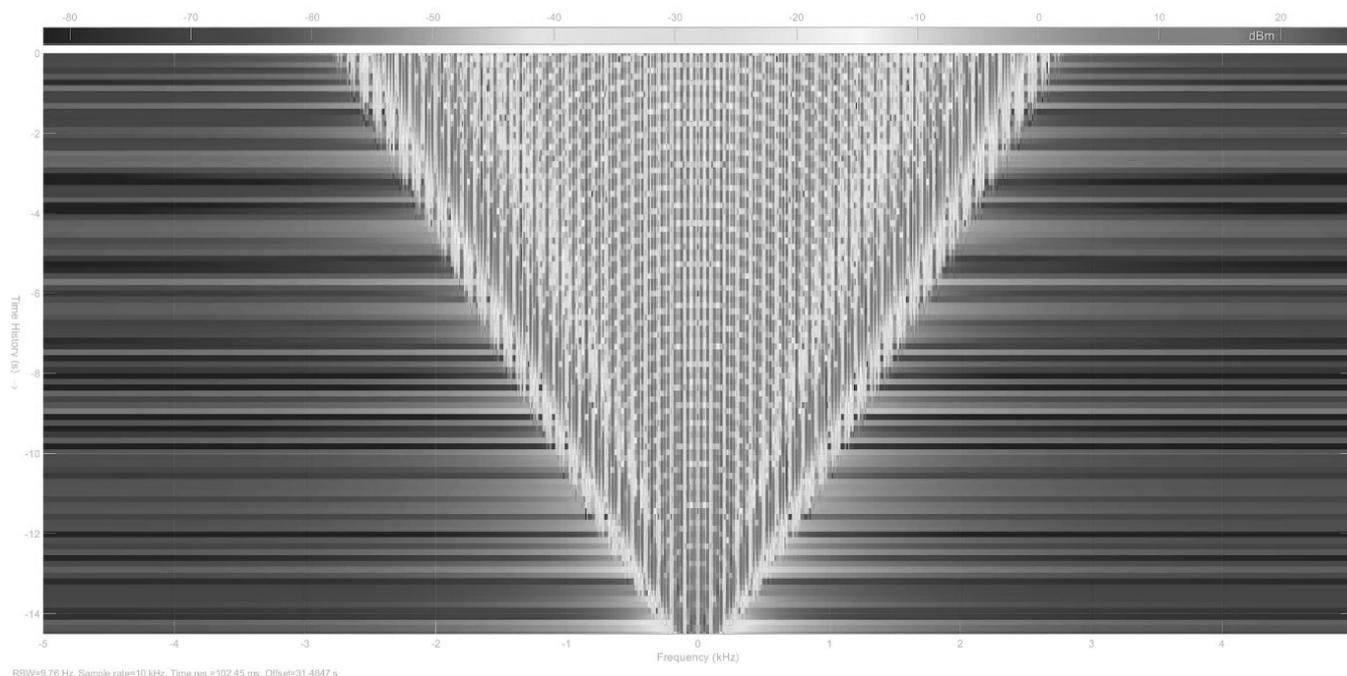


Рис. 8. Спектрограмма сигнала на выходе генератора ОКЧМ

В связи с возрастающей частотой со временем, спектр ОКЧМ сигнала расширяется. На рисунке 8 изображена спектрограмма, на которой можно наблюдать увеличение ширины спектра сигнала со временем.

Заключение

В статье представлены временные диаграммы изменения параметров несущего колебания ортогонально кодово-частотного сигнала в процессе его формирования с помощью программного комплекса Matlab Simulink.

Результатом проделанной работы является исследование процесса формирования ортогонального кодово-частотно модулированного сигнала, сравнение её с существующими способами аналоговой модуляции: частотной и фазовой. Приведены отличия ОКЧМ от стандартной ЧМ, выражаемой в законе изменения фазы колебания при ФМ (ЧМ) и частоты при ОКЧМ. Главным отличием ОКЧМ — это увеличение частоты модулированного сигнала со временем и как следствие расширением его спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. — М.: ДМК_Пресс, 2008. — 784 с.
2. Рид Р. Основы теории передачи информации. М: Вильямс, 2004. 304 с.
3. Горелов Г.В. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте: учебник. М.: УМЦ ЖДТ, 2013. — 532 с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.
5. Гоноровский И.С. Частотная модуляция и ее применения. М: Связьиздат, 1948. — 285 с.
6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов по специальности «Радиотехника» / С.И. Баскаков. — Изд.5-е, стер. — М.: Высш. школа, 2005. — 462 с.
7. Авсиевич А.В. Разработка метода идентификации нестационарных процессов с ортогональной кодово-частотной модуляцией: диссертация кандидата технических наук: Братск, 2002. — 118 с.
8. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 452 с.

© Гумаров Андрей Рашитович (nibelheim@inbox.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

RESEARCH AND DEVELOPMENT METHODS FOR UNIVERSAL CONTROL OF THE MICROELECTRONICS SUPPLY CHAIN

K. Epishin

Summary. System on chip is the backbone component of the electronics industry nowadays. FPGA-based system on chip is most popular method of manufacturing. However, FPGA industries are plagued with risks of counterfeits due to the limitations in security, accountability, complexity, and governance of their supply chain management. As a result, the current practices of these microelectronics supply chain suffer from performance and efficiency problem places.

Goal — avoid counterfeiting of microelectronics and have a streamlined developed ecosystem for the same.

Task to solve the problem counterfeits in microelectronic supply chains by utilizing blockchain technology.

The hypothesis is to decide the type of blockchain platform, designing the assets and choosing the right consensus algorithm.

In this article, we are incorporating blockchain technology into the FPGA microelectronic supply chain to help mitigate the risk of counterfeit microelectronics through a secure and decentralized solution that is resilient to tampering of transaction records.

Will see a generalizable design framework of blockchain managed supply chains focusing on the system on chip industries, including FPGA based solutions.

As a result, the issue of counterfeit supply chains in microelectronics is solved by using blockchain technology.

Keywords: system on chip, blockchain, decentralization, security, supply chain.

Епишин Кирилл Олегович

*Аспирант, Московский институт электронной техники, Зеленоград, Москва
cyrillepishin@gmail.com*

Аннотация. Система на Кристалле (однокристалльная система) является основным компонентом электронной индустрии в наши дни. Системы на Кристалле, основанные на технологии FPGA (Программируемой Вентильной Матрице), являются самыми популярными методами при производстве однокристалльных систем. Тем не менее, индустрия, обладает проблемами, связанными с рисками контрафактной продукции, такими как ограничения по безопасности, обслуживаемость, комплексность и управление цепочкой поставок. В результате, текущая практика поставок микроэлектроники является проблемным местом, затрагивающим вопросы производительности и эффективности.

Цель избежать контрафактных микроэлектронных товаров и создание оптимизированной развитой экосистемы.

Задача решить проблему с цепочками поставок контрафакта в микроэлектронике, путем использования технологии блокчейн.

Гипотезой является определение типа блокчейн платформы, дизайна цифровых объектов и выбора правильного алгоритма согласования.

В этой статье рассмотрим внедрение технологии блокчейн в цепочку поставок микроэлектроники для FPGA, для уменьшения рисков контрафактной продукции с помощью безопасного и децентрализованного решения, устойчивого к подделке записей транзакций.

Представим обобщенную структуру проектирования цепочек поставок, управляемых блокчейном, с упором на производство систем на кристалле, включая решения, основанные на FPGA. В результате решается вопрос с цепочками поставок контрафакта в микроэлектронике, путем использования технологии блокчейн.

Ключевые слова: системы на кристалле, блокчейн, децентрализация, безопасность, цепочка поставок.

Существует множество ситуаций, которые могут произойти из-за контрафактной микроэлектроники. Они касаются качества, безопасности и окружающей среды. Блокчейн помогает нам утвердить права собственности на актив. Если данные сохраняются на распределенном регистре, он не может быть удален, а только изменен. Таким образом, все

ваши активы, принадлежащие только вам, могут быть переданы только владельцу. Таким образом, блокчейн может защищать нас от всех угроз, какие могут случиться в отношении вашей собственности. Также еще одна необходимость в блокчейне это установление доверия. Последней и самой главной особенностью является то, что блокчейн влияет на демократизацию рынков. Так



Рис. 1. Дизайн структуры корпоративного блокчейна



Рис. 2. Цепочка поставок систем на кристалле

как репутация компании открыта всему миру, мы, как клиенты, можем выбирать себе любой бизнес. Это децентрализует власть и предотвращает появление монополий.

Рассмотрим дизайн для корпоративного блокчейна.

Кратко изложу способы решения проблем в бизнесе, связанные с блокчейном и показанные на Рисунке 1:

1. Определить способ использования.
2. Выбрать публичный блокчейн или приватный блокчейн. Если вы хотите, чтобы данные будут доступны каждому, выбирайте публичный блокчейн. А если желаете давать доступ лишь доверенным лицам, то стоит выбрать приватный блокчейн. Публичным блокчейном может быть Эфир, а приватным блокчейном будет IBM Hyperledger Fabric или R3 Corda.
3. Теперь должны решить для себя, будет ли архитектура полностью децентрализована или частично централизована и частично децентрализована, что также известно, как гибридная централизация. Здесь будем иметь контроль над всеми данными и решать сами, какие данные держать в публичном доступе.

4. Имеют место взломы смарт-контрактов. Самый популярный из них был взлом DAO. Вот почему смарт контракты должны тщательно контролироваться. Существуют инструменты, находящиеся в свободном доступе, такие как Securify.ch [1] разработанный ETH Zurich, который занимается отправкой секретных отчетов из кода.
5. Имея четкий механизм очень важно, чтобы существовала проверка данных и их безопасности. Каждый алгоритм согласования имеет свои собственные недостатки. К примеру, «доказательство работы» используется при Sybil атаках. Таким образом, основываясь на архитектуре, для нашей бизнес- модели, необходимо выбирать оптимальный механизм.
6. Последним шагом будет предложение этого как сервиса, который будет работать в облаке у провайдера.

FPGA это акроним для Field Programmable Gate Array (Программируемая вентильная матрица). Сейчас она применяется в микроэлектронной среде и является перепрограммируемой. Первично она состоит из конфигурируемых логических блоков, связанных между собой программируемыми взаимосвязями. Они обыч-

но используются в оборудовании, типа радаров, при обновлении системной конфигурации. Перепрограммирование FPGA делает ее благоприятной для быстрого прототипирования и тестирования и проверки концепции [2].

Как показано на Рисунке 2, процесс проходит шесть стадий [3]: производитель, дизайн, проверка, маркировка, тестирование, и доставка.

Производитель — это сторона, отвечающая за поставку FPGA клиенту.

Клиент выбирает дизайн на базе FPGA.

После того, как дизайн завершен, проводится его проверка.

Маркировка делается по запросу после изготовления.

На этапе тестирования проходит различные тесты проверки качества и после этого упаковываются перед доставкой

Доставляется дистрибьюторам.

Внедрение блокчейна в дизайн нашей цепочки поставок.

Как уже упоминалось, цепочки поставок FPGA подвержены некоторым проблемам. Безопасность, аудит, комплексность и управление — это самые узкие и проблемные места в качестве и производительности цепочек поставок микроэлектроники. Для решения этих проблем, впервые обратились к технологиям. На рынке существует множество инструментов, отвечающих за дизайн системы управления цепочками поставок, облегчающих проектирование и предлагающих управление цепочкой поставок, но они пока не настолько безопасны, (из-за централизованной архитектуры) или повержены Аудиту (благодаря облегченному редактированию вводимых данных). Для решения этих ключевых проблем, нам необходима технология, которая будет безопасной, децентрализованной и не будет обладать способностью редактирования транзакций. И этой технологией является блокчейн. В системах, основанных на FPGA, цепочка поставок является одним

из рисков, где совместимость инструментов, используемых клиентом и поставщиком, находится далеко от аутентичности компонентов, применяемых в различных системах, и которая всегда должна быть подтверждена расположенной в основе инфраструктурой блокчейн. Начнем с изучения различных блокчейн платформ, которые только существуют. Одной из важнейших характеристик, которую хотелось бы видеть в нашей системе — Приватные Каналы и Высокая Масштабируемость. К сожалению, такие публичные блокчейн платформы, как EOS, Эфир, NEO нам не подходят. Среди частных блокчейн платформ нам подошла бы R3 Corda и Hyperledger Fabric от Линукс сообщества. Выбор пал на Hyperledger Fabric, так как она обладает лучшей опенсорс поддержкой и уже ранее использовалась в крупных компаниях, таких как IBM и Walmart. Будем моделировать нашу цепочку поставок взяв за основу Hyperledger Composer. Hyperledger Composer инструмент для моделирования, помогающий в ускоренном построении прототипов в блокчейн приложениях. Эта платформа предлагает бекэнд тестирование наших приложений.

Моделирование цепочки поставок

Все системы на кристалле основанные на FPGA имеют модель, скрипт и файл контроля доступа. Сейчас их все опишем.

1. Файл модели:

- ◆ Файл модели состоит из пяти элементов: производитель, дизайн, проверка, маркировка, Тестирование, и Доставка.
- ◆ Обладает единственной ценностью.
- ◆ Содержит в себе единственную транзакцию, в которой можем обновлять прогресс компонентов [4][5][6].

2. Скрипт файл

- ◆ Скрипт файл состоит из набора логик, подтверждающих проведение транзакции компонентов из одной стадии в другую. И таким образом, прогресс развития проходит процесс обновления [7].

3. Файл контроля доступа:

- ◆ Этот файл содержит множество правил, которые применяются к участникам.
- ◆ Он помогает поддерживать необходимые установки деловой безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Securify. [электронный ресурс] <https://securify.chainsecurity.com/> (дата обращения 10.04.2021)
2. FPGA vs ASIC: Differences between them and which one to use? [электронный ресурс] <https://numato.com/blog/differences-between-fpga-and-asics/> (дата обращения 10.04.2021)

3. Field Programmable Gate Array (FPGA) Assurance. [электронный ресурс] https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2017/systems/Thursday/Track1/19864_Shanahan.pdf (дата обращения 10.04.2021)
4. Basic Sample Business Network [электронный ресурс] <https://github.com/hyperledger/composer-sample-networks/tree/master/packages/basic-sample-network> (дата обращения 10.04.2021)
5. Vehicle Lifecycle Network [электронный ресурс] <https://github.com/hyperledger/composer-sample-networks/tree/master/packages/vehicle-lifecycle-network> (дата обращения 10.04.2021)
6. Vehicle Manufacture Network [электронный ресурс] <https://github.com/hyperledger/composer-sample-networks/tree/master/packages/vehicle-manufacture-network> (дата обращения 10.04.2021)
7. Animal Tracking Network [электронный ресурс] <https://github.com/hyperledger/composer-sample-networks/tree/master/packages/animaltracking-network> (дата обращения 10.04.2021)

© Епишин Кирилл Олегович (cyrillepishin@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL ORGANIZATION'S INNOVATIVE ACTIVITY RESULTS ASSESSMENT REQUIREMENTS TO THE AUTOMATED SYSTEM

**Ya. Zakharov
F. Fedin
O. Romashkova**

Summary. The directions of innovative activity of an educational organization are investigated and the requirements for an automated system for evaluating the results of innovative activity are developed.

Keywords: innovation activity, an automated system, educational organization.

Захаров Ярослав Вячеславович

ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)», г. Москва
zakhayaross@mail.ru

Федин Федор Олегович

К.в.н., доцент, ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет», г. Москва
nidef@mail.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Д.т.н., профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС)», г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Исследованы направления инновационной деятельности образовательной организации и разработаны требования к автоматизированной системе оценивания результатов ее инновационной деятельности.

Ключевые слова: инновационная деятельность, автоматизированная система, образовательная организация.

Введение

В настоящее время любая образовательная организация сталкивается с проблемами развития и поддержания инновационной деятельности. Поскольку рыночные отношения дошли до образовательных учреждений, это в значительной степени затронуло их конкурентоспособность. Перед школами и университетами встала проблема повышения имиджа организации, а также внедрения инновационных разработок с целью создания конкурентоспособной образовательной среды, способной обеспечить обучающихся качественным образованием, соответствующим современным нормам.

В настоящее время можно наблюдать повышенный интерес к исследованию инновационной деятельности образовательных организаций и к особенностям ее развития [1, 2]. Методика оценки результатов инновационной деятельности предлагает удовлетворить потребность в комплексной оценке результатов учебной и инновационной деятельности образовательной организации (ОО). В связи с этим, необходим поиск новых подходов к оценке инновационной деятельности ОО с учетом всех особенностей деятельности конкретного учреждения.

Анализ направлений инновационной деятельности в сфере образования

При проведении анализа направлений инновационной деятельности ОО следует обратить внимание на два процесса.

Во-первых, развитие современного рынка образовательных услуг характеризуется немалым количеством государственных и коммерческих многопрофильных образовательных организаций. Конкурентная образовательная среда вынуждает ОО работать в инновационном режиме. Перед ОО стоит проблема повышения имиджа учреждения, а также внедрения инновационных разработок с целью повышения конкурентоспособности образовательной среды [3].

Во-вторых, за последние десятилетия рынок образовательных услуг подвергся значительным изменениям. Из-за увеличения темпов развития науки и техники, автоматизации производства, преобладания сферы услуг в экономике возникла растущая потребность в специалистах с высшим образованием. В свою очередь, усложнение производства, научно-технической базы, внедрение новых технологий обозначили про-



Рис. 1. Взаимодействия инновационно-активной образовательной организации

Методика комплексной оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации

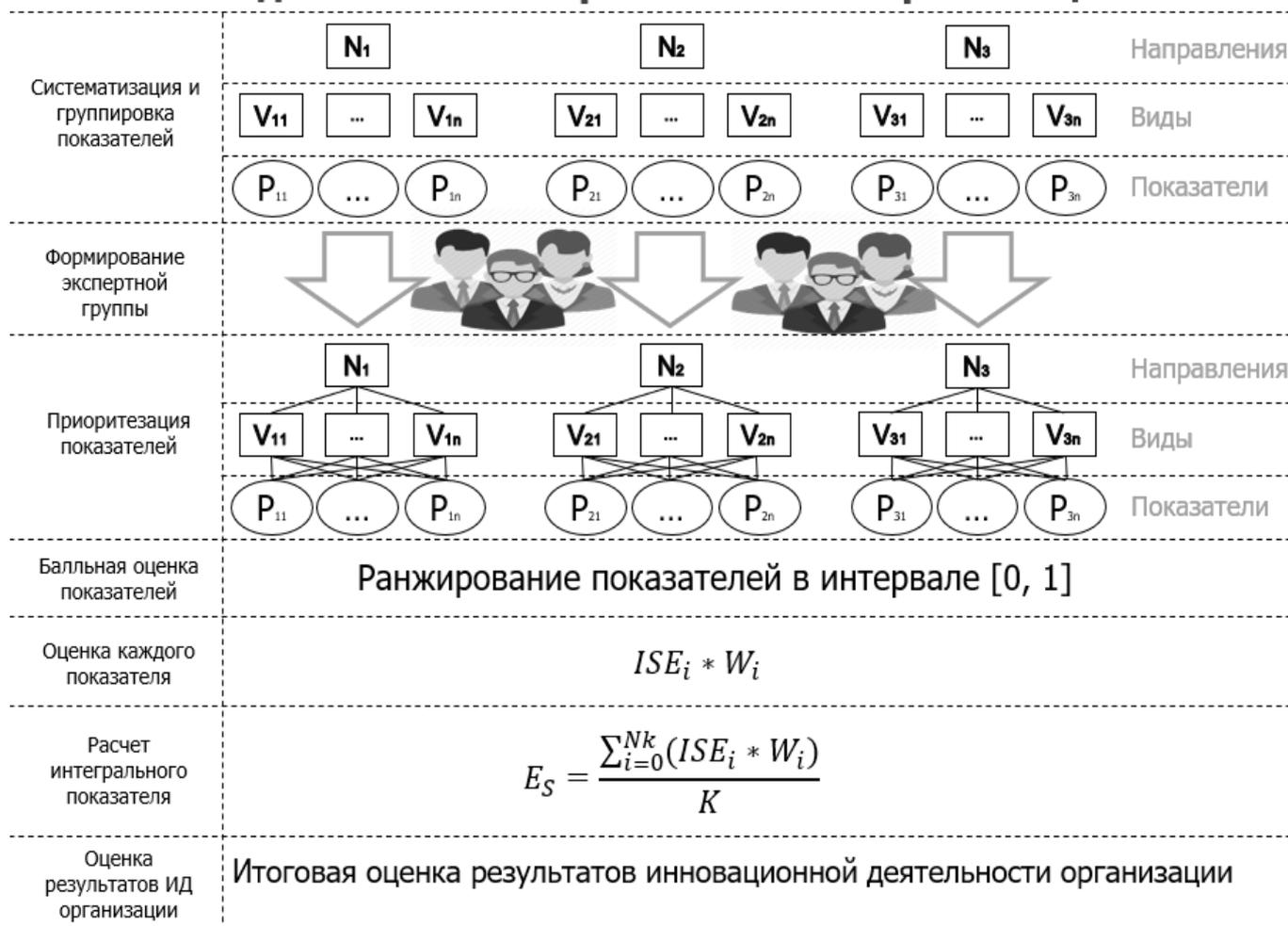


Рис. 2. Методика комплексной оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации

блему необходимости подготовки активных в области инновационной деятельности кадров.

Таким образом, любой инновационной образовательной организации следует повышать свою конкурентоспособность ориентируясь на состояние рынков образования и труда [4] (рисунок 1).

Все образовательные организации, разрабатывающие и реализующие образовательные программы обучения с применением инновационных технологий, относятся к инновационным высшим учебным заведениям.

Такие инновационные образовательные организации, как правило, призваны удовлетворить такие потребности человека, как расширение и углубление образовательной составляющей. Высшие учебные заведения способны удовлетворить данную потребность обучающихся не только через основные образовательные программы, но и при помощи программ переподготовки и дополнительного образования [5, 6].

К структурным подразделениям вузов, ориентированным на инновационную деятельность, относятся подразделения, призванные координировать работу научных руководителей и студентов, учебные подразделения, научно-исследовательские институты, факультеты, кафедры, филиалы, аспирантура и докторантура, а также научно-исследовательские лаборатории.

Современные подходы к оценке инновационной деятельности рассматривают лишь отдельные направления инновационной деятельности, например финансирование, оценка кадровой успеваемости и потенциала, оценка научно-исследовательской деятельности и не позволяют комплексно оценить результаты инновационной деятельности образовательной организации.

Методика комплексной оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации

На рисунке 2 представлена методика комплексной оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации. Методика состоит из 7 шагов и позволяет получить объективную оценку результатов инновационной деятельности.

Систематизация и группировка показателей. Здесь выбираются приоритетные направления и виды инновационной деятельности образовательной организации, оценку результатов которых необходимо выполнить.

Формирование экспертной группы. Число экспертов следует находить по следующему алгоритму действий:

1. Ответственные лица формируют опросный лист и опрашивают привлеченных экспертов. Опросный лист состоит из вопросов в области оценки результатов инновационной деятельности целевого образовательного учреждения. По результатам опроса формируется список разных сведений об объекте;

2. Все сведения, собранные в результате опроса, делятся на 4 группы:

а. Очевидные. В данную группу попадают сведения, которые были выявлены всеми экспертами без исключения;

б. Известные. В данную группу попадают сведения, которые были выявлены большинством экспертов;

с. Неочевидные. В данную группу попадают сведения, которые были выявлены меньшинством экспертов;

д. Особые. В данную группу попадают сведения, которые были выявлены одним экспертом.

Необходимое число экспертов должно быть таким, что вероятность появления содержательно нового экспертного мнения при привлечении дополнительного эксперта становится меньше заранее принятого вероятностного значения.

Необходимо выявить неочевидные и особые сведения об объекте, так как такие мнения формируются у экспертов на основе их личного опыта и компетенциях. В данном случае, вероятность появления таких сведений можно определить следующим выражением

$$P_m = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}},$$

где $n_m^{(1)}$ — количество особых предложений;

$n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}$ — количество неочевидных предложений, выдвинутых меньшинством v .

3. Делим группу из m экспертов на возможные подгруппы по $(m - 1)$ экспертов и подсчитываем число особых $n_{m-1}^{(1)}$ и неочевидных $n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(v)}$ сведений об объекте для каждой из подгрупп.

4. Вероятность P_{m-1} появления особых сведений по всем подгруппам и коэффициент λ уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от $(m - 1)$ экспертов к m экспертам рассчитываются по следующим формулам

Таблица 1. Шкала желательности

Желательность	Числовые значения шкалы желательности (S)
Отлично	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Неудовлетворительно	0,20–0

$$P_m = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} n_{m-1}^{(j)}}{\sum_{j=1}^{m-1} n_{m-1}^{(1)} + n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(v)}};$$

$$\lambda = P_m / P_{m-1}.$$

5. По следующим формулам определяются вероятности появления новых особых сведений об объекте с привлечением $(m+1)$ -го, $(m+2)$ -го... $(m+k)$ -го экспертов

$$P_{m+1} = P_m \lambda;$$

$$P_{m+2} = P_m \lambda^2;$$

...

$$P_{m+k} = P_m \lambda^k.$$

Далее необходимо найти число k экспертов, привлекаемых для потенциального получения нового особого экспертного мнения, используя коэффициент λ и изначально заданное значение вероятности α

$$P_{m+k} = P_m \lambda^k \leq \alpha.$$

Получаем итоговую формулу расчета необходимого количества новых экспертов

$$k = \ln \alpha - \ln P_m.$$

Привлечение дополнительных экспертов будет приводить к уменьшению значения коэффициента λ , что будет означать удаление от цели проведения экспертизы. Привлечение дополнительных экспертов в данном случае будет нецелесообразно.

Приоритезация показателей. Проводится ранжирование показателей оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации при помощи методов анализа иерархий, иерархической структуры процесса принятия решений и принципа попарных сравнений. Механизм работы предлагаемого метода строится на математически и психологически обоснованном фундаменте.

Балльная оценка показателей. На данном этапе методики необходимо выполнить ранжирование показателей. Здесь предлагается использовать психофизическую шкалу желательности. Такая шкала позволяет наглядно установить соответствие физических и психологических параметров при оценке результатов инновационной деятельности образовательной организации. Психологическими параметрами являются оценки экспертов, которые, в свою очередь, являются субъективными мнениями. Физическими параметрами являются результаты инновационной деятельности.

В целях ранжирования показателей необходимо выставить оценки в интервале $[0, 1]$ по каждому показателю оценки. Далее необходимо соотнести оценки со шкалой желательности (таблица 1).

При таком подходе к ранжированию показателей наглядно видно, какие свойства соответствуют ожиданиям, а какие свойства абсолютно неприемлемы и требуют особого внимания [7].

По итогам ранжирования получаем наглядную таблицу показателей по выбранным для оценки направлениям инновационной деятельности образовательной организации.

Оценка каждого показателя. На основе весов W_i и значений показателей оценки инновационной деятельности ISE_i для каждого показателя i рассчитывается оценка каждого i -го показателя инновационной деятельности образовательной организации

$$ISE_i * W_i,$$

где E_i — приоритет i -го показателя;

IS — балльная оценка i -го показателя по психофизической шкале желательности.

По результатам расчета оценок ответственные лица делают вывод о необходимости запуска процесса корректировки направлений инновационной деятельности образовательной организации в связи с недостаточностью развития данного направления.

Таблица 2. Характеристика состояния инновационной деятельности образовательной организации

Интегральная оценка	Состояние ИД
0,00–0,20	Полностью неудовлетворительное
0,20–0,37	Неудовлетворительно
0,37–0,63	Удовлетворительное
0,63–0,80	Хорошее
0,80–1,00	Отличное

Оптимизация средств на направления инновационной деятельности образовательной организации может помочь ответственным лицам грамотно перераспределить ресурсы с направлений с наибольшей величиной показателя оценки в пользу направлений с наименьшей величиной. После оптимизации направлений необходимо также поддерживать мониторинг тенденций всех направлений инновационной деятельности, а также составить краткосрочные и долгосрочные планы развития направлений инновационной деятельности образовательной организации.

Расчет интегрального показателя. Производится расчет интегрального показателя инновационной деятельности образовательной организации ξ

$$E_S = \frac{\sum_{i=0}^{Nk} (ISE_i * W_i)}{K}$$

где ISE_i — значение показателя оценки инновационной деятельности;

W_i — вес (значимость) показателя;

N_k — количество показателей в k -ой группе;

i — номер показателя;

K — количество групп показателей.

Данный расчет позволяет получить оценку результатов инновационной деятельности с учетом приоритетов по каждому из направлений инновационной деятельности [8]. Полученное значение позволяет ответственным лицам спланировать дальнейшее развитие направлений инновационной деятельности.

Данная методика позволяет наглядно получить численную характеристику текущего состояния инновационной деятельности образовательной организации по таблице 2.

Оценка результатов инновационной деятельности образовательной организации

По результатам работы необходимо выполнить анализ текущего состояния направлений инновационной деятельности.

Оценка, попадающая в интервал от 0,63 до 1,00, характеризуется достаточным уровнем деятельности по процессам обучения инновационной деятельности, созданию инноваций, а также повышением уровня образовательной деятельности, что стимулирует развитие и поддержание высокого уровня развития инновационной деятельности образовательной организации. В случае, если оценка попадает в указанный интервал, образовательная организация должна поставить задачу удерживания должного уровня развития инновационной деятельности. Возможно, образовательную организацию следует сделать центром развития и поддержания инновационной деятельности.

Оценка в интервале от 0,37 до 0,63 определяется как удовлетворительная и характеризуется средним уровнем деятельности образовательной организации по созданию, обучению и развитию инноваций. В данном случае, ответственным лицам необходимо провести оптимизацию и перераспределение усилий в пользу создания инновационного продукта, так как данный показатель влияет на итоговую оценку результатов инновационной деятельности наиболее сильно.

В случае, если оценка попадает в интервал от 0 до 0,37, она определяется как полностью неудовлетворительная или неудовлетворительная и характеризуется низкими показателями по созданию инновационного продукта, неспособностью поддерживать инновационные циклы, обучать инновационной деятельности, стимулировать развитие инноваций [9].

Заключение

Таким образом, выполнен анализ направлений инновационной деятельности в сфере образования. Предложена методика комплексной оценки результатов инновационной деятельности образовательной организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межевов А.Д., Федин Ф.О. Исследование аналитических возможностей ERP-систем управления высшим учебным заведением // Вестник университета. 2011. № 23. С. 169–172.
2. Федин Ф.Ф., Павличева Е.Н., Федин Ф.О. Методика оценки инновационной деятельности вуза // В сборнике: Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации. Рецензируемый сборник научных трудов. 2013. С. 260–264.
3. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей качества обучения образовательного комплекса // В сборнике: Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 388–389.
4. Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Chiskidov S.V. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2019 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2019. С. 92–101.
5. Gaidamaka Y.V., Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Vasilyuk I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
6. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Прикладная и компьютерная математика. 2003. Т. 2. № 1. С. 23–31.
7. Федин Ф.Ф., Павличева Е.Н., Федин Ф.О. Критерии оценки инновационной деятельности вуза ИТ-профиля // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2013. № 2. С. 93–99.
8. Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Pavlicheva E.N. Automation of the Process a Comprehensive Assessment of Educational Organization // Lecture Notes in Electrical Engineering, 2020 Volume 641 LNEE, 2020, Pages 912–922.
9. Kapterev A.I., Romashkova O.N. Challenges for Russian Ecosystem of Higher Education for on Board Communications // 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. — Vol.1. — P. 227–232.

© Захаров Ярослав Вячеславович (zakhayaross@mail.ru),

Федин Федор Олегович (nidef@mail.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский городской педагогический университет

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ АНСАМБЛЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА

ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF THE ENSEMBLE ALGORITHMS FOR CREDIT SCORING

I. Kanishchev

Summary. The relevance of the development, implementation and use of a digital customer scoring system model for credit risk management is beyond doubt. Modern information technologies for the implementation of customer credit scoring allow you to concentrate on yourself most of the technical work on the collection and processing of initial data and the implementation of machine learning algorithms. The volume of banking information about clients will increase in the next few years, and the requirements for the quality and speed of its processing will become more stringent.

This study compares the performance of ensemble algorithms, i.e., random forest, XGBoost, LightGBM, CatBoost, and Stacking, in terms of area under the curve (AUC), Brier rating (BS), and model runtime. In addition, analysis of three popular basic classifiers, i.e. decision tree (DT), logistic regression (LR) and linear discriminant analysis (LDA), are considered benchmarks in credit scoring.

Experimental evidence shows that ensemble learning is better than basic classifiers. In addition, Stacking stands out from the rest of the models.

Keywords: ensemble methods, staking, credit scoring, classification.

Канищев Илья Сергеевич

Аспирант, Вятский государственный университет,
Киров
kanishchev.ilya@gmail.com

Аннотация. Актуальность разработки, внедрения и использования модели цифровой системы скоринга клиентов для управления кредитными рисками сегодня не вызывает сомнения. Современные информационные технологии для реализации кредитного скоринга клиентов позволяют сконцентрировать на себе большую часть технической работы по сбору и обработке исходных данных и реализации алгоритмов машинного обучения. Объемы банковской информации о клиентах в ближайшие несколько лет будут возрастать, а требования к качеству и скорости ее обработки ужесточаться.

В этом исследовании проводится сравнительная оценка производительности ансамблевых алгоритмов, то есть случайного леса, XGBoost, LightGBM, CatBoost и Stacking, с точки зрения площади под кривой (AUC), рейтинга Бриера (BS) и времени работы модели. Кроме того, анализ трёх популярных базовых классификаторов, то есть, дерево решений (DT), логистическая регрессия (LR) и линейный дискриминантный анализ (LDA), которые считаются эталонами в кредитном скоринге.

Экспериментальные данные показывают, что ансамблевое обучение лучше, чем базовые классификаторы. Кроме того, Stacking выделяется среди остальных моделей.

Ключевые слова: ансамблевые методы, стекинг, кредитный скоринг, классификация.

Введение

Качественный и количественный рост рынка кредитования и банковского сектора ставит перед финансовыми институтами задачу улучшения качества обслуживания, скорости обработки кредитных заявок и снижения издержек. Ключевыми задачами являются разработка адекватных и современных инструментов оценки и управления рисками кредитных и финансовых организаций, а также изучение закономерностей, которые характеризуют современные финансовые рынки.

В настоящее время на данных рынках высокий спрос, что порождает и высокую конкуренцию на рынке кредитования. Банки и другие кредитные институты столкнулись с проблемой обработки и анализа больших объемов информации в сжатые сроки.

В общем кредитный скоринг представляет собой технологию, которая позволяет банкам и финансовым институтам решить вопрос о предоставлении кредита клиенту с учетом его характеристик, таких как возраст, пол, образование, семейное положение, доход и др.

Со времени новаторской работы Бивера [1] и Альтмана [2] кредитный скоринг стал основным предметом исследований ученых и финансовых организаций. Впоследствии многие типы моделей кредитного скоринга были предложены и разработаны с использованием статистических методов, таких как линейный дискриминантный анализ (LDA) и логистическая регрессия (LR) [3, 4, 5, 6]. Однако в современном мире объем данных стремительно растет, когда речь идет об огромных объемах данных, эластичность классических моделей статистического анализа низкая. В результате некото-

рые допущения в этих моделях не могут быть установлены, что, в свою очередь, влияет на точность прогнозов. С прорывом технологий, таких как нейронные сети (NN) [7, 8], случайный лес (RF) [9] и Naïve Bayes (NB) [10] может дать такие же или лучшие результаты по сравнению со статистическими моделями. Однако LDA и LR по-прежнему имеют широкий спектр применения из-за их высокой точности и простоты интерпретации.

Машинное обучение относится к категории искусственного интеллекта и является одним из наиболее эффективных методов интеллектуального анализа данных, который может предоставить аналитикам более продуктивную информацию об использовании больших данных [11]. Модели машинного обучения обычно подразделяются на индивидуальное машинное обучение (NN и LR), ансамблевое обучение (бэггинг, бустинг и стекинг) и интегрированное ансамблевое машинное обучение (RS-бустинг и мульти-бустинг) [12]. Подходы к ансамблевому обучению считаются современным решением для многих задач машинного обучения [13]. После Чена и Гестрина [14], предложенный XGBoost в 2016 году, ансамблевое обучение, то есть XGBoost и LightGBM, стало выигрышной стратегией для широкого спектра задач. Соответственно, все больше и больше ученых вводят модели ансамблевого обучения для решения задач кредитной оценки [15, 16, 17, 18]. Ансамблевое обучение — это метод достижения отличных результатов путем создания и объединения нескольких базовых учащихся с определенными стратегиями. Его можно использовать для решения задач классификации, задач регрессии, выбора признаков, обнаружения выбросов и т.д.

1. Выбор ансамблевых методов

Ансамблевые методы — это парадигма машинного обучения, в которой несколько моделей (часто называемых слабыми учениками или базовыми моделями) обучаются для решения одной и той же проблемы и объединяются для повышения производительности.

Основная гипотеза состоит в том, что, если правильно объединить слабых учеников, то получится более точные и/или надежные модели.

В задачах классификации простейший пример ансамбля — комитет большинства:

$$\alpha(x) = \text{mode}(b_1(x), \dots, b_n(x))$$

В отличие от голосования большинством, Stacking также является методом стратегий интеграции, который объединяет учащихся низкого уровня с алгоритмом обучения высокого уровня (т.е. метаклассификатором)

ром) [19]. Однако исследований по Stacking в области кредитного скоринга мало [20].

В теории машинного обучения — метод построения ансамбля моделей, в котором обучение базовых моделей производится параллельно [21]. При этом каждая модель обучается на отдельной выборке, сформированной из исходного набора данных с помощью алгоритма бутстрэпа. Выход ансамбля определяется путем усреднения выходов базовых моделей.

Метод позволяет улучшить точность и устойчивость работы алгоритмов машинного обучения, уменьшить дисперсию ошибки и уменьшить эффект переобучения. Хотя изначально метод был разработан для классификаторов на основе деревьев решений, он может использоваться для любых видов моделей.

Метод был предложен Лео Брейманом в 1994 году для улучшения точности классификаторов на основе деревьев решений.

Случайный лес — один из примеров объединения классификаторов в ансамбль. Итоговый классификатор случайного леса, состоящего из N деревьев на основе обучающей выборки X :

$$\alpha(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i(x)$$

Для задачи классификации выбирается решение по большинству результатов, выданных классификаторами. Таким образом, случайный лес — бэггинг над решающими деревьями, при обучении которых для каждого разбиения признаки выбираются из некоторого случайного подмножества признаков.

RF считается одним из лучших алгоритмов в настоящее время, который не чувствителен к мультиколлинеарности, а результаты относительно устойчивы к отсутствующим и несбалансированным данным [22].

По сравнению с параллельным построением базовых учащихся в Bagging, Boosting последовательно устанавливает набор базовых классификаторов, основная идея которых состоит в том, что, во-первых, на обучающей выборке создается слабый классификатор.

В соответствии с результатом классификатора каждой выборке должен быть присвоен вес в обучающем наборе, и вес будет относительно небольшим, если выборка классифицирована правильно; в противном случае ему будет присвоено относительно большое число. Затем, чтобы точно классифицировать выборки с боль-

шим весом, весь вес каждой выборки рассматривается для построения второго слабого классификатора. Повторяя этот процесс, будет создано несколько слабых классификаторов, чтобы добиться лучших результатов классификации.

Параметры модели каждого слабого классификатора получаются путем минимизации функции потерь предыдущей модели на обучающей выборке.

Окончательная модель, полученная с помощью алгоритма Boosting, представляет собой линейную комбинацию нескольких базовых классификаторов, взвешенных по их собственным результатам.

Технология eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) была предложена Ченом и Гестрином в 2016 году [14]. Она предлагает множество улучшений по сравнению с традиционными алгоритмами повышения градиента и признана усовершенствованной оценкой со сверхвысокой производительностью как в классификации, так и в регрессии.

Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) — это структура градиентного бустинга, основанная на алгоритме дерева решений, предложенном Microsoft Research [23]. LightGBM похож на XGBoost в том, что он аппроксимирует остаток (как первого, так и второго порядка) с помощью разложения функции потерь Тейлора и вводит термин регуляризации, чтобы справиться со сложностью модели. В отличие от XGBoost, который использует предварительно отсортированную идею точного жадного алгоритма для поиска точек разделения, LightGBM может уменьшить использование памяти и повысить скорость обучения, используя алгоритм дерева решений на основе гистограммы.

CatBoost — это библиотека градиентного бустинга, созданная Яндексом [24]. Она использует небрежные деревья решений, чтобы вырастить сбалансированное дерево. Одни и те же функции используются для создания левых и правых разделений на каждом уровне дерева. По сравнению с классическими деревьями, небрежные деревья более эффективны при реализации на процессоре и просты в обучении.

Stacking — это одна из стратегий агрегирования для нескольких учащих, которая объединяет несколько моделей в двухуровневую структуру. Процесс стекирования заключается в создании нескольких классификаторов на первом уровне в качестве учащегося базового уровня, затем выходные данные этого уровня принимаются как новые функции для повторного обучения нового мета-уровня. Опыт показал, что обучение на мета-уровне сложными моделями может легко привести

к проблеме переобучения. Поэтому во многих случаях во втором слое предпочтительны более простые модели, такие как линейная регрессия [25]. Примечательно, что учащиеся базового уровня не ограничиваются слабыми учащимися; по сути, это обычно модели с хорошей производительностью, такие как RF, NN, SVM и т.д.

2. Практическое применение ансамблевых методов

Для анализа данных использована выборка по кредитным договорам клиентов банка, включающая 213 201 записей о кредитных заявках, включающая положительные решения и отказы в предоставлении кредита. Общее количество признаков данных — 71. Данные представлены за период с января 2014 года по апрель 2020.

Набор данных разделен на две группы: обучающая выборка (80% выборки) и тестовая выборка (20% выборки), которые используются для обучения модели и оценки производительности соответственно. Для обеспечения сопоставимости различных экспериментов обучающий набор и набор для тестирования одинаковы для разных классификаторов.

Для построения модели скоринга полученные данные требуют первичной обработки, с целью формирования поля признаков модели.

Прежде чем приступать к построению моделей, необходимо проанализировать исходные данные по клиентам.

Алгоритмы машинного обучения не работают с выборками, имеющими пропущенные значения. Поэтому возникает необходимость перейти к данным, не имеющим пропусков [26].

Наилучшим вариантом в случае наличия пропусков в небольшом количестве признаков является удаление таких признаков из выборки [27, 28]. Такой метод применяется только в том случае, когда малая часть объектов выборки имеет пропущенные значения.

Для формирования первичных гипотез была отобрана группа признаков, которые наилучшим образом поддаются интерпретации.

Признаки делятся на два типа: количественные и категориальные.

Количественные признаки в статистике преобладают над другими видами признаков — они наиболее информативны [29].

Таблица 1. Пространство поиска гиперпараметров

Классификатор	Пространство поиска
LR	$C \in (-10, 10)$
DT	$\text{max_depth} \in (1, 10), \text{min_samples_leaf} \in (1, 7)$
RF	$\text{n_estimators} \in (100, 1000), \text{max_features} \in (2, 8)$
XGBoost	$\text{n_estimators} \in (20, 500), \text{gamma} \in (0, 1, 0, 5), \text{colsample_bytree} \in (0, 3, 1), \text{max_depth} \in (2, 8)$
LightGBM	$\text{n_estimators} \in (20, 500), \text{num_leaves} \in (8, 128), \text{colsample_bytree} \in (0, 3, 1), \text{max_depth} \in (2, 8)$
CatBoost	$\text{iterations} \in (100, 1000)$

Многие классические методы машинного обучения предполагают, что все признаки $X^j = \mathbb{R}$. Однако в некоторых задачах признаки могут принимать значения из множеств, не совпадающих с множествами вещественных чисел. Так, например, признаки могут принимать значения из конечного неупорядоченного множества, например: пол, семейное положение и т.п. Для таких признаков в настоящей работе будет использоваться прием Dummy-кодирования [30].

Еще одним недостатком такого подхода является сильно увеличивающаяся размерность пространства объектов. Многие алгоритмы не способны обрабатывать полученные матрицы данных во многих реальных задачах. В связи с этим описание объектов приходится хранить в разреженном формате и использовать приспособленные методы.

Преимущественно выбирались данные, которые могут являться количественными признаками, так как они поддаются большей интерпретации и легче в подготовке данных.

Чтобы обеспечить полный контраст между моделями ансамблевого обучения и базовыми классификаторами, для сравнения рассматриваются 3 показателя: площадь под кривой (AUC) [31], коэффициент Gini (Gini) [32] и оценка Брайера (BS) [33].

Для оценки классификатора используются методы, основанные на ранжировании элементов (элементы упорядочены по убыванию и прогнозируемая вероятность (оценка) является положительной). Этот ранжированный список сравнивается с истинным классом тестовых элементов и демонстрируется графически с помощью ROC кривой.

На производительность классификаторов напрямую влияют гиперпараметры. Классификаторы в этом исследовании, такие как LR, DT, RF, XGBoost и LightGBM, имеют несколько гиперпараметров, которые необходимо значительно изменить.

Пусть дано пространство гиперпараметров $\lambda = \lambda_1 \times \dots \times \lambda_i$, где λ_i — пространство i -го параметра. Входные данные D .

Необходимо найти:

$$\alpha^* = \underset{\alpha \in \lambda}{\operatorname{argmin}} E_{(D_{\text{train}}, D_{\text{valid}}) \sim D} L(M_{\alpha}, D_{\text{train}}, D_{\text{valid}}),$$

Где L — функция потерь модели M_{α} обученной при гиперпараметрах α на D_{train} и проведена валидация на D_{valid} . В байесовской оптимизации используются вероятностные критерии.

В качестве основного инструмента использовался фреймворк для оптимизации гиперпараметров Optuna [34]. Optuna автоматически находит оптимальные значения гиперпараметров, используя различные семплы, такие как поиск по сетке, случайные и байесовские алгоритмы.

В таблице 1 приведено пространство поиска для некоторых моделей. Для остальных выбраны с стандартными гиперпараметрами.

Для Stacking после многократных экспериментов с комбинациями выбраны три базовых алгоритма (RF, XGBoost, CatBoost). Поскольку простые линейные модели хорошо работают в классификаторе второго уровня [35]; поэтому мы выбрали классификатор второго уровня LR.

3. Результаты работы алгоритмов

Цель этого исследования — провести сравнительную оценку эффективности ансамблевого обучения, т.е. CatBoost, случайного леса, Stacking, XGBoost и LightGBM, в отличие от пяти отдельных моделей, то есть LDA, LR и DT. Сравнение основано на четырех аспектах, а именно: Gini, площадь под кривой (AUC), оценка Брайера (BS) и время работы.

В таблице 2 представлены результаты ансамблевого обучения и традиционных индивидуальных уча-

Таблица 2. Результаты обучения

Метрика	Ансамблевые алгоритмы				
	RF	CatBoost	XGBoost	LigthGBM	Stacking
AUC	0,869	0,847	0,850	0,854	0,871
Gini	0,738	0,695	0,700	0,708	0,742
BS	0,038	0,033	0,035	0,038	0,034
Time	02:39	00:08	00:14	00:02	04:12

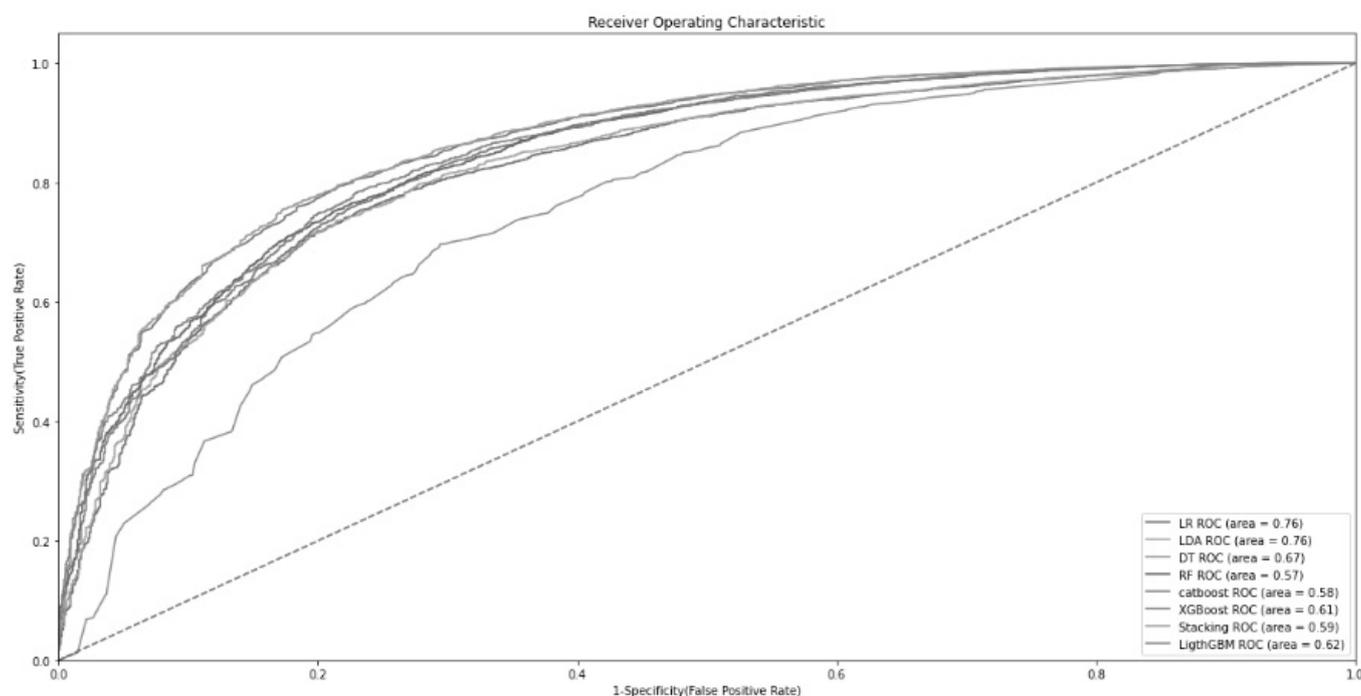


Рис. 1. ROC-кривая по результатам работы каждой модели

щихся (жирным шрифтом показаны лучшие результаты по разным показателям),

Согласно таблице, Stacking достигает наилучших результатов по всем метрикам качества модели. В целом модели ансамблевого обучения превосходят традиционные модели.

В свете изложенных выше экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. По сравнению с традиционными моделями, ансамблевое обучение принесло несколько улучшений
2. Таким образом, Stacking (RF+XGboost+CatBoost) является относительно лучшим выбором для

кредитного скоринга, и это согласуется с предыдущими исследованиями.

3. RF, XGBoost, LightGBM и CatBoost должны быть идеальным выбором для финансовых учреждений с точки зрения кредитного скоринга и интерпретации результатов.

Рис. 1 показывает кривую ROC каждой модели. Можно видеть, что кривая ROC RF и Stacking лежат выше всех других кривых по всем пороговым значениям, она также имеет выпуклую форму круга по сравнению с другими кривыми, что подразумевает более низкую частоту ложноотрицательных и ложноположительных ошибок. Это означает, что Stacking и RF является лучшим по всем значениям чувствительности и специфичности.

Заключение

Основная идея этой статьи — экспериментальное исследование о предпочтительных моделях для прогнозирования кредитного риска. Выполняется сравнительная оценка пяти ансамблевых алгоритмов, то есть RF, CatBoost, XGBoost, LightGBM и Stacking, и трёх традиционных моделей, то есть LDA, LR, DT.

Все эксперименты были реализованы на реальном наборе кредитных данных, полученном от кредитной организации. Экспериментальные результаты пока-

зывают, что ансамблевое обучение дает явно более высокую производительность, чем отдельные модели. Кроме того, Stacking достигает лучших результатов по трём критериям производительности, т.е. AUC, Gini, BS. По времени работы модели лидером является LightGBM. Кроме того, в работе учтены временные затраты. Время работы Stacking зависит от выбора базовых моделей. В целом, RF, XGBoost, LightGBM и Stacking могут быть лучшим выбором для финансовых учреждений в период кредитного скоринга при ограничении определенного времени и оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beaver W.H. Financial ratios as predictors of failure. *J. Account. Res.* 1966, 4, 71–111.
2. Altman E.I. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *J. Financ.* 1968, 23, 589–609.
3. Orgler Y.E. A credit scoring model for commercial loans. *J. Money Credit Bank.* 1970, 2, 435–445.
4. Grablowsky B.J.; Talley W.K. Probit and discriminant functions for classifying credit applicants—a comparison. *J. Econ. Bus.* 1981, 33, 254–261.
5. Eisenbeis R.A. Pitfalls in the application of discriminant analysis in business, finance, and economics. *J. Financ.* 1977, 32, 875–900.
6. Desai V.S.; Crook J.N.; Overstreet G.A., Jr. A comparison of neural networks and linear scoring models in the credit union environment. *Eur. J. Oper. Res.* 1996, 95, –37.
7. West D. Neural network credit scoring models. *Comput. Oper. Res.* 2000, 27, 1131–1152.
8. Atiya A.F.; Parlos A.G. New results on recurrent network training: Unifying the algorithms and accelerating convergence. *IEEE Trans. Neural Netw.* 2000, 11, 697–709.
9. Verikas A.; Gelzinis A.; Bacauskiene M. Mining data with random forests: A survey and results of new tests. *Pattern Recognit.* 2011, 44, 330–349.
10. Hsieh N.-C.; Hung L.-P. A data driven ensemble classifier for credit scoring analysis. *Expert Syst. Appl.* 2010, 37, 534–545.
11. Ma X.; Sha J.; Wan D.; Yu, Y.; Yang Q.; Niu X. Study on a prediction of P2P network loan default based on the machine learning LightGBM and XGboost algorithms according to different high dimensional data cleaning. *Electron. Commer. Res. Appl.* 2018, 31, 24–39.
12. Zhu Y.; Xie C.; Wang G.J.; Yan X.G. Comparison of individual, ensemble and integrated ensemble machine learning methods to predict China's SME credit risk in supply chain finance. *Neural Comput. Appl.* 2017, 28, 41–50.
13. Sagi O.; Rokach L. Ensemble learning: A survey. *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.* 2018, 8, 1–18.
14. Chen T.; Guestrin C. Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Francisco, CA, USA, 13–17 August 2016; pp. 785–794.
15. Liang W.; Luo S.; Zhao G.; Wu H. Predicting hard rock pillar stability using GBDT, XGBoost, and LightGBM algorithms. *Mathematics* 2020, 8, 765.
16. Xia Y.; Liu C.; Liu N. Cost-sensitive boosted tree for loan evaluation in peer-to-peer lending. *Electron. Commer. Res. Appl.* 2017, 24, 30–49.
17. Ala'raj M.; Abbod M.F. Classifiers consensus system approach for credit scoring. *Knowl.-Based Syst.* 2016, 104, 89–105.
18. Li Y.; Chen W. Entropy method of constructing a combined model for improving loan default prediction: A case study in China. *J. Oper. Res. Soc.* 2019, 1–11.
19. Wang G.; Hao J.; Ma J.; Jiang H. A comparative assessment of ensemble learning for credit scoring. *Expert Syst. Appl.* 2011, 38, 223–230.
20. Wolpert D.H. Stacked generalization. *Neural Netw.* 1992, 5, 241–259.
21. Breiman L. Bagging predictors. *Mach. Learn.* 1996, 24, 123–140.
22. Breiman L. Random forests. *Mach. Learn.* 2001, 45, 5–32.
23. Ke G.; Meng Q.; Finley T.; Wang T.; Chen W.; Ma W.; Ye Q.; Liu T.Y. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* 2017, 2017, 3147–3155.
24. Liudmila Prokhorenkova, Gleb Gusev, Aleksandr Vorobev, Anna Veronika Dorogush, Andrey Gulin. CatBoost: unbiased boosting with categorical features. *NeurIPS*, 2018.
25. Zhang H., Su J. Learning probabilistic decision trees for AUC // *Pattern Recognition Letters*. — 2006. — Т. 27. — № 8. — P. 892–899.
26. Mayr A., Hofner B., Schmid M. The importance of knowing when to stop // *Methods of Information*. — 2012. — Т. 51. — № 02. — P. 178–186.
27. Finlay S. Multiple classifier architectures and their application to credit risk assessment // *European Journal of Operational Research*. — 2011. — Т. 210. — № 2. — P. 368–378.
28. Ефимова М.П. Общая теория статистики. Учебник. — 2000.
29. Wood S.N. mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML smoothness estimation. Retrieved 7 July 2014. — 2013.
30. Джини коэффициент / В.Г. Минашкин // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. — М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.

31. Brier (1950). Verification of Forecasts Expressed in Terms of Probability. *Monthly Weather Review*. 78: 1–3.
32. Takuya Akiba, Shotaro Sano, Toshihiko Yanase, Takeru Ohta, and Masanori Koyama. 2019.
33. Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework. In KDD.
34. Witten I.H.; Frank E. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 2nd ed.; Morgan Kaufmann: San Francisco, CA, USA, 2005.
35. Chawla Nitesh V.; Herrera Francisco; Garcia Salvador; Fernandez Alberto (2018–04–20). "SMOTE for Learning from Imbalanced Data: Progress and Challenges, Marking the 15-year Anniversary". *Journal of Artificial Intelligence Research*. 61: 863–905

© Канищев Илья Сергеевич (kanishchev.ilya@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Вятский государственный университет

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ (SOFTWARE ENGINEERING) — ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Козак Евгений

Старший разработчик, Memery Crystal LLP, Лондон,
Англия
eugeniu.cozac@gmail.com

SOFTWARE ENGINEERING — THE MAIN DEVELOPMENT TRENDS IN THE CONTEXT OF GLOBAL DIGITALIZATION

E. Cozac

Summary. In 1935, when the first theory of software was proposed, no one could have imagined that many years later, effectively working programs would not only function successfully, but would completely displace humans in certain industries. Today, in the context of global digitalization, software engineering provides intelligent interfaces and hyperintuitive cognitive capabilities that change science, technology, business and entire states. It is thanks to software engineering that the world has become transnational. Nevertheless, despite the fact that developments in the field of software engineering of many years ago continue to create value for science, technology, business and the state, modern development trends dictate such conditions for the development of society in which it is necessary to constantly improve technologies and approaches to software engineering.

The author of the article examines the main trends in the development of software engineering, and concludes that at the moment software engineering goes beyond the usual framework. Because, first, from a purely professional industry, it also goes into everyday life (as a hobby or just a pastime). Secondly, the rapid development of digital technologies and the obsolescence of standards require more and more new approaches to software, creating conditions of constant competition, which makes it impossible and impractical to build systems that will work for decades. Third, the number of software is growing in progression with the number of relevant technologies, which requires the presence of not universal specialists in the field of software engineering, but individuals who specialize in specific areas.

Keywords: software engineering, computer science, artificial intelligence, digital technologies, software.

Аннотация. В 1935 году, когда была предложена первая теория программного обеспечения, никто не мог предположить, что много лет спустя эффективно работающие программы не только будут успешно функционировать, но и вовсе вытеснят человека в отдельных отраслях. Сегодня в условиях глобальной цифровизации с помощью программной инженерии обеспечиваются интеллектуальные интерфейсы и гиперинтуитивные когнитивные возможности, изменяющие науку, технику, бизнес и целые государства. Именно благодаря программной инженерии мир стал транснациональным. Тем не менее несмотря на то, что разработки в области программной инженерии многолетней давности продолжают создавать ценность для науки, техники, бизнеса и государства, современные тенденции развития диктуют такие условия развития общества, в которых необходимо постоянное совершенствование технологий и подходов к программной инженерии.

Автором статьи рассматриваются основные тренды развития программной инженерии и делается вывод о том, что в настоящий момент эта деятельность, связанная с производством и поддержанием программного обеспечения, выходит за привычные рамки. Это связано с тем, что, во-первых, из сугубо профессиональной отрасли она переходит еще и в бытовую (как хобби или просто времяпрепровождение). Во-вторых, быстрое развитие цифровых технологий и устаревание стандартов требует все новых и новых подходов к программному обеспечению, формируя условия постоянной конкурентной борьбы, что делает невозможным и нецелесообразным построение систем, которые будут работать десятилетиями. В-третьих, количество программного обеспечения растет в прогрессии с количеством соответствующих технологий, что требует наличия не универсальных специалистов в области программной инженерии, а лиц, специализирующихся в конкретных областях.

Ключевые слова: программная инженерия, компьютерные науки, искусственный интеллект, цифровые технологии, программное обеспечение.

Категория «программная инженерия» впервые появился в конце 1950-х-начале 1960-х годов. До этого времени было известно о гражданской, электрической и компьютерной инженерии, а на уровне научного сообщества только обсуждалось значение инженерии для области программного обеспечения. В 1968 и 1969 года Научный комитет

Североатлантического Альянса (НАТО) спонсировал две конференции по программной инженерии в 1968 и 1969 годах, которые дали первоначальный толчок этой области. В отдельных научных источниках и во все отмечается о том, что вышеназванные конференции НАТО официально положили начало профессии программиста [1, 4, 5].

В 2020 году CNN, U.S. News and World Report и другие авторитетные американские издания назвали профессию инженера программиста лучшей работой в Америке. По данным Министерства труда США, в 2019 году в качестве разработчиков программного обеспечения было занято более 1 миллиона человек [6].

По мере того, как все больше и больше людей полагаются на умные устройства, число разработчиков программного обеспечения будет только увеличиваться, а перспективы занятости, по прогнозам, вырастут на 21 процент в течение следующих 9 лет [7]. Растет спрос на соответствующих специалистов и в других странах, в том числе в Российской Федерации [2].

Такая тенденция роста специалистов в области программной инженерии обусловлена особенностями ее прогрессирующего развития. К программной инженерии традиционно принято относить все, что касается программного обеспечения (начиная от его создания до обслуживания) [2, 3]. Программное обеспечение вездесуще, оно запускает все, начиная от автомобилей и заканчивая новейшими веб-сайтами, телефонами и приложениями, которые работают на этих телефонах. Из-за этой «вездесущности» программного обеспечения инженеры-программисты есть повсюду, а направления их деятельности различны, начиная от простого создания веб-программного обеспечения и программ для встроенных устройств, заканчивая созданием сложной архитектуры и программного обеспечения для дальнейших научных исследований.

Вместе с тем, именно эта «вездесущность» программного обеспечения, как видится, лежит в смене вектора традиционной программной инженерии. По мере того, как количество программного обеспечения продолжает расти, количество соответствующих технологий растет так же быстро. Специалистам в области программной инженерии все сложнее и сложнее быть универсальными и разбираться во всех типах программного обеспечения, поэтому все больше и больше инженеров-программистов специализируются в конкретных областях. При этом, нам видится недостаточным специализироваться лишь на одной технологии — например, быть разработчиком определенной технологии, поскольку в современных условиях любая из них устареет через несколько лет. Тем не менее, конечно, можно специализироваться на определенном типе программного обеспечения, в частности, на веб-программном обеспечении. Основные области специализации включают в себя веб-программное обеспечение, мобильное программное обеспечение, встроенное программное обеспечение, инфраструктурное программное обеспечение и корпоративное программное обеспечение. Чем больше устройств, тем

больше способов программного обеспечения, и, соответственно, больше программного обеспечения в целом.

Второй современной тенденцией является то, что традиционная программная инженерия выходит далеко из сферы сугубо профессиональной области. В частности, программная инженерия сегодня выходит на первый план как хобби и/или времяпровождение пользователя. С конца 1990-х годов домашние компьютеры стали обычным явлением, а доступность Интернета позволила людям по всему миру профессионально заниматься разработкой программного обеспечения из дома. При этом такая программная инженерия, очевидно, стимулирует создание программных проектов не потому, что это необходимо для блага работодателя, а потому, что такие проекты приносят удовольствие. Такой подход подпитывает рост программного обеспечения с открытым исходным кодом, поскольку процесс по созданию стоящего программного продукта становится бессмысленным, если им невозможно поделиться. Программное обеспечение с открытым исходным кодом, такое, как GitHub и SourceForge, помогает людям делиться своей работой и позволяет другим извлекать пользу из этого программного обеспечения.

Кроме того, растет самостоятельность инженеров-программистов. В прошлом начинающим инженерам-программистам нужно было бы присоединиться к одному из нескольких технологических гигантов для их первой ступени на лестнице, но все это меняется. Все больше и больше компаний во многих отраслях ищут инженеров-программистов для разработки собственных компьютерных процессов.

Обеспечению открытости продуктов программной инженерии способствует и развитие облачных технологий, еще чуть более 10 лет назад казавшихся сложно осуществимыми, как сейчас кажется, сложно осуществимым проектирование летающего такси. Так, облачные технологии с момента своего появления резко снизили стоимость доставки программного обеспечения до конечного пользователя. Теперь для того, чтобы передать большинство видов программного обеспечения, больше нет необходимости иметь оборудование, центры обработки данных, системных администраторов и делать большие первоначальные затраты, поскольку такое обеспечение может быть опубликовано облачным провайдером за несколько «кликов», а его почасовая стоимость будет относительно низкой. Развитие облачных технологий привело к тому, что небольшие компании и даже отдельные разработчики программного обеспечения могут обеспечить тот же уровень обслуживания в облаке, что и крупные предприятия.

Таким образом, когда более 10 лет назад начали впервые изучать цифровой опыт, аналитику и облачные технологии, специалисты понимали их возможности, но не было уверенности в том, насколько значительным будет их влияние. С тех пор прошло много времени и глобальная цифровизация, в совокупности с облачными технологиями, привела к разрушению традиционного рынка программной инженерии, разрушению традиционных операционных моделей и рынков. Они продолжают развиваться с поразительной скоростью.

Одной из главных причин этого разрушения является постоянно растущий спрос на автоматизацию с использованием передовых алгоритмов. Со временем производство всех видов будет все больше полагаться на машины и программное обеспечение для обработки повторяющихся задач. Это повлияет не только на производство, но и на цифровой мир — цифровой маркетинг, электронную коммерцию и пр.

Облачные вычисления уже несколько лет являются основным компонентом цифровых услуг, а такие поставщики, как Amazon, доминируют на рынке. Его Amazon Web Services (AWS) управлял эти рынком в 2019 и 2020 году и предполагается, что в 2021 году такая тенденция продолжится [7]. AWS представляет собой безопасную облачную платформу услуг, которая предлагает вычислительные мощности, хранение баз данных, доставку контента и многие другие функции, чтобы помочь компаниям любого масштаба расширить свое цифровое присутствие.

Кроме облачных технологий еще одной новой областью программной инженерии является интернет вещей. Он привлек внимание многих специалистов за последние несколько лет и станет только развиваться в течение 2021 года и в последующий период.

Интернет вещей (IoT) — это термин, используемый для описания постоянно растущей сети подключенных к Интернету электронных устройств, которые сегодня работают по всему миру [2]. Эти устройства часто обмениваются данными и информацией, чтобы обеспечить дополнительное удобство и контроль для потребителей, а в некоторых случаях даже позволяют пользователям автоматизировать простые процес-

сы, такие, как заказ расходных материалов. Десятки миллиардов этих подключенных устройств уже существуют во всем мире, и это число будет только расти по мере того, как подключение к Интернету начнет становиться стандартной функцией для большого числа электронных устройств. Несмотря на сильную интеграцию в рынок бытовой электроники, IoT выходит далеко за рамки портативных устройств и бытовой техники; подсистемы IoT, такие, как промышленный Интернет и подключенные города, нацелены на автоматизацию заводов и городских районов, а не только домашних хозяйств. Цифровые виртуальные помощники, такие, как Amazon Alexa и Google Assistant, служат мостом между этой сетью взаимосвязанных устройств и их пользователями-людьми.

Интернет вещей — это возможность соединения датчиков, устройств, машин и даже транспортных средств через сеть, которая неотъемлемо будет оказывать все большее и большее влияние на человечество в целом и развитие инженерии в этой области. При этом по данным «Statista» прогнозы предполагают, что к 2025 году этот рынок интернета вещей вырастет примерно до 1,6 триллиона; в конце 2017 года рыночная выручка от интернета вещей впервые достигла 100 миллиардов долларов США, а в 2019 году объем рынка составлял уже 212 миллиардов долларов США [8].

Подводя итог, отметим, что в настоящий момент программная инженерия выходит за привычные рамки. Поскольку, во-первых, из сугубо профессиональной отрасли она переходит еще и в бытовую (как хобби или просто времяпрепровождение). Во-вторых, быстрое развитие цифровых технологий и устаревание стандартов требует все новых и новых подходов к программному обеспечению, формируя условия постоянной конкурентной борьбы, что делает невозможным и нецелесообразным построение систем, которые будут работать десятилетиями. В-третьих, количество программного обеспечения растет в прогрессии с количеством соответствующих технологий, что требует наличия не универсальных специалистов в области программной инженерии, а лиц, специализируются в конкретных областях. При этом, учитывая спрос на программную инженерию и тенденции ее развития, можно смело называть программную инженерию профессией не только настоящего, но и долгосрочного будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохина М.Е., Сулимова Е.А., Кустова С.А. Внедрение методологии Scrum и ее влияние на эффективность работы компаний // Инновации и инвестиции. — 2019. — № 4. — С. 148–150.
2. Куприяновский В.П. и др. Интернет Вещей на промышленных предприятиях // International Journal of Open Information Technologies. — 2016. — Т. 4. — № 12. — С. 69–78.

3. Летбридж Т., Лебланк-мл. Р., Собел Э.К., Хилбурн Т., Диас-Херрера Д. SE2004: рекомендации по обучению специальности «Программная инженерия» // Открытые системы. — СУБД. — 2006. — № 10. — С. 67–73.
4. Моисеева Наталья Александровна, Полякова Татьяна Анатольевна Развитие цифровых компетенций будущих инженеров средствами информационно-математического моделирования // Концепт. — 2021. — № 3. — С. 71–85
5. Романов Е.Л., Трошина Г.В., Якименко А.А. Преподавание программной инженерии. Взгляд от кода // Вестник евразийской науки. — 2016. — № 5 (36). — С. 95–101.
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.fullstackacademy.com/blog/what-do-software-engineers-do> (дата обращения 14.05.2021).
7. Электронный ресурс. Режим доступа: https://z5h64q92x9.net/proxy_u/en-ru.ru.38d1cff4-609d6c0d-fa273948-74722d776562/https/money.usnews.com/careers (дата обращения 14.05.2021).
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/976313/global-iot-market-size/> (дата обращения 14.05.2021).

© Козак Евгений (eugeniu.cozac@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Лондон, Англия

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИНСТРУМЕНТОВ DEVOPS В ПРОЕКТ НА ПЛАТФОРМЕ PEGA В КРУПНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

PRACTICAL EXPERIENCE OF IMPLEMENTING DEVOPS CULTURE AND TOOLS ON A PROJECT USING THE PEGA PLATFORM IN A LARGE ORGANIZATION

A. Lapin

Summary. This article describes the practical experience gained while implementing DevOps tools and practices in a large organization on a project using the Pega BPM platform. At the beginning of the article, the initial situation on the project and the existing problems are described. Then, a description of the changes made, both technical and organizational is given. In the conclusion, the results are presented and conclusions are drawn about the effectiveness of the implemented innovations.

Keywords: Pega BPM, DevOps, automation, continuous integration, continuous delivery, continuous deployment.

Лапин Алексей Александрович

Специалист, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва); старший программист, ООО «Люксифт Профешнл», Москва
so.yazzzie@gmail.com

Аннотация. Настоящая статья описывает опыт, полученный в процессе внедрения инструментов и практик DevOps в крупной организации на проекте, использующем платформу Pega BPM. В начале статьи изложена исходная ситуация на проекте и существующие проблемы. Далее, приведено описание произведенных изменений как технических, так и организационных. В заключении представлены результаты и сделаны выводы об эффективности реализованных нововведений.

Ключевые слова: Pega BPM, DevOps, автоматизация, непрерывная интеграция, непрерывная поставка, непрерывное развертывание.

1. Введение

Данная статья описывает опыт проектирования и реализации методологии ведения разработки на платформе Pega BPM и инфраструктуры для автоматизации процессов сборки, тестирования и доставки конечного дистрибутива системы в одном из крупнейших банков России, далее Организация. Автор ставит своей целью осветить ряд важных, по его мнению, особенностей внедрения практик и инструментов DevOps в крупной организации без углубления в специфику её деятельности.

Автор статьи являлся сотрудником Организации и принимал непосредственное участие в проектировании и разработке большинства компонентов инфраструктуры.

Все работы происходили в рамках проекта по автоматизации бизнес-процессов, связанных с кредитованием, далее Проект. Они заключались в создании единого рабочего места для пользователей (сотрудников Организации) различных ролей, принимающих участие на разных этапах предоставления услуг по кредитным продуктам.

Использование платформы Pega BPM [6] на Проекте обусловлено тем, что продукт является современным, комплексным решением для моделирования и автоматизации бизнес-процессов, хорошо зарекомендовал себя на рынке и успешно проявил себя во многих крупных банках и не финансовых организациях по всему миру [5]. Лицензия на использование платформы была приобретена Организацией, а сама платформа уже эксплуатировалась на нескольких смежных проектах. Но несмотря на длительное использование Pega в Организации, процесс доставки дистрибутива системы до контура промышленной эксплуатации был неэффективным и мог занимать, в большинстве случаев, продолжительное время вплоть до недели. Кроме прочего, этап доставки релиза включал обязательное написание подробнейшей инструкции по установке и требовал значительных объемов ручных действий специалистов из нескольких подразделений.

2. Описание Проекта

Поводом для пересмотра подхода к разработке и выстраиванию конвейера поставки продукта к заказчику стала полномасштабная трансформация Организации. Изменения заключались в модификации структурных

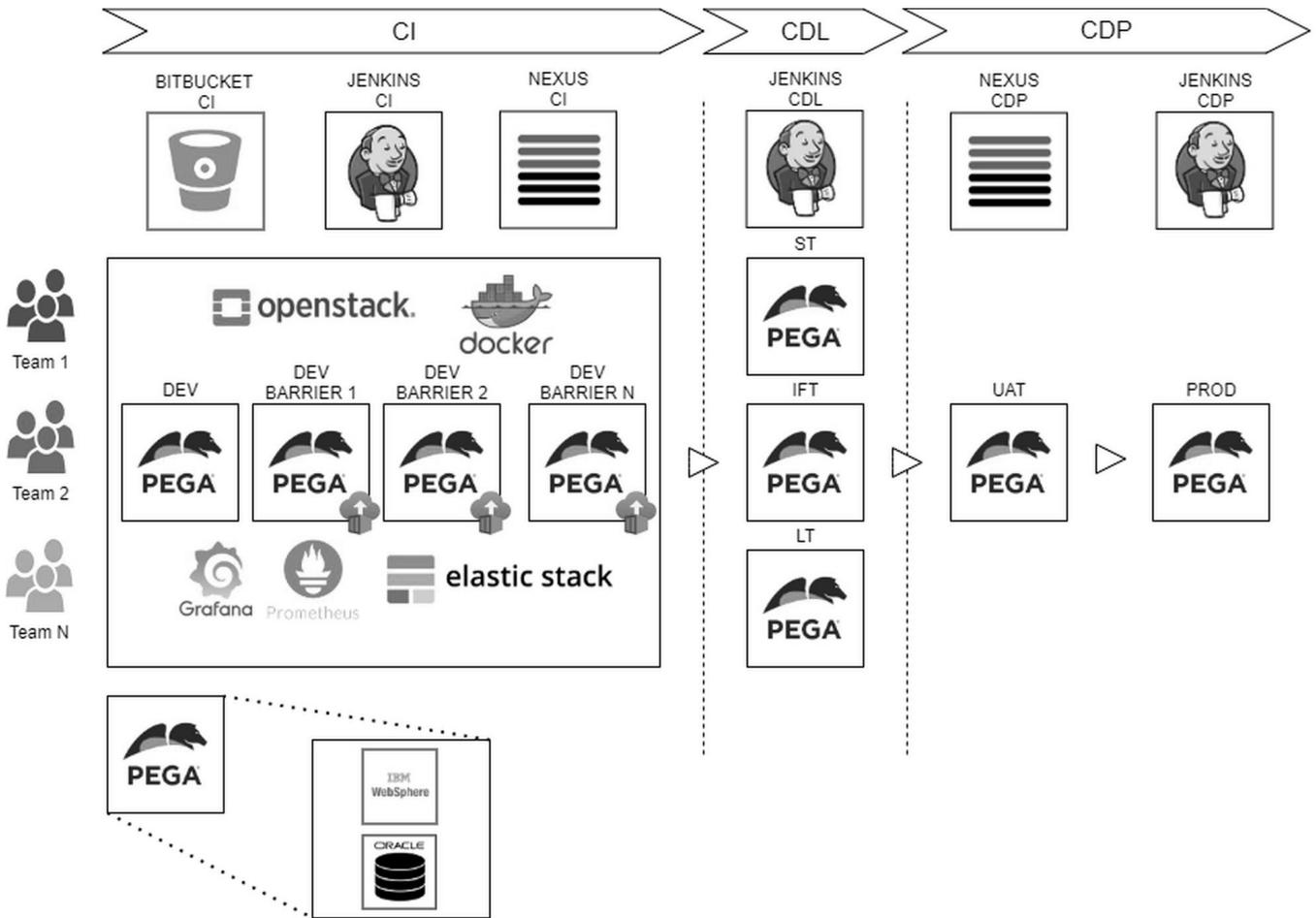


Рис. 1. Верхнеуровневая схема DevOps архитектуры на Проекте

подразделений, найме иностранных экспертов для курирования нововведений, а также создании и внедрении подходящей для Организации производной Agile [10] методологии для разработки программного обеспечения.

К моменту преобразований, человеческие ресурсы Проекта включали разработчиков, аналитиков, тестировщиков, менеджеров и бизнес-экспертов. В ходе трансформации все специалисты были распределены в 6 команд по 8–9 человек, каждая из которых включала представителей всех перечисленных компетенций. Команды сосредоточились на реализации отдельных составляющих общего бизнес-процесса на платформе Pega. В то же время, одна из них, та в которую входил автор, направила все усилия на автоматизацию инфраструктуры для платформы.

В рамках Agile-трансформации предполагалось внедрение культуры, практик и инструментов DevOps [11]. Требовалось провести масштабную работу по применению практик непрерывной интеграции [8], непрерывной доставки [7] и непрерывного развертывания

[9]. Другими словами, автоматизированию подлежало большое количество ручных действий, которые раньше выполнялись в процессе релизного цикла программного обеспечения. По данному пути прошли многие компании из сферы информационных технологий, о чем свидетельствуют всевозможные источники [1–4].

На старте, для всех проектов был утвержден единый набор таких инструментов и сервисов, как система версионирования исходного кода и хостинг для него, сервер автоматизации, хранилище артефактов и другие. Также были утверждены практики, применяемые в релизном цикле программного обеспечения: автоматизированная сборка, тестирование и развертывание. Для проектов Организации на Java, адаптация практик проходила быстрее и эффективнее, чем на Pega. Так было благодаря наличию большого количества готовых к применению инструментов и опыту в этой сфере как у сообщества в целом, так и Организации в частности. Применение же вышеперечисленных инструментов и практик в проекте на Pega потребовало значительных усилий. Во многих аспектах Проект автора данной ста-

ты стал первопроходцем, а разработанные средства впоследствии были успешно заимствованы другими проектами на платформе Pega.

3. Pega и особенности сборки дистрибутива

Платформа Pega представляет собой web-приложение, написанное на языке программирования Java с применением трёхзвенной архитектуры. Таким образом, Pega использует сервер приложений, базу данных и предоставляет графический пользовательский интерфейс через браузер. В Организации уже осуществлялась эксплуатация продуктов IBM WebSphere и Oracle DB, поэтому вопрос выбора сервера и базы данных не стоял. Разработка на платформе осуществляется через специализированный портал разработчика в браузере. Там же происходит получение артефакта для установки на другие стенды и сама установка.

В период, предшествующий внедрению каких-либо DevOps практик, сборка дистрибутива системы осуществлялась вручную через пользовательский интерфейс Pega ответственным членом одной из команд. Первым шагом на пути уменьшения ручных действий стало применение инструмента от производителя платформы, позволяющего взаимодействовать с экземпляром Pega по Rest интерфейсу и представляющего из себя Java приложение и Ant обертку для него. Инструмент имел функционал по сборке дистрибутива и его установке из командной строки. Впрочем, возможностей данного инструмента было недостаточно для покрытия всех потребностей по автоматизированному переносу дистрибутива системы между средами. Дополнительно требовалось переносить изменения схемы базы данных вне артефакта, выдаваемого платформой при сборке, и конфигурации сервера приложений WebSphere.

Усилия автора в составе команды автоматизации позволили реализовать новый инструмент, основанный на инструменте от вендора и предоставляющий больше контроля над процессом сборки.

Написание Maven-плагина позволило инкапсулировать механизм взаимодействия с платформой через новый инструмент в процесс сборки Maven-проекта. В дополнение, члены продуктовых команд смогли декларативно описывать состав дистрибутива и модулей системы, и хранить их в отдельных git-репозиториях в Bitbucket.

4. Частное облако и Ansible

Для упрощения создания и перераспределения вычислительных мощностей, Проекту была предоставле-

на квота ресурсов в Openstack. Это позволило значительно ускорить развёртывание новых виртуальных машин для целей Проекта командой автоматизации без взаимодействия со специалистами инфраструктурного обеспечения. Таким образом, на мощностях Openstack был развернут ресурсоемкий стенд разработки (DEV), обеспечивающий процесс разработки 6 команд, и стенды проверки сборок (DEV-BARRIER). В последних, по необходимости, автоматически создавались Docker-контейнеры из образов предыдущих релизов, в которых происходило инсталляционное тестирование сборок компонент и системы текущего релиза. Кроме того, там же были развернуты средства для сбора, хранения и визуализации логов (Elastic Stack) и сбора и отображения метрик (Prometheus + Grafana). Верхнеуровневая схема DevOps архитектуры проекта представлена на Рис. 1.

Для установки дистрибутива были написаны Ansible Playbook'и и Ansible роли, ввиду того что Ansible был принят Организацией как обязательный инструмент, используемый при разворачивании систем. Playbook по установке принимал в качестве параметра путь к дистрибутиву и, с помощью специализированных ролей, запускал установку составляющих дистрибутива, таких как артефакты с кодовой базой платформы, артефакты с Liquibase скриптами миграции базы данных и артефакты с Jython-скриптами конфигурации WebSphere.

5. Сервер автоматизации

В качестве сервера автоматизации в Организации был выбран Jenkins. Этот инструмент являлся ключевым элементом инфраструктуры непрерывной интеграции и, в тоже время, входной точкой ко всем автоматизированным действиям, выполняемым с составляющими системы. Для большинства Job (задач) в Jenkins использовался подход Infrastructure as a Code (IaaS) с применением Pipeline-плагины и написанием Groovy-скриптов, находящихся под версионным контролем в Bitbucket. Автором были написаны Groovy Pipeline скрипты и переиспользуемые Jenkins Shared Libraries (библиотеки) для сборки компонентов системы, сборки общего дистрибутива системы, установки общего дистрибутива системы на целевой стенд, бэкапа базы данных и многие другие.

Сборка компоненты системы представляла из себя многоступенчатый процесс и включала несколько этапов:

- ◆ клонирование репозитория компоненты;
- ◆ запуск Maven для создания архива, содержащего все необходимые для функционирования компоненты составляющие;

Checkout config UAT	Download distributive	Pre-Dep Test UAT check Inventory	Rollback UAT WAS	Pre-Dep Test UAT SYS	Deployment UAT LB	Deployment UAT PEGA	Stop UAT WAS	Deployment UAT WAS	Start UAT WAS	Post-Dep Test UAT SYS	Smoke Test UAT GUI
7s	8s	1min 32s	9min 45s	53s	3min 35s	1h 17min	50s	11min 38s	6min 41s	43s	6min 0s
7s	8s	1min 32s	9min 45s	53s	3min 35s	1h 17min	50s	11min 38s	6min 41s	43s	6min 0s

Рис. 2. Пример набора этапов pipeline установки дистрибутива на стенд приёмо-сдаточных испытаний

- ♦ запуск совокупности Docker-контейнеров с версией системы, соответствующей установленной на промышленный контур (prod-like);
- ♦ установка компоненты в контейнеризованное приложение, выполнение различного рода тестов из репозитория компоненты как Unit, так и автоматизированных GUI тестов;
- ♦ в случае их успешного прохождения — загрузка полученного артефакта компоненты в Nexus;
- ♦ удаление сборочных контейнеров.

Сборки компонент осуществлялись командами-владельцами по мере необходимости, путём запуска соответствующей Job в меню сервера автоматизации Jenkins, либо по коммиту в репозиторий компоненты в Bitbucket. В среднем, время сборки составляло 10–15 минут, но могло варьироваться в зависимости от компоненты, количества изменений и тестов.

Этапы сборки общего дистрибутива системы были сходны с этапами сборки компоненты, а общесистемный git-репозиторий содержал Maven-проект с перечнем компонент-зависимостей.

Сборки общего дистрибутива системы осуществлялись каждую ночь по расписанию и по мере необходимости, путём запуска соответствующей Job в меню сервера автоматизации Jenkins. Среднее время сборки составляло от 15 минут до 1 часа, и, аналогично времени сборки компоненты, могло варьироваться в зависимости от количества и состава компонент.

Большинство Job в Jenkins были запрограммированы на отсылку уведомлений по почте, что позволяло оперативно получать обратную связь о статусе выполняемых задач и своевременно предпринимать действия по устранению ошибок при их возникновении. Job в Jenkins были предметом постоянных оптимизаций и доработок, повышающих стабильность сборок и уменьшающих время их выполнения.

В Организации была применена схема контроля качества программного обеспечения, подразумевающая сохранение флагов прохождения различных проверок, так называемых Quality Gates. При этом, при сборке общего дистрибутива системы, результирующий артефакт загружался в Nexus, а по мере прохождения Quality Gates артефакт дополнялся файлами со строго заданными именами (флагами). Далее, при установке дистрибутива на стенд проверялось наличие обязательных для данного стенда флагов и, в случае их отсутствия, установка прекращалась, выдавая ошибку о том, что устанавливаемая версия дистрибутива не отвечает необходимым требованиям качества.

С реализацией возможности установки на промышленный контур, было достигнуто согласованное функционирование всех инструментов инфраструктуры и выстроен конвейер по автоматизированной доставке дистрибутива на все контуры системы.

6. Заключение

Активное участие автора статьи в проектировании, разработке и внедрению культуры, практик и инструментов DevOps, позволило значительно уменьшить объем ручных действий, необходимых для прохождения всего процесса переноса продукта со стенда разработки до стенда промышленной эксплуатации, при этом сократив время с нескольких дней до 3 часов. Появилась возможность релиза на стенд промышленной эксплуатации по запросу, для чего требовалось выполнить всего несколько кликов мыши, произведя запуск соответствующей задачи на сервере автоматизации. Внедрение практик непрерывной интеграции, непрерывной поставки и непрерывного развертывания значительно повысило качество системы, при этом количество критических дефектов сократилось на 35%, сократилось время вывода новой функциональности заказчику до двухнедельных итераций, а разработчикам позволило максимально сосредоточиться на ре-

ализации бизнес-требований. В подведении итогов также следует отметить, что внутренние отчеты Организации показали значительную финансовую выгоду от проделанной работы.

Несмотря на успешное достижение целей Agile-трансформации на проекте, несомненно, оставался простор для дальнейшего развития и улучшения инфраструктуры автоматизации. Одним из пред-

ложений был отказ от некоторых составляющих, например, Ant, ввиду наличия большого объема логики по сборке в Ant-скриптах, которые неудобны и неэффективны в тестировании. Другим — сокращение логики по установке артефактов в Ansible и Jenkins Pipeline скриптах по тем же причинам. Оптимальным решением стало бы создание отдельного инструмента, включающего указанную функциональность, на языке Java.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейер Б. Site Reliability Engineering. Надежность и безотказность как в Google / Б. Бейер, Д. Петофф, К. Джоунс [и др.]; — Санкт-Петербург: Питер — 592 с.
2. Ким Д. Проект «Феникс». Роман о том, как DevOps меняет бизнес к лучшему / Д. Ким, Д. Спаффорд, К. Бер. — Москва: Бомбора, 2015. — 410 с.
3. Ким Д. Руководство по DevOps. Как добиться гибкости, надежности и безопасности мирового уровня в технологических компаниях / Д. Ким, Д. Уиллис, П. Дебуа [и др.]; — Москва: Манн, Иванов и Фербер (МИФ) — 550 с.
4. Нейгард М. Release it! Проектирование и дизайн ПО для тех, кому не всё равно / М. Нейгард. — Санкт-Петербург: Питер — 320 с.
5. All Customers | Pega [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.pega.com/customers> (дата обращения: 28.10.2020).
6. Customer engagement solutions on a unified CRM platform | Pega [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.pega.com/products/pega-platform> (дата обращения: 28.10.2020).
7. Fowler M. ContinuousDelivery / M. Fowler // ContinuousDelivery [Электронный ресурс]. — URL: <https://martinfowler.com/bliki/ContinuousDelivery.html> (дата обращения: 01.11.2020).
8. Fowler M. Continuous Integration / M. Fowler // Continuous Integration [Электронный ресурс]. — URL: <https://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html> (дата обращения: 01.11.2020).
9. Fowler M. DeploymentPipeline / M. Fowler // DeploymentPipeline [Электронный ресурс]. — URL: <https://martinfowler.com/bliki/DeploymentPipeline.html> (дата обращения: 01.11.2020).
10. Manifesto for Agile Software Development [Электронный ресурс]. — URL: <https://agilemanifesto.org/> (дата обращения: 28.10.2020).
11. Wilsenach R. DevOpsCulture / R. Wilsenach // DevOpsCulture [Электронный ресурс]. — URL: <https://martinfowler.com/bliki/DevOpsCulture.html> (дата обращения: 01.11.2020).

© Лапин Алексей Александрович (so.yazzie@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ANALYSIS OF HYPERCONVERGED COMPUTING INFRASTRUCTURE FOR DATA STORAGE AND PROCESSING OF HIGH-LOAD INFORMATION SYSTEMS

**Yu. Sagalaev
O. Romashkova**

Summary. The article is devoted to the consideration of the hyperconverged approach for building infrastructure as a storage platform and performing a virtualized workload. The advantages of a hyperconverged system in reducing the cost of supporting an information system relative to the traditional approach of infrastructure management are demonstrated. The issues of reliability and stability of such systems as a runtime environment for information systems for various purposes are considered. The experience of using the openstack open platform to build a ready-made solution is described.

Keywords: cloud computing, hypervisor, virtualization, IT infrastructure, data storage system, information system.

Сагалаев Юрий Романович

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический
Университет (МГПУ)» г. Москва
yrok472@mail.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Д.т.н., профессор, Российская академия народного
хозяйства и государственной службы при Президенте
РФ, г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению гиперконвергентного подхода для построения инфраструктуры как платформы хранения и выполнения виртуализированной рабочей нагрузки. Продемонстрированы преимущества гиперконвергентной системы в сокращении издержек на поддержку информационной системы относительно традиционного подхода управлением инфраструктурой. Рассмотрены вопросы надежности и стабильности подобных систем в качестве среды выполнения информационных систем различного назначения. Описывается опыт применения открытой платформы openstack для построения готового решения.

Ключевые слова: облачные вычисления, гипервизор, виртуализация, ИТ-инфраструктура, система хранения данных, информационная система.

Введение

Существующая потребность в обеспечении качественного и быстрого отклика систем принятия решений диктует высокие требования к аппаратным и программным платформам, предоставляющих ресурсы для выполнения необходимого программного обеспечения. Одним из показателей качества системы является время отклика и получение конечного результата. Для достижения наилучшего результата недостаточно грамотно выстроить архитектуру самого приложения в связке с современным и производительным аппаратным обеспечением, поскольку важным критерием обеспечения высокой производительности зачастую оказывается программная платформа, реализующая управление системы в целом. Традиционный подход в построении систем хранения данных (СХД) претерпел значительные изменения за последние 10 лет. Необходимость в масштабировании инфраструктуры во время эксплуатации создало потребность в использовании программно-распределяемых хранилищ (software defined storage, SDS). SDS предоставляют ав-

томатизированные и политико-ориентированные сервисы хранения, учитывающие особенности клиентов и приложений, использующие базовую инфраструктуру хранения и поддержку в целом программно-определяемой среды [1]. В рамках сохранения совместимости и возможности переноса все более распространенным становится виртуализация рабочей нагрузки, в том числе и модулей информационной системы (ИС). Гиперконвергентный подход в построении инфраструктуры (Hyper Convergent Infrastructure, HCI) сочетает в себе возможность совмещения SDS и гипервизора на одних и тех же физических узлах кластера, позволяет лучше рассчитывать стоимость и производительность всего комплекса на всех этапах эксплуатации комплекса (рисунки 1).

Гиперконвергентная инфраструктура

Гиперконвергентные вычислительные системы можно рассматривать применительно к любым вычислительным платформам (аппаратным, программным, облачным, нейроморфным, квантовым и др.), которые

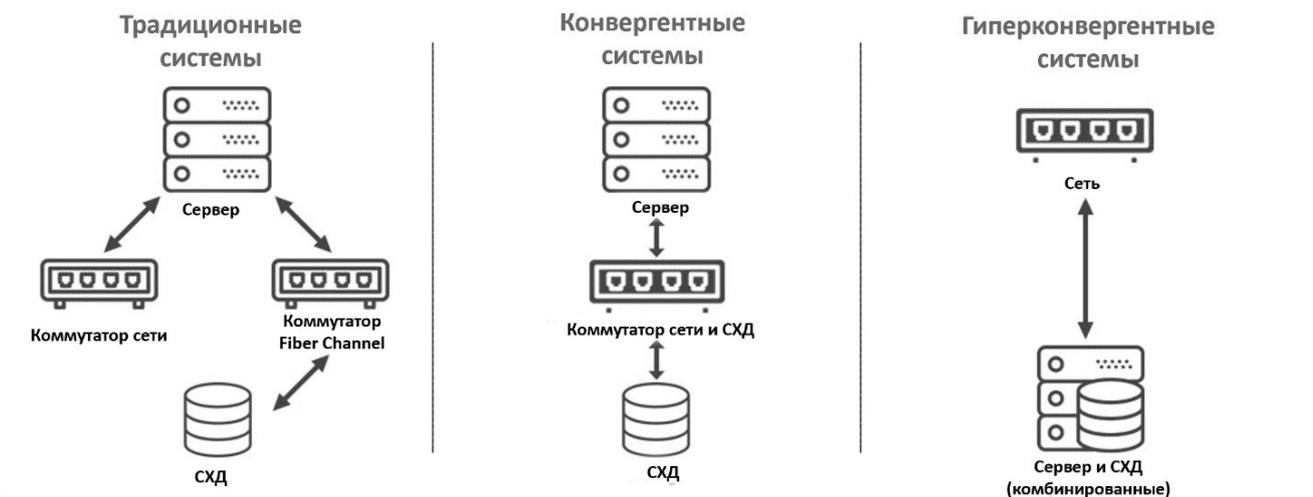


Рис. 1. Сравнение подходов в построении инфраструктуры

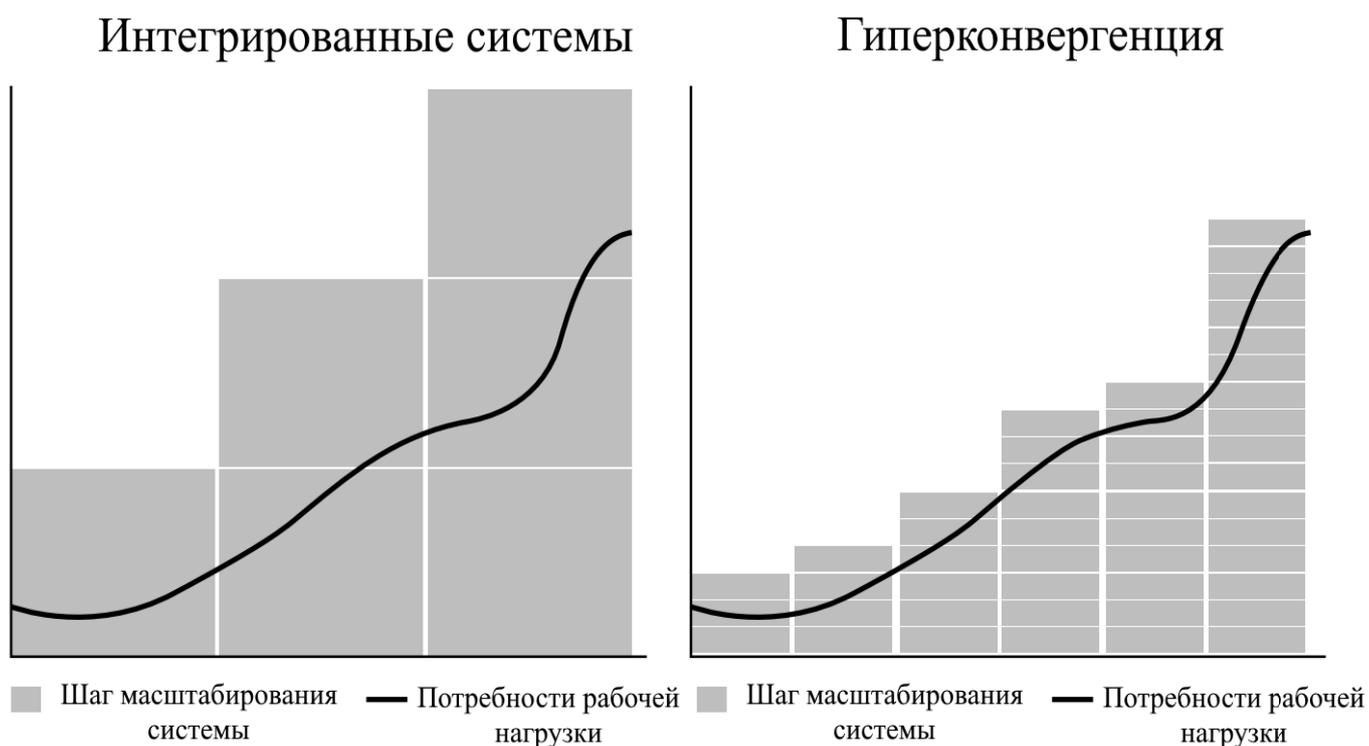


Рис. 2. Сравнение утилизации ресурсов при запуске нагрузки

могут обеспечивать пользователю доступ к различным сервисам [2]. HCI как подход упрощает архитектуру всей системы, ее обслуживания, поддержки и масштабирования. В отличие от традиционного подхода, где используются физически разрозненные аппаратные ресурсы и нецентрализованный программный слой, роль в управлении и обслуживании кластера

и его нагрузки выполняет готовое программное решение, которое, в свою очередь, делится на несколько слоев:

1. Операционная система — основа для запуска всего программного обеспечения кластера;
2. Слой управления SDS, независимый от вышестоящих слоев;

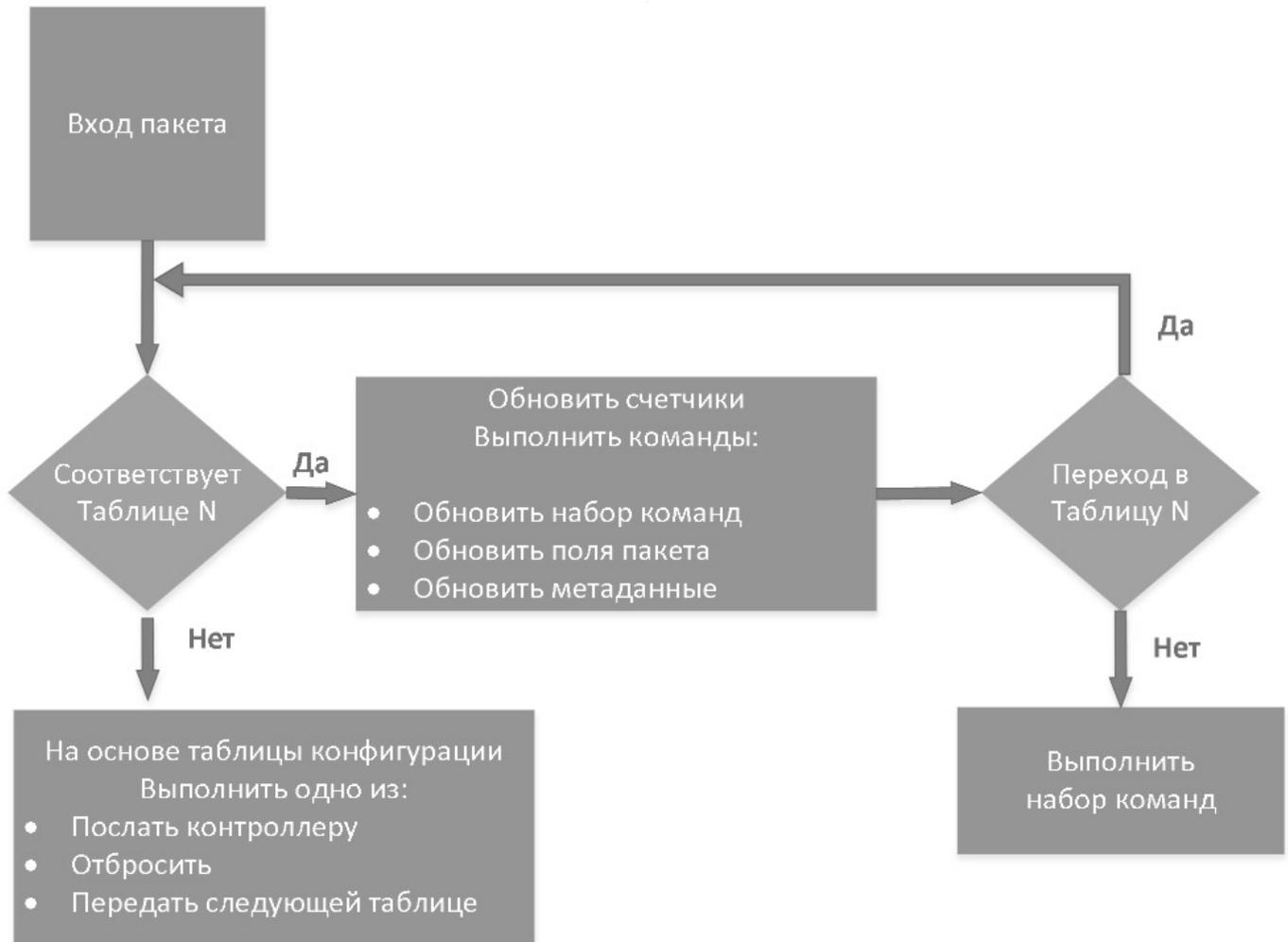


Рис. 3. Диаграмма прохождения пакета через переключатель OpenFlow

3. Гипервизор, выполняющий непосредственное исполнение виртуализированной полезной нагрузки;
4. Слой управления вычислительным кластером — система оркестрации виртуальными ресурсами, такими как виртуальные машины, виртуальные частные сети, маршрутизаторы, балансировщики нагрузки трафика.

В результате деления на уровни, каждый новый слой не влияет на отказ предыдущего. Важной особенностью HCl кластера является возможность точечного масштабирования под обновляющиеся требования, предъявляемые к системе. Типовой рекомендуемой конфигурацией каждого из узлов является наличие современного серверного многоядерного процессора с поддержкой набора инструкций, поддерживающих виртуализацию [3], а также наличие твердотельных носителей для выполнения задачи кэширования данных в SDS. Зависимость потребления мощностей кластера полезной

нагрузкой (реляционные СУБД) классическим подходом и HCl в виде диаграмм представлен на рисунке 2. «Большой шаг» при масштабировании системы в традиционной схеме ведет к неоптимальной схеме всей сети, поскольку не происходит полноценная равномерная утилизация ресурсов кластера. Все доступные ресурсы выше линии потребности рабочей нагрузки оказываются не использованными, в тоже время невозможно перераспределить свободные ресурсы под новую задачу, требуется вмешательство и ручной перенос физических ресурсов между серверами кластера [4]. Неиспользованные ресурсы продолжают потреблять электроэнергию в простое, что вызывает расходы на охлаждение [5].

HCl подход позволяет выстраивать кластер с «меньшим» шагом, тем самым не допуская потери «излишков» ресурсов. Применение единого ПО на всех узлах позволяет быстро добавлять новые ресурсы уже к существующему кластеру. По этой причине вместо команды IT

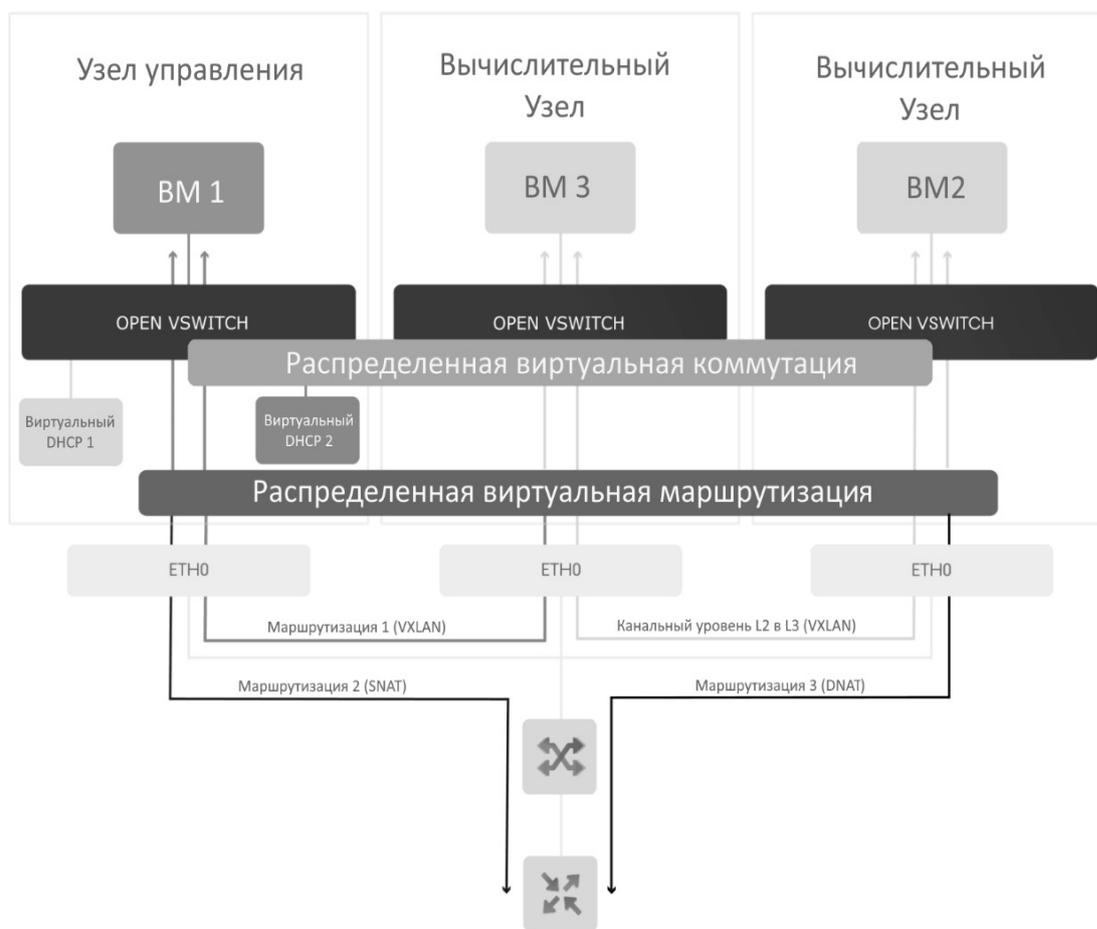


Рис. 4. Сравнение утилизации ресурсов при запуске нагрузки

специалистов для управления хранилищами данных и серверным оборудованием порой достаточно одного системного администратора [6].

Использование гиперконвергентного подхода в построении информационных систем

Выполнение соглашения об уровне обслуживания (Service Level Agreement — SLA) является важным требованием при планировании инфраструктуры под задачи информационной системы (ИС). Чтобы обеспечить коммерческий успех системы, необходимо полностью учитывать целевые ограничения качества обслуживания (Quality of Service — QoS) при планировании заданий пользователя, чтобы максимально удовлетворить потребности пользователя в QoS [7]. SLA подразумевает не только как быстро будет работать система, но и как стабильно доступна система во времени.

Для достижения требуемого уровня обслуживания ИС применяются подходы приоритезации и ограниче-

ния производительности виртуальных сетей и виртуальных носителей, обслуживающих виртуализированные модули ИС.

В качестве механизма приоритезации виртуального трафика в сетях, объединяющие модули ИС используется открытый протокол OpenFlow для управления передачей данных сети, реализованный в виртуальных маршрутизаторах кластера. В процессе переадресации определенные поля заголовка пакета могут модифицироваться оговоренным образом (рисунок 3).

Подобный способ позволяет выделять весь трафик, проходящий через маршрутизаторы виртуальных сетей, реализуя приоритезацию в виде организации очередей, разрыв соединения в случае отсутствия настроенного TLS или наличия неопределенного трафика в сети. В отличие от физического маршрутизатора, виртуальный переключатель применяет новые правила на ходу организации нового виртуального маршрутизатора или сети, не требует добавления новой физической сети кластера. Таким образом, можно выстроить

Таблица 1. Описание характеристик тестовых узлов

Компонент	Характеристика
Процессор	Intel Xeon Silver 4208 CPU3.20 ГГц
SSD	INTEL D3-S4510 960 Гбайт
Оперативная память	DIMM DDR4 2933 МГц
Сеть	Ethernet 1 Гбит/с

Таблица 2. Результаты тестирования I/O-тестов в HCl с использованием различных профилей производительности

Название профиля	Размер блока	Режим	Результат
Базовый	1 Мбайт	запись	257 Мбит/с
Случайная запись	4 кбайт	запись	65,9 Мбит/с
Случайное чтение	4 кбайт	чтение	71,8 Мбит/с
Последовательная запись	1 Мбайт	запись	247 Мбит/с
Последовательное чтение	1 Мбайт	чтение	137 Мбит/с
Случайное чтение/запись	4 кбайт	Запись/чтение	19,4 Мбит/с; 45,1 Мбит/с

сложную внутреннюю сеть из десятков виртуальных сетей и маршрутизаторов, подчиняющихся определенным правилам, не прибегая к приобретению нового физического оборудования. На рисунке 4 отображена схема физического представления подключения виртуальной сети в кластере. Технология VXLAN, используемая для виртуальных сетей, позволяет создавать логические сети L2 в сетях L3 путем инкапсуляции (туннелирования) кадров Ethernet через пакеты UDP.

QoS подход в искусственном ограничении пропускной способности сети и производительности дисков применяется для достижения прогнозируемой нагрузки на кластер. Зная необходимую пиковую нагрузку отдельно взятого модуля, можно ограничить ресурсы так, чтобы не допустить ситуаций, связанных с отказом всей системы из-за утечек памяти.

Еще одним подходом в достижении необходимого SLA значения является избыточная репликация данных между узлами, позволяя использовать автоматические сценарии восстановления целостности нагрузки, без необходимости вмешательства персонала в работу кластера.

Применение Openstack решения в разработке производительной высоконагруженной ИС

В качестве практического примера для определения производительности системы был развернут демонстрационный HCl кластер с использованием трех идентичных узлов, приведенных в таблице 1. Программным слоем всей системы служит дистрибутив Centos 7

на базе ядра Linux, объектное хранилище на базе SDS CEPH [8] и система openstack для управления вычислительным кластером.

Наиболее популярным гипервизором с открытым исходным кодом, поддерживающий управление openstack сервисом nova является KVM (Kernel-based Virtual Machine) [9]. Данные виртуальной машины, запущенной на базе KVM, хранятся на SDS с настроенным уровнем репликации равным трем, соответствующим массиву RAID-1 из трех носителей. Используемыми инструментами объективного измерения производительности на вычислительном кластере были выбраны утилиты командной строки fio и stress. Fio — это системная утилита для тестирования подсистемы ввода/вывода, которая используется в тестах производительности и нагрузочного тестирования аппаратного обеспечения [10].

Используя описанное ПО, получим усредненное значение производительности дисковой подсистемы и SDS целиком, в сценариях близким к высоконагруженным ИС. В ходе выполнения утилиты с использованием набора профилей, повторяющих поведение ИС в случайном обращении и записи на SDS, сформировалась оценка производительности для каждого из набора, представленная в таблице 2.

Каждый тест выполняется 10 раз подряд отдельно от остальных в течении одной минуты. Для каждого теста указывается разный объем блока данных, используемые при обращении к SDS. Так, случайная запись и чтение с блоком размера 4 кбайт хорошо повторяет сценарии обращения к СУБД и другим службам ИС в ходе ее повседневного использования, а последова-

тельное чтение с блоком размера 1 Мбайт демонстрирует выгрузку большого объема данных для последующего анализа.

Полученные результаты производительности SDS ожидаемо отличаются от результатов, полученных аналогичными тестами на системах без использования SDS. Сниженная производительность напрямую связана с необходимостью синхронизации всего SDS, что влечет за собой вычислительные издержки, а также необходимость передачи данных между узлами во время операций при обращении к виртуальной файловой системе кластера. Средние значения с использованием SDS в среднем меньше на 10–15% относительно номинальной производительности носителей. В качестве решения проблемы уменьшения производительности SDS можно применить ряд мер:

1. Увеличение сетевой пропускной способности между узлами кластера. Применение более скоростных интерфейсов со скоростями 10 Гбит/с или их агрегация, использование Infiniband сети вместо классической ethernet подхода позволяет утилизировать ресурсы носителей более полно и с меньшими задержками. Настройка длины кадра в сети передачи также играет роль в производительности кластера в целом, уменьшается нагрузка на ЦПУ, следовательно, это сказывается на времени отклика.
2. Правильный выбор требуемого уровня кодирования и отказоустойчивости. Задачи высоконагруженной ИС предполагают активный и не всегда предсказуемый уровень обращения к данным. Следует использовать действительно требуемый уровень отказоустойчивости и не использовать виды кодирования, не предназначенные для активных операций по записи и чтению небольших фрагментов, таких как избыточное кодирование с использованием кодов Рида-Соломона. Использование репликации выше значения уровня три

повышает нагрузку кластера, при этом, не давая практической пользы в виду маловероятности одновременного выхода из строя более двух узлов, при условии энергонезависимости друг от друга.

3. Распределение данных между разными слоями SDS. Хранение больших архивных данных на отдельных носителях SDS, использование «быстрого» слоя из твердотельных носителей под СУБД и других модулей ИС.
4. Использование QoS политик для каждого виртуализированного модуля ИС. Искусственное ограничение производительности отдельно взятых виртуальных машин позволяет освободить ресурсы для других более критически важных модулей ИС.

Заключение

Проведено исследование возможности применения HCI подхода, а также его преимущества для обеспечения отказоустойчивости и приемлемой скорости в работе высоконагруженных ИС, требующих низкий уровень задержек при обращении к данным. Рассмотрен пример конкретного HCI кластера и его производительность в различных сценариях обращения к SDS. Опираясь на полученные результаты производительности кластера в разных режимах работы, можно сделать выводы о том, что не смотря на ожидаемый уровень падения производительности, HCI подход дает преимущества отказоустойчивости и быстрого восстановления ИС. Использование механизмов репликации и применение виртуальных сетей позволяет минимизировать издержки на приобретение и обслуживание нового физического оборудования, позволяя максимально утилизировать доступные ресурсы. Исходя из полученной оценки естественной и гибридной схемы взаимодействия с носителями, для соблюдения требуемого QoS был сформирован комплекс мер при планировании и организации высоконагруженной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур Э.М. Распределенные системы хранения данных: анализ, классификация и выбор // Перспективы развития информационных технологий. 2015. № 26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelennye-sistemy-hraneniya-dannyh-analiz-klassifikatsiya-i-vybor> (дата обращения: 30.04.2021).
2. Соловьев В.М. Конвергентные и гиперконвергентные вычислительные системы // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика; Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Math. Mech. Inform. 2018. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konvergentnye-i-giperkonvergentnye-vychislitelnye-sistemy> (дата обращения: 02.05.2021).
3. Системные требования платформы openstack. URL: https://docs.openstack.org/murano/rocky/admin/deploy_murano/prerequisites.html (дата обращения: 02.05.2021).
4. Tang Q., Gupta S.K. S., Varsamopoulos G., Energy-efficient thermal-aware task scheduling for homogeneous high-performance computing data centers: A cyber-physical approach, IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst., vol. 19, no. 11, pp. 1458–1472, 2008.
5. Кудрявцев А.О., Кошелев В.К., Избышев А.О., Дудина И.А., Курмангалеев Ш.Ф., Аветисян А.И., Иванников В.П., Велихов В.Е., Рябкин Е.А. Разработка и реализация облачной системы для решения высокопроизводительных задач // Труды ИСП РАН. 2013. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-realizatsiya-oblachnoy-sistemy-dlya-resheniya-vysokoproizvoditelnykh-zadach> (дата обращения: 02.05.2021).

6. Носкова А.И., Токранова М.В. Преимущество гиперконвергентных систем над облачными технологиями // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestvo-giperkonvergentnyh-sistem-nad-oblachnymi-tehnologiyami> (дата обращения: 05.05.2021).
7. Sun H.-B., Ding Y.-S. QoS scheduling of fuzzy strategy grid workflow based on the bio-network // Int. J. Comput. Sci. Eng. 2011. Vol. 6, № 1–2. P. 114–121.
8. Sage A. Weil, Scott A. Brandt, Ethan L. Miller, Darrell D. Long, Carlos Maltzahn. Ceph: A scalable, high-performance distributed file system. In Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation, pp. 307–320. USENIX Association, 2006.
9. Газуль С.М. Формирование динамически конфигурируемой информационной инфраструктуры организации: 08.00.05: — Санкт-Петербург, 2018.
10. Avi Kivity, Yaniv Kamay, Dor Laor, Uri Lublin, Anthony Liguori. kvm: the linux virtual machine monitor. In Proceedings of the Linux Symposium, volume 1, pp. 225–230, 2007.

© Сагалаев Юрий Романович (urok472@mail.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский городской педагогический университет

МОДУЛЬ ПОДДЕРЖКИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

MODULE FOR SUPPORTING E-LEARNING IN COMPUTER SCIENCE IN A GENERAL EDUCATION ORGANIZATION

**A. Sadykhbekov
O. Romashkova**

Summary. The problem of improving the quality and efficiency of teaching and learning in the discipline "Informatics and ICT" in a general education organization is considered. The aim of the work is to develop a model for supporting e-learning "Informatics and ICT" in a general education organization. A model of an effective school has been developed, in which the developed model of e-learning support functions, and a model of a strategic plan for the implementation of the proposed module and its support has been formed. For the successful functioning of the electronic module, a database was developed.

Keywords: e-learning, Informatics and ICT, education organization, information system, e-learning support module.

Садыкбеков Ашраф Джамиль оглы

ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)», г. Москва
ashraf97@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Д.т.н., профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается задача повышения качества и эффективности обучения и преподавания по дисциплине «Информатика и ИКТ» в общеобразовательной организации. Целью работы является разработка модуля поддержки электронного обучения по дисциплине «Информатика и ИКТ». Разработана модель эффективной школы, с использованием которой функционирует созданный модуль поддержки электронного обучения, а также сформирован стратегический план по реализации предлагаемого модуля и его внедрению. Для успешного функционирования электронного модуля разработаны модели базы данных.

Ключевые слова: электронное обучение, информатика и информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), общеобразовательная организация, информационная система, модуль поддержки электронного обучения.

Введение

Электронное обучение включает в себя изучение и использование разнообразных стратегий и инструментов информационных систем для расширения возможностей преподавания и обучения таким образом, чтобы улучшить образовательные результаты [1, 2].

Необходимо обеспечить согласованность всех элементов планирования электронного обучения, чтобы максимально использовать преимущества цифровой эпохи. Успешное внедрение электронного обучения происходит только тогда, когда электронное обучение является неотъемлемой частью целостного школьного видения обучения.

Сегодняшние обучающиеся думают, учатся и существуют во все большей степени в онлайн-мире. Новые технологии и виртуальная среда позволяют оцифровывать важные сегменты их личной и социальной жизни, причем у обучающихся есть больше доступа к современным технологиям дома, чем в школе. Современная

школа признает и развивает эти способности. Она пересматривает свои учебные планы и программы, чтобы дать школьникам возможность работать автономно и одновременно в динамичной и сложной среде.

Задача школы состоит в том, чтобы создать привлекательную и поддерживающую учебную среду, и возможности, которые стимулируют, расширяют и углубляют обучение компьютерным наукам в общеобразовательной организации.

Планирование электронного обучения и модель эффективной школы

Модель эффективной школы описывает характеристики, которые помогают сделать школу более открытой и приспособленной для изучения информатики, и информационных технологий [3].

Диаграмма рисунка 1 показывает взаимосвязь между моделью эффективной школы и планированием электронного обучения [4], выделяя способы, с помо-



Рис. 1. Модель эффективного функционирования школы

стью которых информационные системы позволяют улучшить и помочь в освоении дисциплины «Информатика и ИКТ».

Профессиональное лидерство. Лидерство в области электронного обучения формирует культуру электронного обучения, поскольку оно стратегически планирует, внедряет, отслеживает и оценивает интеграцию информационных систем для улучшения преподавания, администрирования и поддержки образовательного процесса.

Фокус на преподавании и обучении. Информационные системы и электронное обучение используются стратегически для повышения качества обучения и преподавания.

Целенаправленное обучение. Информационные системы и электронное обучение используются для повышения эффективности педагогической практики, вовлеченности обучающихся и контекстуализации преподавания для удовлетворения потребностей отдельных обучающихся.

Общее видение и цели. У эффективных школ есть четкое и общее понимание того, каким образом информационные системы и электронное обучение могут улучшить результаты обучения по дисциплине «Информатика и ИКТ», что отражено в видении и целях школы.

Высокие ожидания всех учащихся. Информационные системы и электронное обучение, используемые эффективно, могут побудить школу изменить подходы в обучении и преподавании, расширить возможности обучения и улучшить результаты по дисциплинам.

Подотчетность. Информационные системы и электронное обучение обеспечивают прозрачность отчетности в школе, улучшая взаимодействие и коммуникации между родителями, учителями и учениками.

Учебно-ученическая сеть. Информационные системы и электронное обучение облегчают сотрудничество в школьном сообществе, способствуют развитию эффективных обучающих сетей в школе и за ее пределами.

Стимулирующая и безопасная среда обучения. Информационные системы и электронное обучение, используемые эффективно, способствуют разнообразному, гибкому, интерактивному, качественному обучению и преподаванию в безопасной онлайн-среде.

Планирование электронного обучения в общеобразовательной организации

Планирование электронного обучения является неотъемлемой частью стратегического плана школы и будет поддерживать в дальнейшем улучшение ис-



Рис. 2. Пример стратегического плана школы



Рис. 3. Модель матрицы планирования и поддержки электронного обучения

пользования информационных систем при обучении и преподавании (рисунок 2).

Видение электронного обучения должно исходить из стратегического плана школы, в частности, из профиля школы (цель, ценности и контекст) и стратегических намерений [5].

Многие школы уже добились значительных успехов благодаря использованию электронного обучения. Крупномасштабные проекты подключения и раз-

вития информационной инфраструктуры были очень успешными в сетевых школах при подключении их к Интернету. Но сейчас акцент смещается к внедрению широкополосной связи, современной технической архитектуры и доступа к профессиональному использованию цифровых технологий для поддержки образовательного процесса, развития школ и ускорения их модернизации [6].

Матрица планирования электронного обучения — это подробная структура, которая позволяет

Таблица 1. Сущности и их характеристики

Имя сущности	Определение
Педагог	Данные о педагоге
ЭУМК	Данные об электронном учебно-методическом комплексе (ЭУМК)
Модули ЭУМК	Данные о модуле ЭУМК
Обучающийся	Данные об обучающемся
Родители обучающегося	Данные о родителях обучающегося
ЭОР МЭШ	Данные об электронных образовательных ресурсах (ЭОР) МЭШ
Использование МЭШ	Данные об использовании МЭШ
Задания ЭУМК	Данные о заданиях ЭУМК
Класс	Данные о классе
КТП	Данные о календарно-тематическом планировании
Ответы ЭУМК	Данные о вариантах ответов на вопросы заданий ЭУМК
Состав заданий ЭУМК	Данные о предлагаемых тестовых заданиях ЭУМК и вариантах правильных ответов
Результаты тестов ЭУМК	Данные о результатах выполнения тестовых заданий обучающимися
Использование СДО	Данные о использовании системы дистанционного обучения (СДО)
Рабочая УП ОО	Данные о рабочей учебной программе образовательной организации

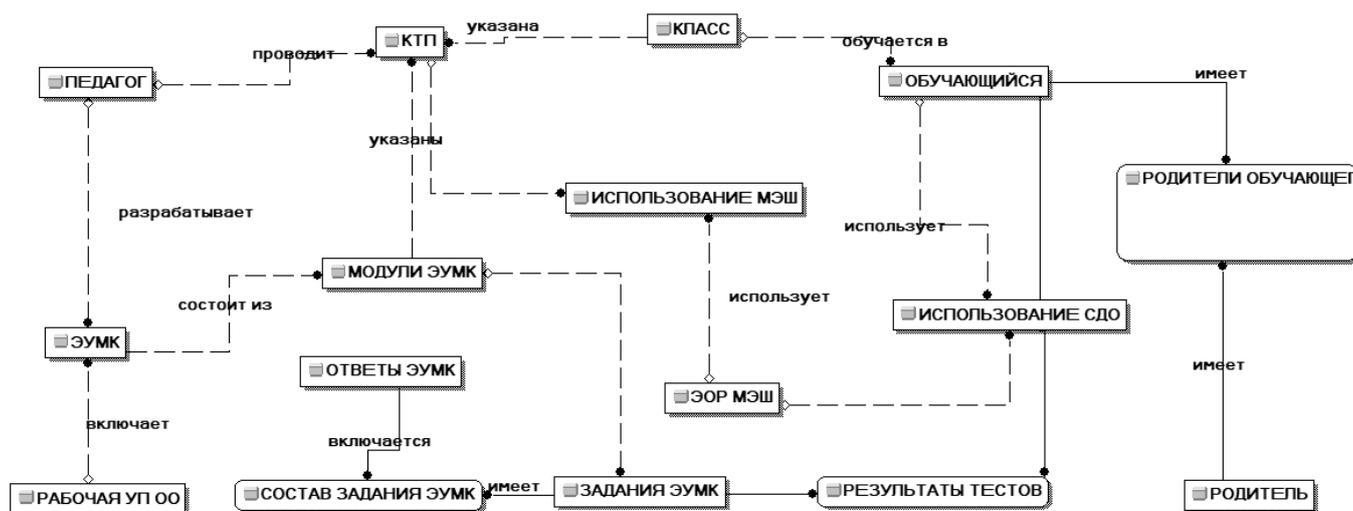


Рис. 4. ER-диаграмма модели базы данных модуля поддержки электронного обучения

школе определить, где они находятся по отношению к элементам практики электронного обучения. Матрица планирования электронного обучения описывает четыре фазы разработки по пяти элементам электронного обучения [7, 8].

Каждый из пяти элементов разделен на подэлементы. Матрица также содержит индикаторы для каждого подэлемента по четырем этапам развития: основной, развивающиеся, инновационный и преобразующий (рисунок 3).

Разработка моделей базы данных модуля поддержки электронного обучения по информатике и ИКТ

Неотъемлемой частью информационной системы, в том числе разрабатываемого модуля поддержки электронного обучения по информатике и ИКТ, является база данных, в которой хранятся все расписания, материалы, задания, тесты, к которым обучающиеся и учителя имеют доступ. При описании информации для последующей автоматизации ее обработки в базе

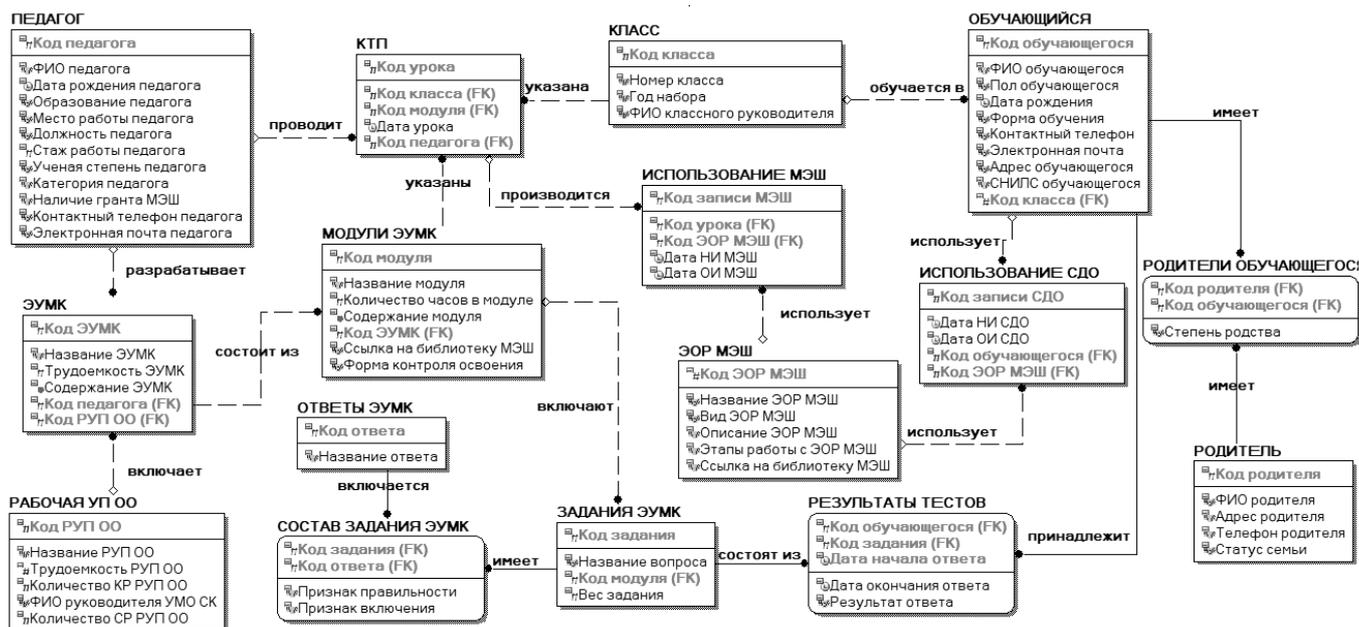


Рис. 5. Полная атрибутивная модель базы данных модуля поддержки электронного обучения

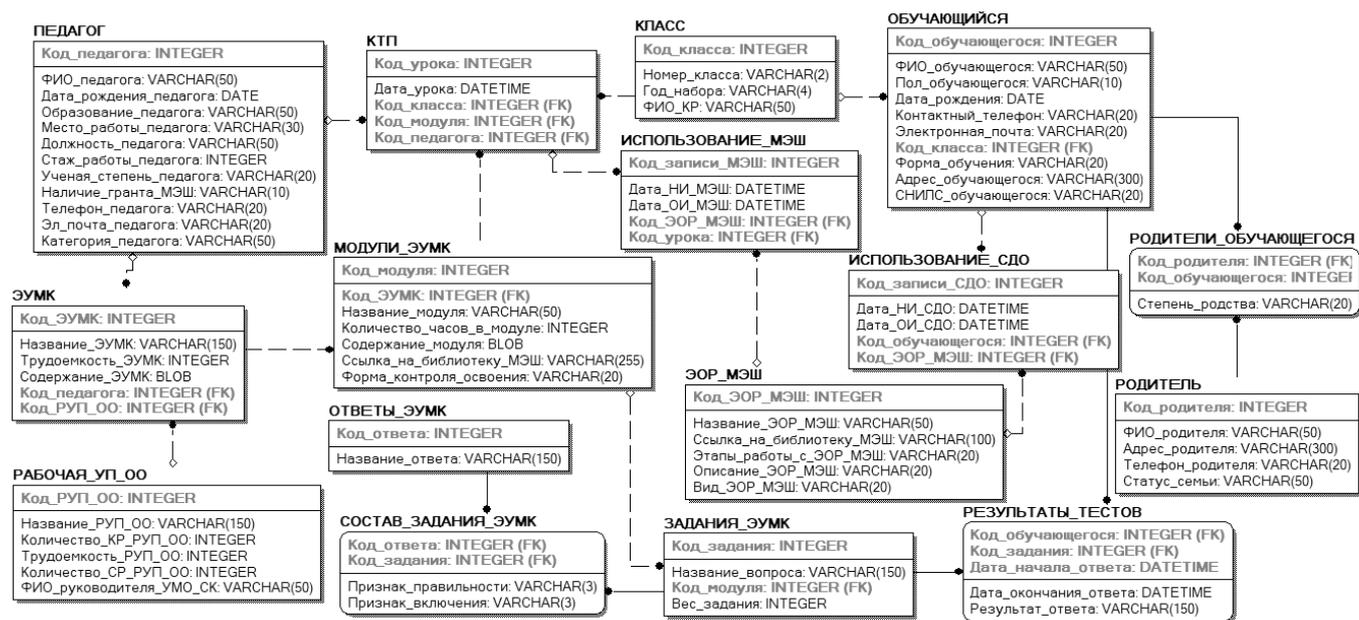


Рис. 6. Трансформационная модель базы данных модуля поддержки электронного обучения

данных применялась методология моделирования, основанная на концепции «сущность-связь» — нотация IDEF1X.

Для построения моделей структур данных в среде CA ERWin Process Modeler были созданы структурограммы данных для различных потоков функциональной модели разрабатываемого модуля поддержки электронного обучения.

Сведения о сущностях и их характеристиках представлены в таблице 1.

В результате была сформирована ER-диаграмма, которая представлена на рисунке 4.

Модель данных, основанная на ключах (КВ-модель), кроме сущностей и связей, включает в себя ключевые атрибуты сущностей: первичные (PK) и внешние (FK).

Для каждой сущности были определены первичные ключи согласно установленным требованиям.

Полная атрибутивная модель предполагает наиболее детальное представление структуры проектируемой базы данных: представляет данные в третьей нормальной форме и включает все сущности, атрибуты и связи. Для разрабатываемого модуля была сформирована FA-модель базы данных, которая представлена на рисунке 5 на логическом уровне представления данных.

В физической модели базы данных содержится информация обо всех объектах. Поскольку стандартов на объекты баз данных не существует, физическая модель зависит от конкретной реализации СУБД.

Для построения трансформационной модели необходимо определить домены атрибутов сущностей, области их допустимых значений, а также типы данных.

В результате была сформирована трансформационная модель, ориентированная на формат выбранной СУБД и включающая все сущности, атрибуты, их типы данных, ограничения контроля целостности и согласованности (рисунок 6).

Заключение

Были разработаны план и модель эффективной школы, в которой применяется разработанный модуль поддержки электронного обучения по информатике в общеобразовательной организации. Также предложены модель стратегического планирования, которая может помочь внедрить модуль поддержки электронного обучения, и матрица планирования электронного образования, с помощью которой школа может определить свое состояние по отношению к элементам практики электронного обучения. Для успешного функционирования электронного модуля была смоделирована база данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zverev S., Cardiff J., Stefanovskiy D., Alexandrov M., Catena A., Shushkevich E. Classification of Schoolchildren on Professional Trajectories Using Experience of Successful Specialists // В сборнике: IEEE2019 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2019 — Proceedings. 14. 2019. С. 215–219.
2. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Ермакова Т.Н. Нейросетевая компьютерная модель для поддержки принятия решений в образовательных комплексах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2017. № 61. С. 54–59.
3. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Этапы реализации методики выбора информационной модели для оценки показателей качества обучения // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 7-й научно-практической internet-конференции. отв. ред. Ю.С. Нагорнов. 2016. С. 318–321.
4. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Мониторинг качества образования в средней общеобразовательной организации с использованием современных средств информатизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 4. С. 10–17.
5. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Методика выбора информационной модели для оценки показателей качества обучения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 2. С. 14–20.
6. Gaidamaka Y.V., Romashkova O.N., Ponomareva L.A., Vasilyuk I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"". 2018. С. 46–53.
7. Ромашкова О.Н., Ломовцев Р.С., Пономарева Л.А. Компьютерная поддержка принятия управленческих решений для образовательной системы регионального уровня // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 67. С. 50–58.
8. Romashkova O.N., Pavlicheva E.N. Resource management in distance and mobile education systems // CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2019 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"". 2019. С. 102–108

© Садыхбеков Ашраф Джамиль оглы (ashraf97@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЦИФРОВАЯ БИБЛИОТЕКА ЧТЕНИЯ И ЗАПИСИ АУДИОДАНЫХ LIBSNDFILE: ТЕХНИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

DIGITAL LIBRARY FOR READING AND WRITING LIBSNDFILE AUDIO DATA: ENGINEERING STRUCTURE, APPLICATIONS AND FUTURE EVOLUTION

V. Taran
R. Gilyarevski

Summary. The article touches upon the aspects of digital reading and audio data writings and forms the reader's imagining about open libsndfile library. Own experience and manuals in English provide the authors an opportunity to investigate key library service. The fundamental libsndfile library technical potential and key opportunities for coding and decoding of audio material are disclosed. Basic commands set by the operator contributing qualitative and effective objective fulfillment are reviewed, arranged and translated to Russian. The examples of the wide-spread operations requiring the operator timely input of the commands for on-line problem solutions related to audio material coding and decoding are demonstrated. Extended interpretations of popular commands qualified for audio processing procedures are presented.

Keywords: libsndfile, digital library, audio data, integer-valued data, reading and writing of audio material.

Таран Василий Васильевич

К.культурологии, ФГБУН «Всероссийский институт
научной и технической информации РАН»
allscience@lenta.ru

Гиляревский Руджеро Сергеевич

Д.филол.н., профессор, заслуженный деятель науки
РФ, МГУ им. М.В. Ломоносова; ФГБУН «Всероссийский
институт научной и технической информации РАН»
ruggero29@gmail.com

Аннотация. Статья затрагивает аспекты цифрового чтения и записи аудиоданных и формирует представление читателя об открытой библиотеке libsndfile. Авторы статьи на основе собственного опыта и англоязычных инструкций анализируют ключевой функционал рассматриваемой библиотеки. В статье раскрывается базовый технический потенциал библиотеки и её основные возможности по кодированию и декодированию звукового материала. В обзорном виде систематизированы, переведены на русский язык и изложены основные команды, способствующие качественному и эффективному достижению целей, поставленных оператором технологического процесса. В статье приведены примеры наиболее популярных операций, требующих от потенциального оператора своевременного ввода команд для оперативного решения задач, связанных с кодированием и декодированием аудиоматериала, а также представлены расширительные трактовки популярных команд, характерные процедурам обработки аудиоматериала.

Ключевые слова: libsndfile, цифровая библиотека, аудиоданные, целочисленные данные, чтение и запись аудиоматериала.

Компьютерная обработка аудиосигнала, фундаментально базирующаяся на передовых алгоритмах просчёта спектральных блоков, формирующих основной состав аудиоформы, требует особого хранения и упорядочивания аудиоданных с целью их записи, перезаписи, и последующего воспроизведения на различных программно-аппаратных платформах. Специально для такого рода действий предусмотрены особые цифровые библиотеки, позволяющие управлять процессами обращения к аудиоданным.

По сути, такие библиотеки являются посредником между программой обработки аудиоматериала и об-

служивающей её операционной средой. Объектом содержания нашего мини-исследования, под названием Libsndfile¹, как раз и является разработка подобного рода.

Строго говоря libsndfile — это библиотека-посредник, написанная на языке программирования Си (далее по тексту — С), осуществляющая чтение и запись аудиосигнала посредством единого командного интерфей-

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Далее по тексту наименование библиотеки пишется с маленькой (сторочной) буквы как в англоязычных источниках в целях сохранения традиционного представления аббревиатуры согласно программному коду. Исключения составляют только начало предложений, в соответствии с правилами русского языка.



Рис. 1. Логотип библиотеки libsndfile*. Графическое воспроизведение логотипа и его повторная зарисовка — Таран Василий Васильевич, все права на оригинальное исполнение логотипа принадлежат его законным владельцам.

* Прим. автора. (Таран В.В.). Все права на использование логотипа принадлежат его законным владельцам. Логотип воспроизводится в статье исключительно в научных целях для визуальной идентификации данного программного продукта.

са¹. При бурном развитии компьютерных наук и технологий, ориентированных на персональную обработку аудиоматериала, рынок информационных технологий изобилует продуктами подобного рода, однако не все из них отвечают следующим критериям:

- ◆ наличие собственной микросреды исполнения команд;
- ◆ обладание возможностями качественной интеграции в приложения обработки аудиоданных;
- ◆ распространение по лицензии GNU Lesser General Public License (LGPL);
- ◆ поддерживание кроссплатформенности при исполнении программного кода;
- ◆ производство произвольной нормализации при чтении данных с плавающей запятой из файлов, содержащих целочисленные данные;
- ◆ осуществление записи заголовка файла, не закрывая файл;
- ◆ наличие возможности выполнения запроса в библиотеку, описывающую все поддерживаемые форматы и получение данных, описывающих каждый формат по отдельности в строчном виде.

Библиотека libsndfile соответствует каждому из приведённых критериев. Но, к сожалению, проведённый авторами анализ текущей русскоязычной научно-технической литературы, предваряющий ход данного исследования по рассматриваемому нами направлению, не выявил существенных положений, способных оха-

актеризовать достаточно полно картину особенностей данной библиотеки.

В этой связи авторы сочли возможным предпринять попытку расширения представления об этом феномене, взяв за основу технические инструкции, опубликованные на официальном сайте библиотеки libsndfile, а также руководствуясь некоторыми другими англоязычными источниками, затрагивающими тематику данной статьи.

Таким образом, информационная база нашего мини — исследования зиждется исключительно на электронных источниках: на технических инструкциях, правилах и регламентах, затрагивающих функционирование библиотеки libsndfile [1,2,3,4,5,6,7].

Официальное распространение данная библиотека получила в 1999 году, после презентации её технического пресс-релиза. Версия получила цифровую идентификацию 0.0.8., хотя она тестировалась на разных платформах — Microsoft Windows 3.1 в 1990 году, под Linux в 1995 году, т.е. задолго до представления официальной версии библиотеки.

В результате многочисленных тестов, портирование и отладка кода привели к официальной версии. Автором разработки является Эрик де Кастро Лопо² (Erik de

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Интерфейс библиотеки подразумевает набор приглашений командной строки, который предназначен для оперативного управления кодированием и декодированием, а также распределением и перераспределением цифровых аудиоданных. Каждое из приложений связано между собой и может выполнять команды одновременно, в режиме реального времени. К примеру, есть команды устанавливающие мосты между приглашениями для отработки конкретных операций, например расчёт пиковых значений для каждого канала или расчёт нормированного значения для каждого канала. В первом случае это команда SFC_CALC_MAX_ALL_CHANNELS в одном приглашении, и во втором случае команда SFC_CALC_CALC_NORM_MAX_ALL_CHANNELS в параллельном приглашении. Оператор * — позволит вывести статистические данные в обоих приглашениях.

² Прим. автора. (Таран В.В.). Эрик де Кастро Лопо (англ. Erik de Castro Lopo) — практикующий профессиональный программист широкого профиля, специализирующийся преимущественно на языке Haskell. В число его основных научных интересов входит: компьютерные вычисления, функциональное программирование, численные методы, криптовалюты, язык программирования Haskell, цифровая обработка сигналов. Владеет практиками программирования приложений под операционные системы MS Windows и Linux. Является основным автором двух специализированных библиотек чтения и записи аудиоданных написанных на языке C (libsndfile и libsamplerate). Владеет техниками программирования на OCaml (Objective Caml) с 2004 года и Haskell — с 2006 года. Имеет второй по величине вклад создание компилятора DDS (компилятор для языка, подобного Haskell, написанного на языке Haskell). Входит в группу сопровождения Debian Haskell и группу технического мониторинга пакетов Haskell на Github.

Castro Lopo). Суть библиотеки заключается в возможности преобразования массивов данных в числа с плавающей запятой для приложений обработки звука. Данный аспект во многом упрощает работу программиста при отлаживании систем ввода-вывода данных на программном уровне и позволяет обходиться без упорядочивания байтов. Рассматриваемая нами библиотека нашла своё применение в области коммерческого — Adobe Audition¹ и некоммерческого — Audacity² программного обеспечения, нацеленного на качественную обработку звука, что также подтверждает её востребованность и перспективы развития на мультимедийном рынке. Исходный программный код библиотеки `libsndfile` регулируется лицензией GNU³ (Стандартная общественная лицензия ограниченного применения) и распространяется согласно редакциям 2.1 и 3.0⁴.

Эрик де Кастро Лопо получил степень бакалавра в области компьютерных технологий в Университете Ньюкасла в Австралии. После окончания университета Эрик работал инженером-проектировщиком аппаратного обеспечения, прежде чем перейти на низкоуровневое системное программирование на языке C. Он заново открыл для себя функциональное программирование в 2004 году, изучив OCaml, а затем четыре года спустя перешёл на язык Haskell. Он присоединился к IOHK⁵ в 2018 году.

* IOHK (Input-Output Hog Kong) — это инжиниринговая компания, которая разрабатывает блокчейн-решения для академических учреждений, корпораций и государственных организаций. Компанию возглавляет Чарльз Хоскинсон (Charles Hoskinson) — бывший генеральный директор команды Ethereum и Джереми Вуд (Jeremy Wood) — исполнительный помощник команды Ethereum.

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Подробнее об использовании библиотеки `libsndfile` в Adobe Audition вы можете ознакомиться в Уведомлениях о программном обеспечении третьих лиц и/или Дополнительных условиях и положениях, опубликованных по адресу*: https://www.adobe.com/content/dam/cc/en/products/eula/third_party/pdfs/CS6_readme_05072012.pdf (дата обращения к электронному источнику: 23.04.2021).

* Документ представлен в формате PDF, об использовании библиотеки `libsndfile` в Adobe Audition смотрите страницу 149.

² Audacity* — официальный сайт компьютерной программы редактирования аудиоматериала: www.audacityteam.org. О поддержке `libsndfile` в Audacity* на Unix-подобных системах можно прочитать в предписании по адресу: <http://manpages.ubuntu.com/manpages/trusty/man1/audacity.1.html>. Об ошибках экспорта WAVE-файлов в Audacity* сказано здесь: <https://forum.audacityteam.org/viewtopic.php?t=57218>.

³ Прим. автора. (Таран В.В.). GNU Lesser General Public License (LGPL)-это лицензия на свободное программное обеспечение, опубликованная Фондом свободного программного обеспечения (FSF). *FSF — это некоммерческая организация, основанная Ричардом Столлманом (Richard Stallman) 4 октября 1985 года для поддержки движения за свободное программное обеспечение, которое продвигает всеобщую свободу изучения, распространения, создания и модификации компьютерного программного обеспечения с предпочтением распространять программное обеспечение на условиях сохранения прав копирования («share alike» — участие в равных долях). Например, с собственной лицензией GNU General Public License. FSF зарегистрирована в Бостоне, штат Массачусетс, США, где она также базируется.

⁴ Прим. автора. (Таран В.В.). Автором данной библиотеки специально предусмотрено использование программного кода с лицензиями в двух редакциях. Объясняется это в первую очередь гибкостью интеграции данной программной разработки, чтобы авторы других коммерческих компьютерных программ и свободные разработчики смогли более эффективно использовать код библиотеки как интегрированного в локальную программную среду продукта. Разработчик вправе сам выбирать какую из редакций лицензии ему удобнее использовать. `Libsndfile`

`Libsndfile` первоначально была спроектирована для запуска и компиляции в операционной среде Linux. Она также хорошо зарекомендовала себя практически на всех Unix-подобных операционных системах, включая коммерческую ветку Unix — MacOS X. Библиотека представлена в двух форматах: 32-х разрядная версия и 64-х битная версия. Технически библиотека сформирована как для чтения аудиоданных в порядке прямого следования байтов — WAVE, так и для обратного порядка байтов — AIFF и компиляции, а также для корректной работы на процессорах обработки прямого порядка байтов (Intel, DEC/Compaq Alpha) и процессорах обратного порядка байтов (Motorola 68k, Power PC, MIPS, Sparc).

Начиная с версии 1.0.18, библиотека осуществляет поддержку чтения и записи FLAC и Ogg/Vorbis. Проектные характеристики библиотеки позволяют настроить её функционал в соответствии с техническими параметрами, заданными программистом, что в перспективе позволит расширить её базу чтения и записи новых стандартов и аудиоформатов. В операционной среде MS Windows библиотека станет хорошим помощником в организации мостов импорта и экспорта, битовых аудиомассивов между различными программами, направленными на редактирование и улучшение качества аудиоматериала. Библиотека `libsndfile` имеет собственную линейку командных файлов (табл. 8), которые позволяют эффективно управлять процессами чтения и записи аудиоданных через приглашение командной строки.

При определённой компиляции кода библиотеку также можно использовать как локальный программный транзиттер для перевода прямых⁵ аудиопотоков из одной программы звукообработки в другую. Почему это важно? Ответ на этот вопрос лежит в многолетних практиках компьютерной аудиоинженерии. Очень часто программистам, звукоинженерам, звукооператорам и техническим экспериментаторам в области звука требуются условия, при которых необходимое количество аудиопотока должно распределяться между программами обработки звука, а в некоторых особых случаях, перераспределяться и перенаправляться далее на внешние виртуальные (программная маршрутизация) или физические (вывод на колонки) источники воспроизведения звука. `Libsndfile` имеет все возможности для реализации описанных выше процедур, благодаря

является динамически загружаемой библиотекой и отлично совмещается со свободно-распространяемым программным обеспечением имеющим открытый исходный код, программным обеспечением с определёнными условиями распространения а также с условно-бесплатными программами и программами использующими оригинальный код закрытого типа.

⁵ Прим. автора. (Таран В.В.). Имеются ввиду линейные аудиопотоки с возможностью их чтения и записи внутри выбранной программы.

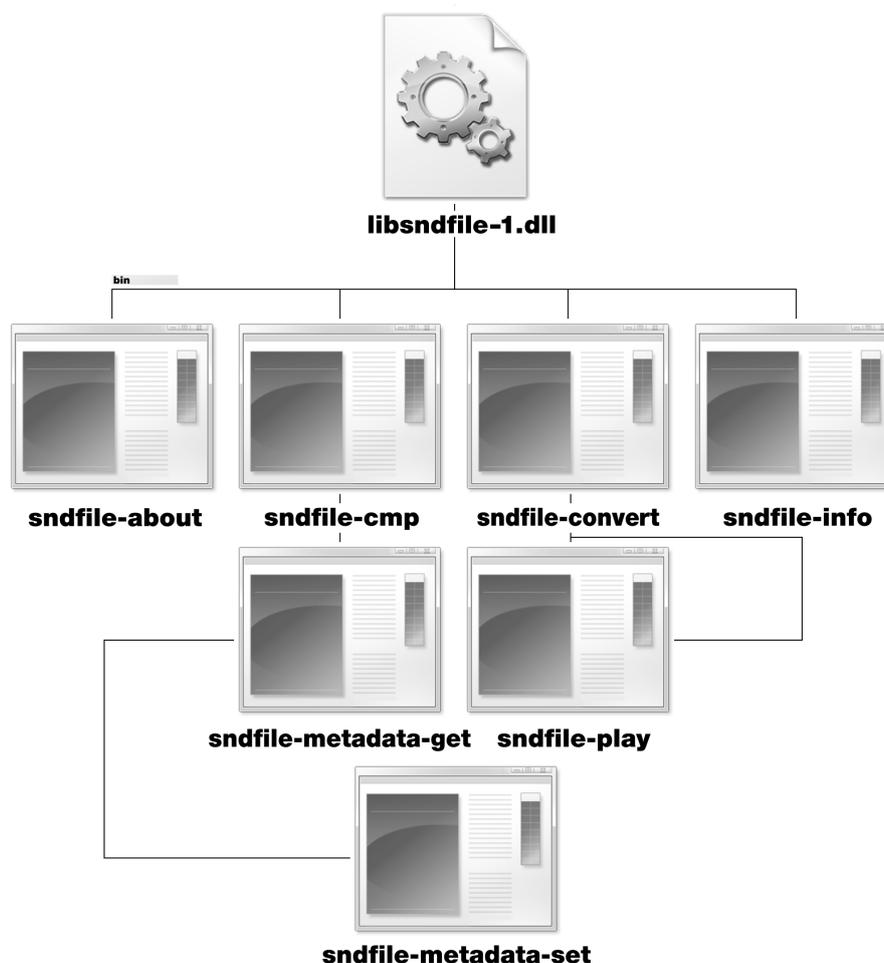


Рис. 2. Набор командных файлов, реализованный в виде приглашений командной строки MS Windows.

открытости кода и его развитой технической структуре. При желании реализации подобных возможностей можно обратиться к функции открытия закодированного аудиофайла библиотеки (по указанному пути) в операционной системе MS Windows — обращение будет следующим (рис. 2):

`specific sf_wchar_open()` — берёт имя файла, которое было закодировано UTF16_BE (`specific sf_wchar_open()` → UTF16_BE). Библиотека `libsndfile` имеет расширенный арсенал функций, способных удовлетворить многоаспектные запросы специалистов в области изучения и компьютерного редактирования аудиоматериала, расшифровка которых непременно получит дальнейшее отражение в статьях, публикуемых авторами данного исследования. Проводники командных файлов (в виде приглашений) в MS Windows располагаются в директории `\bin`. Они имеют перекрёстную структуру и различные сценарные зависимости. Поэтому их следует рассматривать комплексно как единый механизм, зависящий от `dll`-файла библиотеки. Структура сценарных

зависимостей может быть представлена следующим образом:

1) `libsndfile-1.dll` — программный файл библиотеки `libsndfile`, хранящийся в виде цифровой библиотеки.

2) `sndfile-about` — информация о текущем состоянии библиотеки. Предоставляет технические характеристики для отладки кодирования и декодирования потенциального аудиоматериала.

3) `sndfile-cmp` — производит сравнение двух аудиофайлов для выявления схожих характеристик, включая количество каналов, частоту дискретизации, хронометраж аудиофайла, т.е. те данные, которые должны совпадать. Другие различия: метаданные строки, в том числе название композиции, исполнитель, автор и т.д., игнорируются.

4) `sndfile-convert` — преобразует аудиоданные из одного установленного формата в другой.

Таблица 1. Поддерживаемые форматы преобразования аудиоданных при использовании команды `sndfile-convert`.

ФОРМАТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АУДИОДАНЫХ ПО КОМАНДЕ <code>SNDFILE-CONVERT</code>		
№	Расширение	Расширенное название
1	aif	AIF(Apple/SGI)
2	au	AU Sun/NeXT
3	wav	WAV(WAVE) / Microsoft
4	snd	AU (Sun/NeXT)
5	raw	RAW (header-less)
6	gsm	RAW (header-less)
7	vox	RAW (header-less)
8	paf	PAF (Ensoniq PARIS, big-endian)
9	fap	PAF (Ensoniq PARIS, little-endian)
10	svx	IFF (Amiga IFF/SVX8/SV16)
11	nist	SPHERE (NIST SPeech HEader Resources)
12	sph	SPHERE (NIST SPeech HEader Resources)
13	voc	VOC (Creative Labs)
14	ircam	SF (Berkeley/IRCAM/CARL)
15	sf	SF (Berkeley/IRCAM/CARL)
16	w64	W64 (SoundFoundry WAVE64)
17	mat	MAT4 (GNU Octave 2.0 / Matlab 4.2)
18	mat4	MAT4 (GNU Octave 2.0 / Matlab 4.2)
19	mat5	MAT5 (GNU Octave 2.1 / Matlab 5.0)
20	pvf	PVF (Portable Voice Format)
21	xi	XI (FastTracker 2)
22	htk	HTK (HMM Tool Kit)
23	sds	SDS (Midi Sample Dump Standard)
24	avr	AVR (Audio Visual Research)
25	wavex	WAVEX (MS WAVE with WAVEFORMATEX)
26	sd2	SD2 (Sound Designer II)
27	flac	FLAC (FLAC Lossless Audio Codec)
28	caf	CAF (Apple Core Audio File)
29	wve	WVE (Psion Series 3)
30	prc	WVE (Psion Series 3)
31	ogg	OGG (OGG Container format)
32	oga	OGG (OGG Container format)
33	mpc	MPC (Akai MPC2k)
34	rf64	RF64 (RIFF 64)

Таблица 2. Вспомогательные инструменты команды `sndfile-convert`.

№	Инструмент	Оператор	Поддерживаемая операция преобразования
1	<code>override-sample-rate=rate</code>	[=]	Делает так, чтобы на входе использовалась частота дискретизации частоты в Гц.
2	<code>endian=little</code>	[=]	Делает так, чтобы выходной файл использовал мало конечных данных.
3	<code>endian=big</code>	[=]	Делает так, чтобы выходной файл использовал данные «big endian».
4	<code>endian=cpu</code>	[=]	Делает так, чтобы выходной файл использовал порядок следования байтов CPU.
	<code>normalize</code>	[=]	Нормализует аудиоданные в выходном файле.

* Прим. автора. (Таран В.В.). Оператор [=] устанавливает значения расширений для перечисленных инструментов в диапазоне [rate], [little], [big], [cpu], [normalize]. В последнем случае [normalize]=[normalize] используется как универсальная опция в операции нормализации аудиоданных в выходном файле, т.е. может работать во взаимодействии с первыми четырьмя расширениями.

Таблица 3. Кодировки, поддерживаемые при преобразовании форматов командой `sndfile-convert`.

№	Кодировка	Расшифровка кодировки
1	pcms8	signed 8 bit pcm
2	pcmu8	unsigned 8 bit pcm
3	pcm16	16 bit pcm
4	pcm24	24 bit pcm
5	pcm32	32 bit pcm
6	float32	32 bit floating point
7	ulaw	ULAW
8	alaw	ALAW
9	ima-adpcm	IMA ADPCM (WAV only)
10	ms-adpcm	MS ADPCM (WAV only)
11	gsm610	GSM6.10 (WAV only)
12	dwww12	12 bit DWVW (AIFF only)
13	dwww16	16 bit DWVW (AIFF only)
14	dwww24	24 bit DWVW (AIFF only)
15	vorbis	Vorbis (OGG only)

Таблица 4. Список подкоманд, выводящих данные на печать.

ПАРАМЕТРЫ ВЫВОДА ДАННЫХ НА ПЕЧАТЬ		
№	Подкоманды вывода данных на печать	Описание подкоманд вывода данных на печать
1	all	Все метаданные
2	bext-description	Описание
3	bext-originator	Информация о составителе
4	bext-orig-ref	Ссылка на составителя
5	bext-umid	Уникальный идентификатор аудиовизуального материала, UMID (Unique Material Identifier)
6	bext-orig-date	Дата компиляции
7	bext-orig-time	Время компиляции
8	bext-coding-hist	История кодирования
9	str-title	Название (включая заголовок титра)
10	str-copyright	Авторское право
11	str-artist	Исполнитель
12	str-comment	Комментарий
13	str-date	Дата создания
14	str-album	Альбом
15	str-license	Лицензия

Официально поддерживаются следующие форматы файлов (таблица 1).

`sndfile-convert` имеет также ряд вспомогательных инструментов, направленных на адаптивное преобразование аудиосигнала. Среди них можно отметить следующие (таблица 2).

Произвольный параметр преобразования дает возможность задать кодировку данных для выходного

файла, в настоящее время поддерживаются следующие типы кодировок (таблица 3).

В том случае, если для выходного файла не указана кодировка, `sndfile-convert` попытается использовать кодировку входного файла. Это не всегда будет работать, поскольку большинство форматов контейнеров (например, WAV/WAVE, AIFF и т.д.) поддерживают только небольшое подмножество кодировок (например, 16-битный PCM, a-law, Vorbis и т.д.).

Таблица 5. Параметры аргументов, указывающих метаданные при эксплуатации команды `sndfile-metadata-set`.

АРГУМЕНТЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВИДА МЕТАДААННЫХ		
№	Аргумент	Описание аргумента
1	bext-description	Описание
2	bext-originator	Составитель
3	bext-orig-ref	Ссылка на составителя
4	bext-umid	Уникальный идентификатор аудиовизуального материала, UMID (Unique Material Identifier)
5	bext-orig-date	Дата компиляции
6	bext-orig-time	Время компиляции
7	bext-coding-hist	История кодирования
8	bext-time-raf	Отсчёт времени
9	str-comment	Комментарий
10	str-title	Название
11	str-copyright	Авторское право
12	str-artist	Исполнитель
13	str-date	Дата
14	str-album	Альбом
15	str-license	Лицензия

5) `sndfile-info` — командный файл целью которого служит отображение основной информации об аудиоматериале¹.

6) `sndfile-metadata-get` — отображает метаданные `bext` и строки, хранящиеся в аудиоматериале. Следующие параметры указывают, что печатать (таблица 4).

7) `sndfile-metadata-set`² — устанавливает метаданные «`bext`»³ и строки в аудиофайле, если формат их

поддерживает. Если файл не содержит фрагмента `BEXT`, который должен быть улучшен, необходимо использовать второй консект (в котором создается другой выходной файл, способный хранить метаданные). Этот файл перезаписывается, если он уже существует. Следующие параметры принимают аргумент, указывающий метаданные (таблица 5).

Следующие параметры не принимают аргументов (таблица 6).

8) `sndfile-play` — воспроизводит один или несколько звуковых файлов в различных операционных системах, используя стандартные аудиовыходы `APIs`⁴. В следующей таблице приведены сводные данные о том, какой аудио `API` используется в следующих разновидностях операционных систем (таблица 7).

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Может отображать формат количество каналов частоту дискретизации и хронометраж аудиоматериала. Может распознаваться тип трансляции и отображение самой транслируемой информации (BWF). Также отображает фрагмент корзины `WAVE`-файла (или связанного с ним файла). Поддерживает отображение карты канала включая отображение информации об инструменте: базовой ноте усилении скорости и ключевые циклические точки.

² Прим. автора. (Таран В.В.). Подробнее о функционале команд устанавливающих значения метаданных на операционных системах `Linux` (различных его дистрибутивах), а также о прочей технической информации можно прочитать по следующим адресам:

- <https://man.archlinux.org/listing/extra/libsndfile/>
- <https://github.com/libsndfile/libsndfile/tree/master/programs>

Дата обращения к электронным источникам: 23.04.2021.

³ Прим. автора. (Таран В.В.). `Bext` — формат файла, предназначенный для обмена аудиоматериалами между различными средами вещания и оборудованием, основанным на различных компьютерных платформах. Основываясь на формате аудиофайла `Microsoft WAVE`, `Broadcast Wave`

(`Broadcast WAVE Audio File Format`) добавляет необходимый фрагмент «`Broadcast Audio Extension`» (`bext`) для хранения минимальной информации, которая считается необходимой для приложений широковещательной передачи. При обращении к фрагменту данных в качестве заголовка записывается как «`BEXT`» — широковещательное аудиорасширение.

⁴ Прим. автора. (Таран В.В.). `API` [`A`pplication `P`rogramming `I`nterface, во множ. числе — `API(s)`] интерфейсы прикладного программирования, позволяющие адаптировать различные технико-программные средства под конкретные нужды оператора.

Таблица 6. Параметры, при которых аргументы не принимаются в период указания метаданных при работе команды `sndfile-metadata-set`.

№	bext / <code>sndfile-metadata-set</code>	Описание параметров
1	<code>bext-auto-time-date</code>	Устанавливает время и дату BEXT на текущее значение
2	<code>bext-auto-time</code>	Устанавливает время BEXT на текущее значение
3	<code>bext-auto-date</code>	Устанавливает дату BEXT на текущее значение
4	<code>str-auto-date</code>	Устанавливает дату строки на текущее значение

Таблица 7. Команда `sndfile-play` — список операционных систем, использующих соответствующие интерфейсы прикладного программирования.

Операционная система	API
MS Win32	<code>waveOut</code> ¹
Linux	ALSA or OSS ²
MacOSX 10.6	CoreAudio ³
MacOSX 10.7	AudioToolbox ⁴
FreeBSD	<code>/dev/dsp</code> (OSS) ⁵
OpenBSD	<code>sndio</code> ⁶
Solaris	<code>/dev/audio</code> ⁷

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Класс устройств `wave/out` состоит из аудиоустройств для низкоуровневого волнового аудиовыхода. Доступ к этим устройствам осуществляется с помощью волновых функций, описанных в Пакете разработки программного обеспечения платформы (SDK). Устройства этого класса связаны с линейными устройствами, которые поддерживают тип среды передачи `LINEMEDIAMODE_AUTOMATEDVOICE`, указанного в элементе `dwMediaModes` структуры `LINEDVCAPS` для линейного устройства.

² Прим. автора. (Таран В.В.). Advanced Linux Sound Architecture (ALSA) — это программная платформа и часть ядра Linux, которая обеспечивает использование интерфейса прикладного программирования (API) для драйверов устройств звуковых карт. OSS-это альтернативная звуковая архитектура для Unix-подобных и POSIX-совместимых систем. Третья версия OSS была первоначальной звуковой системой для Linux, но затем в 2002 г. была заменена на Advanced Linux Sound Architecture (или ALSA), а 4 версия OSS стала проприетарным (закрытым) программным обеспечением. В 2007 г. когда 4Front Technologies выпустила свой исходный код и предоставила его под лицензией GPL, OSSv4 снова стал свободным программным обеспечением.

³ Прим. автора. (Таран В.В.). Core Audio является низкоуровневым API для работы со звуком в операционных системах Apple macOS и iOS. Она включает в себя возможности кросс-платформенного OpenAL.

⁴ Прим. автора. (Таран В.В.). Набор инструментов для качественных манипуляций со звуковыми данными. Позволяет записывать или воспроизводить аудио, конвертировать форматы, анализировать аудиопотоки и настраивать аудиосессию. Платформа AudioToolbox предоставляет интерфейсы для записи, воспроизведения и анализа потоков. В iOS платформа предоставляет дополнительные интерфейсы для управления аудиосессиями. API предназначен для использования традиционных Unix-подобных систем `open()`, `read()`, `write()` и `ioctl()` с помощью специальных устройств. Например, устройство по умолчанию для ввода и вывода звука — `/dev/dsp`.

⁵ Прим. автора. (Таран В.В.). OSS-это альтернативная звуковая архитектура для Unix-подобных и POSIX-совместимых систем. см сноску 11. `/dev/dsp` — интерфейсы вывода звука в Unix-подобных операционных системах.

⁶ Прим. автора. (Таран В.В.). `sndio` — это программный уровень операционной системы OpenBSD, который управляет звуковыми картами и MIDI-портами. Он предоставляет дополнительный звуковой сервер и документированный интерфейс прикладного программирования для единообразного доступа к серверу или аудио- и MIDI-оборудованию. `sndio` предназначен для работы с настольными приложениями, но уделяет особое внимание механизмам синхронизации и надежности, требуемым музыкальными приложениями. Основным компонентом является `sndiod` audio и MIDI-сервер. Он блокирует разрыв между программными требованиями и оборудованием без программного обеспечения, представленным драйверами устройств операционной системы. Сервер позволяет выполнять множество полезных функций, среди которых:

- Смешивание и маршрутизация аудиосигнала нескольких программ — это позволяет нескольким программам одновременно использовать аудиоустройство.
- Разделение аудиоустройства на подустройства, например, разрешив одной программе использовать передние динамики, а другой — задние динамики, поскольку они являются независимыми простыми стереоустройствами.
- Маршрутизация аудио — и MIDI данных по сети которая позволяет программам, работающим на одном компьютере, использовать звуковую карту другого компьютера.

⁷ Прим. автора. (Таран В.В.). `/dev/audio` (также как и `/dev/dsp`) — основной файл устройств для цифровых приложений. Любые данные, записанные в эти файлы, воспроизводятся на DAC/PCM/DSP устройстве звуковой карты. Чтение из этих файлов возвращает звуковые данные, записанные с текущего входного источника (по умолчанию таким источником служит микрофонный вход).



Рис. 3. Цикл установки библиотеки `libsndfile` в операционной системе MS Windows.

Таблица 8. Список команд, предназначенных для управления звуком в библиотеке libsndfile.

КОМАНДЫ БИБЛИОТЕКИ LIBSNDFILE		
№	Команды	Расшифровка команды (кратко)
	SFC_GET_LIB_VERSION	Команда даёт возможность получения версии библиотеки.
	SFC_GET_LOG_INFO	Команда даёт возможность извлечения внутреннего журнала операций для каждого файла.
	SFC_CALC_SIGNAL_MAX	Команда позволяет вычислить измеренное максимальное значение сигнала.
	SFC_CALC_NORM_SIGNAL_MAX	Команда позволяет произвести вычисление измеренного нормированного максимального значения сигнала.
	SFC_CALC_MAX_ALL_CHANNELS	Команда даёт возможность расчёта пикового значения для каждого канала.
	SFC_CALC_NORM_MAX_ALL_CHANNELS	Команда считает нормированное пиковое значение для каждого канала.
	SFC_GET_SIGNAL_MAX	Команда извлекает пиковое значение для файла (так как хранится в заголовке файла).
	SFC_GET_MAX_ALL_CHANNELS	Команда даёт возможность получения пикового значения для каждого канала (так как хранится в заголовке в заголовке файла).
	SFC_SET_NORM_FLOAT	Команда изменяет характеристики нормализации функций чтения и записи с плавающей запятой.
	SFC_SET_NORM_DOUBLE	Команда изменяет характеристики нормализации функций чтения и записи с плавающей запятой двойной точности.
	SFC_GET_NORM_FLOAT	Команда получает текущие характеристики нормализации функций чтения и записи с плавающей запятой.
	SFC_GET_NORM_DOUBLE	Команда осуществляет получение текущей характеристики нормализации функций чтения и записи с плавающей запятой двойной точности.
	SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ	Команда устанавливает / убирает масштабный коэффициент, когда целочисленные (короткие/объединённые) данные считываются из файла, содержащего данные с плавающей запятой.
	SFC_SET_SCALE_INT_FLOAT_WRITE	Команда устанавливает / убирает масштабный коэффициент, когда целочисленные (короткие/объединённые) данные записываются в файл, как данные с плавающей запятой.
	SFC_GET_SIMPLE_FORMAT_COUNT	Команда позволяет получить число <i>простых форматов</i> , поддерживаемых файлом «libsnd».
	SFC_GET_SIMPLE_FORMAT	Команда получает информацию о <i>простом формате</i> .
	SFC_GET_FORMAT_INFO	Команда получает информацию о <i>главном</i> или <i>подтиповом</i> форматах.
	SFC_GET_FORMAT_MAJOR_COUNT	Команда получает число <i>главных форматов</i> .
	SFC_GET_FORMAT_MAJOR	Команда получает информацию о <i>главном типе формата</i> .
	SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT	Команда получает число <i>субформатов</i> .
	SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE	Команда получает информацию о <i>субформате</i> .
	SFC_SET_ADD_PEAK_CHUNK	Команда переключает программный код для добавления фрагмента «ПИК» в файлы WAVE (.wav) и AIFF.
	SFC_UPDATE_HEADER_NOW	Команда позволяет использовать канал, когда файл открыт для записи (эта команда также обновит заголовок файла, чтобы отразить данные, записанные до настоящего времени).
	SFC_SET_UPDATE_HEADER_AUTO	Команда позволяет использовать канал, когда файл открыт для записи (эта команда приведет к обновлению заголовка файла после каждой записи в файл).
	SFC_FILE_TRUNCATE	Команда обрезает файл, открытый для записи или чтения / записи.
	SFC_SET_RAW_START_OFFSET	Команда изменяет смещение начала поступления данных для файлов, открытых как SF_FORMAT_RAW.
	SFC_SET_CLIPPING	Команда включает и выключает автоматическое ограничение при выполнении преобразования с плавающей запятой в целое число.
	SFC_GET_CLIPPING	Команда получает установку ограничителя.

Таблица 8 (продолжение). Список команд, предназначенных для управления звуком в библиотеке libsndfile.

КОМАНДЫ БИБЛИОТЕКИ LIBSNDFILE		
№	Команды	Расшифровка команды (кратко)
	SFC_GET_EMBED_FILE_INFO	Команда получает информацию об аудиофайлах, встроенных в другие файлы.
	SFC_GET_AMBISONIC	Команда проверяет звуковой файл формата объёма.
	SFC_SET_AMBISONIC	Команда изменяет заголовок WAVEX для формата объёма.
	SFC_SET_VBR_ENCODING_QUALITY	Команда устанавливает переменную скорость передачи данных для обеспечения качества кодирования.
	SFC_SET_COMPRESSION_LEVEL	Команда устанавливает уровень сжатия.
	SFC_RAW_NEEDS_ENDSWAP	Команда определяет, требуется ли конечная замена необработанных данных.
	SFC_GET_BROADCAST_INFO	Команда получает информацию о широковещательном фрагменте.
	SFC_SET_BROADCAST_INFO	Команда устанавливает широковещательный фрагмент для получения информации.
	SFC_SET_CART_INFO	Команда устанавливает часть фрагмента для получения информации.
	SFC_GET_CART_INFO	Команда получает информацию из части фрагмента.
	SFC_GET_LOOP_INFO	Команда получает информацию о цикле.
	SFC_GET_INSTRUMENT	Команда получает информацию об инструменте.
	SFC_SET_INSTRUMENT	Команда устанавливает получение информации об инструменте.
	SFC_GET_CUE_COUNT	Команда получает счёт маркера разметки
	SFC_GET_CUE	Команда получает информацию маркера разметки.
	SFC_SET_CUE	Команда устанавливает получение информации маркера разметки.
	SFC_RF64_AUTO_DOWNGRADE	Команда позволяет обеспечить автозагрузку из RF64 в WAVE.

В Unix-подобных операционных системах могут присутствовать дополнительные команды `sndfile-interleave`¹, `sndfile-deinterleave`², `sndfile-salvage`³, `sndfile-concat`⁴. Эти команды предназначены для расширения традиционной подсистемы кодирования и декодирования

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). создает многоканальный файл, берущий аудиоданные из двух или более монофонических файлов в качестве отдельных каналов. Формат вывода файла определяется суффиксом его имени. Звуковые параметры выходного файла будут сделаны таким образом, чтобы формат мог вместить каждый из моно входов; например, частота дискретизации будет максимальной частотой дискретизации, происходящей на входах. Выходной файл будет перезаписан, если он уже существует.

² Прим. автора. (Таран В.В.). `sndfile-deinterleave` создает два или более монофайла из многоканального аудиофайла, содержащего данные с отдельных каналов. Названия результирующих монофайлов обозначаются как `name_XY.suf`, где имя и расширение `suf` являются базовым именем и суффиксом исходного файла. Если какой-либо файл под таким названием уже существует он будет перезаписан. Помимо числа каналов аудиоформат результирующих монофонических файлов будет таким же, как и в исходном файле.

³ Прим. автора. (Таран В.В.). Аудиофайлы, использующие хранилище файлов WAV/WAVE, по своей сути ограничены полями размера данных 4G в заголовке WAV, хранящимися в виде 32-х битных целых чисел в абсолютном выражении. Многие приложения испытывают проблемы с файлами WAV/WAVE, размерами более 4G. `sndfile-salvage` — перезаписывает WAV-файл в файл W64 с тем же аудиоконтентом. Файл перезаписывается, если оригинальная его версия уже существует.

⁴ Прим. автора. (Таран В.В.). `sndfile-concat` создает новый выходной файл путем объединения аудиоданных двух или более входных файлов. Кодировка выходного файла — это кодировка, используемая в `infile1`. Аудиоданные из последующих файлов преобразуются в эту кодировку. Единственное ограничение заключается в том, что файлы должны иметь

одинаковое количество каналов. Выходной файл перезаписывается, если он уже существует.

аудиоданных в зависимости от выбранного пользователем дистрибутива операционной системы (рис. 3).

Интересен также и прогрессивный подход авторов данной разработки к процессам внедрения новых функций в алгоритмы библиотеки. Libsndfile имеет широкий набор тестов, позволяющих эффективно выявлять ошибки, благодаря чему свежие релизы от них практически застрахованы. К примеру, если обнаруживаются ошибки, то к набору существующих тестов добавляются новые тесты, которые выполняют функции якорей, обеспечивающих страховку от того, что ошибки не вернуться обратно в программный код релиза. При интеграции новых функций тесты добавляются в набор тестов для того, чтобы убедиться, что оригинальные функции (уже включая новые функции) продолжают работать корректно, даже если они считаются старыми функциями. Чтобы сформировать представления о командах данной библиотеки с целью их дальнейшего систематического анализа, а впоследствии их использования в прикладных целях, упорядочим команды в табличном виде (таблица 8).

Итак, мы видим, что библиотека libsndfile обладает довольно обширным перечнем инженерных (про-

одинаковое количество каналов. Выходной файл перезаписывается, если он уже существует.

цедурных) команд — всего их 45. Теперь попытаемся представить данные команды в более подробном виде с некоторыми примерами их использования.

Первая команда, представленная в таблице **SFC_GET_LIB_VERSION**. Команда обеспечивает извлечение версии библиотеки в виде строки. Её параметры таковы:

sndfile: Not used (не используемый)
cmd: SFC_GET_LIB_VERSION
data: A pointer to a char buffer
datasize: The size of the buffer

Пример потенциального использования:
char buffer [128];
sf_command (NULL, SFC_GET_LIB_VERSION, buffer, sizeof (buffer));

Возвращаемое значение: Это действие возвращает длину полученной строки версии¹.

Вторая команда SFC_GET_LOG_INFO. Извлекает буфер журнала, созданного при открытии файла в виде строки. Зачастую буфер журнала может являться веской причиной, по которой libsndfile не удаётся открыть конкретный файл. Имеет следующие параметры:

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_LOG_INFO
data: A pointer to a char buffer
datasize: The size of the buffer

Пример потенциального использования:
char buffer [2048];
sf_command (sndfile, SFC_GET_LOG_INFO, buffer, sizeof (buffer));

Возвращаемое значение: Это действие вернёт длину полученной строки версии².

Третья команда SFC_CALC_SIGNAL_MAX. Производит извлечение уже измеренного максимального значения сигнала. Она включает в себя чтение всего файла, которое может быть довольно медленным на файлах с большим весом.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_CALC_SIGNAL_MAX
data: A pointer to a double
datasize: sizeof (double)

¹ Строка, возвращаемая в буфер, переданный этой функции, не будет переполнять буфер и всегда будет иметь нулевое завершение.

² Строка, возвращаемая в буфер, переданный этой функции, не будет переполнять буфер и всегда будет иметь нулевое завершение.

Пример потенциального использования:

```
double max_val;
sf_command (sndfile, SFC_CALC_SIGNAL_MAX, &max_val, sizeof (max_val));
```

Возвращаемое значение: Ноль в случае успешного действия, в противном случае — ненулевое значение.

Четвёртая команда SFC_CALC_NORM_SIGNAL_MAX. Извлекает уже измеренное нормализованное максимальное значение сигнала. Читает весь файл, в зависимости от объёма файла скорость чтения может быть ограничена.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_CALC_NORM_SIGNAL_MAX
data: A pointer to a double
datasize: sizeof (double)

Пример потенциального использования:

```
double max_val;
sf_command (sndfile, SFC_CALC_NORM_SIGNAL_MAX, &max_val, sizeof (max_val));
```

Возвращаемое значение: Ноль в случае успешного действия, в противном случае — ненулевое значение.

Пятая команда SFC_CALC_MAX_ALL_CHANNELS. Вычисляет пиковое значение (то есть одно число) для каждого канала. Она включает в себя чтение всего файла, которое может быть медленным, если файл будет большого размера.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_CALC_MAX_ALL_CHANNELS
data: A pointer to a double
datasize: sizeof (double)* number_of_channels

Пример потенциального использования:

```
double peaks [number_of_channels];
sf_command (sndfile, SFC_CALC_MAX_ALL_CHANNELS, peaks, sizeof (peaks));
```

Возвращаемое значение: Ноль, если пики были вычислены успешно, и ненулевые значения в противном случае.

Шестая команда SFC_CALC_NORM_MAX_ALL_CHANNELS. Организует расчёт нормализованного пика для каждого канала. Функция читает весь файл, однако при его большом объёме процесс чтения может быть существенно увеличен.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_CALC_NORM_MAX_ALL_CHANNELS

```

size_t sf_read_float (SNDFILE *sndfile, float *ptr, size_t items) ;
size_t sf_readf_float (SNDFILE *sndfile, float *ptr, size_t frames) ;

size_t sf_write_float (SNDFILE *sndfile, float *ptr, size_t items) ;
size_t sf_writef_float (SNDFILE *sndfile, float *ptr, size_t frames) ;

```

Рис. 4

data: A pointer to a double
 datasize: sizeof (double) * number_of_channels

Пример потенциального использования:

```

double peaks [number_of_channels];
sf_command (sndfile, SFC_CALC_NORM_MAX_ALL_CHANNELS, peaks, sizeof (peaks));

```

Возвращаемое значение: Ноль, если пики были вычислены успешно, и ненулевые значения в противном случае.

Седьмая команда SFC_GET_SIGNAL_MAX. Функция предназначена для извлечения пикового значения для аудиосигнала, сохранённого в заголовке файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_GET_SIGNAL_MAX
 data: A pointer to a double
 datasize: sizeof (double)

Пример потенциального использования:

```

double max_peak;
sf_command (sndfile, SFC_GET_SIGNAL_MAX, &max_peak, sizeof (max_peak));

```

Значение возврата: SF_TRUE, если заголовок файла содержит пиковое значение. SF_FALSE в противном случае.

Восьмая команда SFC_GET_MAX_ALL_CHANNELS. Извлекает пиковое значение для аудиосигнала, сохранённого в заголовке файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_GET_SIGNAL_MAX
 data: A pointer to an array of doubles
 datasize: sizeof (double) * number_of_channels

Пример потенциального использования:

```

double peaks [number_of_channels];
sf_command (sndfile, SFC_GET_MAX_ALL_CHANNELS, peaks, sizeof (peaks));

```

Значение возврата: SF_TRUE, если заголовок файла содержит пиковые файловые значения для каждого канала. SF_FALSE в противном случае.

Девятая команда SFC_SET_NORM_FLOAT. Эта команда влияет только на данные, считываемые или записываемые с помощью функций с плавающей запятой (рис. 4).

Параметры команды

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_NORM_FLOAT
 data: NULL
 datasize: SF_TRUE or SF_FALSE

1. Для операций чтения установка нормализации на SF_TRUE означает, что данные всех последующих операций чтения будут нормализованы до диапазона [-1.0, 1.0].
2. Для операций записи установка нормализации в SF_TRUE означает, что все данные, подаваемые в функции записи с плавающей запятой, должны находиться в диапазоне [-1.0, 1.0] и будут масштабироваться для формата файла по мере необходимости.
3. В обоих случаях установка нормализации на SF_FALSE означает, что масштабирование не будет происходить.

Пример потенциального использования:

```

sf_command (sndfile, SFC_SET_NORM_FLOAT, NULL, SF_TRUE);
sf_command (sndfile, SFC_SET_NORM_FLOAT, NULL, SF_FALSE);

```

Возвращаемое значение: Возвращает предыдущий режим нормализации с плавающей запятой.

Десятая команда SFC_SET_NORM_DOUBLE. Эта команда влияет только на данные, считываемые или записываемые с помощью функций с плавающей запятой двойной точности (рис. 5).

Параметры команды

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_NORM_DOUBLE
 data: NULL
 datasize: SF_TRUE or SF_FALSE

1. Для операций чтения установка нормализации на SF_TRUE означает, что данные всех последующих операций чтения будут нормализованы до диапазона [-1.0, 1.0].

```

size_t  sf_read_double   (SNDFILE *sndfile, double *ptr, size_t items) ;
size_t  sf_readf_double  (SNDFILE *sndfile, double *ptr, size_t frames) ;

size_t  sf_write_double  (SNDFILE *sndfile, double *ptr, size_t items) ;
size_t  sf_writef_double (SNDFILE *sndfile, double *ptr, size_t frames) ;
    
```

Рис. 5

- Для операций записи установка нормализации на SF_TRUE означает, что все данные, подаваемые в функции двойной записи, должны находиться в диапазоне [-1.0, 1.0] и будут масштабироваться по формату файла по мере необходимости.
- В обоих случаях установка нормализации на SF_FALSE означает, что масштабирование не будет происходить.

Пример потенциального использования:

```

sf_command (sndfile, SFC_SET_NORM_DOUBLE, NULL, SF_TRUE);
sf_command (sndfile, SFC_SET_NORM_DOUBLE, NULL, SF_FALSE);
    
```

Возвращаемое значение: Возвращает предыдущий режим двойной нормализации.

Одиннадцатая команда SFC_GET_NORM_FLOAT.

Подразумевает извлечение текущего режима нормализации с плавающей запятой.

```

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_NORM_FLOAT
data: NULL
datasize: anything
    
```

Пример потенциального использования:

```

normalisation = sf_command (sndfile, SFC_GET_NORM_FLOAT, NULL, 0);
    
```

Возвращаемое значение: Возвращает TRUE, если нормализация включена, и FALSE в противном случае.

Двенадцатая команда SFC_GET_NORM_DOUBLE.

Извлекает текущий режим нормализации поплавка.

```

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_NORM_DOUBLE
data: NULL
datasize: anything
    
```

Пример потенциального использования:

```

normalisation = sf_command (sndfile, SFC_GET_NORM_DOUBLE, NULL, 0);
    
```

Возвращаемое значение: Возвращает TRUE, если нормализация включена, и FALSE в противном случае.

Тринадцатая команда SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ. Установка / удаление коэффициента масштабирования, когда целочисленные (короткие/целочисленные) данные считываются из файла, содержащего данные с плавающей запятой.

```

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ
data: NULL
datasize: TRUE or FALSE
    
```

Пример

потенциального использования:

```

sf_command (sndfile, SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ, NULL, SF_TRUE);
    
```

Возвращаемое значение: Возвращает предыдущую настройку SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ для этого файла.

Четырнадцатая команда SFC_SET_SCALE_INT_FLOAT_WRITE. Установка / удаление коэффициента масштабирования, когда целочисленные (короткие/целочисленные) данные записываются в файл в виде данных с плавающей запятой.

```

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_SET_SCALE_FLOAT_INT_READ
data: NULL
datasize: TRUE or FALSE
    
```

Пример потенциального использования:

```

sf_command (sndfile, SFC_SET_SCALE_INT_FLOAT_WRITE, NULL, SF_TRUE);
    
```

Возвращаемое значение: Возвращает предыдущую настройку SFC_SET_SCALE_INT_FLOAT_WRITE для этого файла.

Пятнадцатая команда SFC_GET_SIMPLE_FORMAT_COUNT. Извлечение имеющихся простых форматов, поддерживаемых libsndfile.

```

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_SIMPLE_FORMAT_COUNT
data: a pointer to an int
datasize: sizeof (int)
    
```

```

SF_FORMAT_INFO format_info ;
int k, count ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_SIMPLE_FORMAT_COUNT, &count, sizeof (int)) ;

for (k = 0 ; k < count ; k++)
{
format_info.format = k ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_SIMPLE_FORMAT, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
printf ("%08x %s %s\n", format_info.format, format_info.name,
format_info.extension) ;
} ;

```

Рис. 6

Пример потенциального использования:

```

int count;
sf_command (sndfile, SFC_GET_SIMPLE_FORMAT_
COUNT, &count, sizeof (int));

```

Возвращаемое значение: 0

Шестнадцатая команда SFC_GET_SIMPLE_FORMAT. Извлечение информации о простом формате.

```

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_SIMPLE_FORMAT
data: a pointer to an SF_FORMAT_INFO struct
datasize: sizeof (SF_FORMAT_INFO)

```

Структура **SF_FORMAT_INFO** определена в `<sndfile.h>` как:

```

typedef struct
{int format;
const char *name;
const char *extension;
} SF_FORMAT_INFO;

```

Когда `sf_command ()` вызывается с помощью **SF_GET_SIMPLE_FORMAT**, значением поля формата должно быть число формата (т.е. $0 \leq \text{format} \leq \text{count value}$, полученное с помощью **SF_GET_SIMPLE_FORMAT_COUNT**).

Пример потенциального использования: рис. 6.

1. Возвращаемое значение: 0 в случае успешного действия и ненулевое значение в противном случае.
2. Значение поля формата структуры **SF_FORMAT_INFO** будет значением, которое может быть помещено в поле формата структуры **SF_INFO** при открытии файла для записи.
3. Поле названия будет содержать указатель литеры (признака)* на имя строки, например «WAVE (Microsoft 16 bit PCM)».
4. Поле расширения будет содержать наиболее часто используемое расширение файла для этого типа файла.

Семнадцатая команда SFC_GET_FORMAT_INFO.

Получение информации о главном или подтиповом формате.

```

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_FORMAT_INFO
data: a pointer to an SF_FORMAT_INFO struct
datasize: sizeof (SF_FORMAT_INFO)

```

Структура **SF_FORMAT_INFO** определена в `<sndfile.h>` как:

```

typedef struct
{int format;
const char *name;
const char *extension;
} SF_FORMAT_INFO;

```

При вызове `sf_command ()` с помощью **SF_GET_FORMAT_INFO** проверяется поле формата, и если $(\text{format} \ \& \ \text{SF_FORMAT_TYPE_MASK})$ является допустимым форматом, то структура заполняется информацией о данном основном типе. Если $(\text{format} \ \& \ \text{SF_FORMAT_TYPE_MASK})$ имеет значение FALSE и $(\text{format} \ \& \ \text{SF_FORMAT_SUBMASK})$ является допустимым форматом подтипа, то структура заполняется информацией о данном подтипе (рис. 7).

Возвращаемое значение: 0 в случае успешного действия и ненулевое значение в противном случае.

Восемнадцатая команда SFC_GET_FORMAT_MAJOR_COUNT. Извлечение имеющихся основных форматов.

```

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_FORMAT_MAJOR_COUNT
data: a pointer to an int
datasize: sizeof (int)

```

Пример потенциального использования:

```

int count;

```

```
SF_FORMAT_INFO format_info ;
    format_info.format = SF_FORMAT_WAV ;
    sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_INFO, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
    printf ("%08x %s %s\n", format_info.format, format_info.name,
format_info.extension) ;

    format_info.format = SF_FORMAT_ULAW ;
    sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_INFO, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
    printf ("%08x %s\n", format_info.format, format_info.name) ;
```

Рис. 7

```
SF_FORMAT_INFO format_info ;
    int k, count ;
    sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_MAJOR_COUNT, &count, sizeof (int)) ;
    for (k = 0 ; k < count ; k++)
    {
        format_info.format = k ;
        sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_MAJOR, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
        printf ("%08x %s %s\n", format_info.format, format_info.name,
format_info.extension) ;
    } ;
```

Рис. 8

```
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_MAJOR_COUNT, &count, sizeof (int));
```

Возвращаемое значение: 0

Девятнадцатая команда SFC_GET_FORMAT_MAJOR. Извлечение информации об основном типе формата.

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_FORMAT_MAJOR
data: a pointer to an SF_FORMAT_INFO struct
datasize: sizeof (SF_FORMAT_INFO)

Пример потенциального использования: рис. 8.

1. Более полный пример см. в программе list_formats.c в каталоге примеры/директория дистрибутива исходного кода libsndfile. Возвращаемое значение: 0 в случае успешного действия и ненулевое значение в противном случае.
2. Значение поля формата будет одним из основных идентификаторов формата, таких как SF_FORMAT_WAV или SF_FORMAT_AIFF.
3. Поле названия будет содержать указатель «литера» (признак)* на имя строки, например «WAV/WAVE (Microsoft)».

4. Поле расширения будет содержать наиболее часто используемое расширение файла для этого типа файла.

Двадцатая команда SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT. Извлечение имеющихся субформатов

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT
data: a pointer to an int
datasize: sizeof (int)

Пример потенциального использования:

```
int count;
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT, &count, sizeof (int));
```

Возвращаемое значение: 0

Двадцать первая команда SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE. Перечислите подтипы (эта функция не переводит подтип в строку, описывающую этот подтип). Типичным вариантом использования может быть получение строкового описания всех подтипов, чтобы можно было заполнить диалоговое окно.

```
SF_FORMAT_INFO format_info ;
int k, count ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT, &count, sizeof (int)) ;
for (k = 0 ; k < count ; k++)
{ format_info.format = k ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
if (! sf_format_check (format_info.format | SF_FORMAT_WAV))
continue ;
printf ("%08x %s\n", format_info.format, format_info.name) ;
} ;
```

Рис. 9

```
SF_FORMAT_INFO format_info ;
int k, count ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE_COUNT, &count, sizeof (int)) ;
for (k = 0 ; k < count ; k++)
{ format_info.format = k ;
sf_command (sndfile, SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE, &format_info, sizeof
(format_info)) ;
if (format_info.format == SF_FORMAT_PCM_16)
{ printf ("%08x %s\n", format_info.format, format_info.name) ;
break ;
} ;
} ;
```

Рис. 10

sndfile: Not used.
cmd: SFC_GET_FORMAT_SUBTYPE
data: a pointer to an SF_FORMAT_INFO struct
datasize: sizeof (SF_FORMAT_INFO)

Пример 1. Извлечение всех подтипов, поддерживаемых форматом WAV (рис. 9).

Пример 2. Печать строки, описывающей подтип SF_FORMAT_PCM_16 (рис. 10).

1. Более полный пример см. в программе list_formats.c в каталоге примеры/ директория дистрибутива исходного кода libsndfile. Возвращаемое значение:
2. 0 в случае успешного действия и ненулевое значение в противном случае.
3. Значение поля формата будет одним из основных идентификаторов формата, таких как SF_FORMAT_WAV или SF_FORMAT_AIFF.
4. Поле названия будет содержать указатель литеры (признак)* на имя строки, например «WAV (Microsoft) «или» AIFF (Apple/SGI)».
5. Поле расширения будет указателем NULL.

Двадцать вторая команда SFC_SET_ADD_PEAK_CHUNK. По умолчанию файлы WAV и AIFF, содержащие данные с плавающей запятой (подтип SF_FORMAT_FLOAT или SF_FORMAT_DOUBLE), имеют ПИКОВЫЙ фрагмент. С помощью этой команды¹ добавление ПИКОВОГО фрагмента может быть включено или выключено.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_SET_ADD_PEAK_CHUNK
data: Not used (should be NULL)
datasize: TRUE or FALSE.

Пример потенциального использования: рис. 11.

Возвращаемое значение:

1. Возвращает SF_TRUE, если пиковый фрагмент будет записан после этого вызова.
2. Возвращает SF_FALSE, если пиковый фрагмент не будет записан после этого вызова.

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Указанная команда должна быть исполнена до того, как какие-либо данные будут записаны в файл.

```
/* Turn on the PEAK chunk. */
sf_command (sndfile, SFC_SET_ADD_PEAK_CHUNK, NULL, SF_TRUE) ;

/* Turn off the PEAK chunk. */
sf_command (sndfile, SFC_SET_ADD_PEAK_CHUNK, NULL, SF_FALSE) ;
```

Рис. 11

```
/* Turn on auto header update. */
sf_command (sndfile, SFC_SET_UPDATE_HEADER_AUTO, NULL, SF_TRUE) ;

/* Turn off auto header update. */
sf_command (sndfile, SFC_SET_UPDATE_HEADER_AUTO, NULL, SF_FALSE) ;
```

Рис. 12

Двадцать третья команда SFC_UPDATE_HEADER_NOW. Заголовок аудиофайла обычно записывается с помощью `libsndfile`, когда файл закрывается с помощью `sf_close ()`. Однако, существуют ситуации, когда генерируются большие файлы, и было бы неплохо иметь допустимые (достоверные) данные в заголовке до того, как файл будет завершен. Использование этой команды обновит заголовок файла, чтобы отразить объем данных, записанных в файл до сих пор. Другие программы, открывающие файл для чтения (до того, как будут записаны дополнительные данные), затем считывают допустимый заголовок звукового файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_UPDATE_HEADER_NOW
 data: Not used (should be NULL)
 datasize: Not used.

Пример потенциального использования:

```
/* Update the header now. */
sf_command (sndfile, SFC_UPDATE_HEADER_NOW,
NULL, 0);
```

Возвращаемое значение: 0.

Двадцать четвертая команда SFC_SET_UPDATE_HEADER_AUTO. Аналогичен `SFC_UPDATE_HEADER_NOW`, но обновляет заголовок в конце каждого вызова функций `sf_write*`.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_UPDATE_HEADER_NOW
 data: Not used (should be NULL)
 datasize: SF_TRUE or SF_FALSE

Пример потенциального использования: рис. 12.

Возвращаемое значение — TRUE, если заголовок автоматического обновления включен; FALSE в противном случае.

Двадцать пятая команда SFC_FILE_TRUNCATE. Усечение файла, открытого для записи или чтения/записи.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_FILE_TRUNCATE
 data: A pointer to an sf_count_t.
 datasize: sizeof (sf_count_t)

Обрежьте файл до числа кадров, определенного параметром `sf_count_t`, на который указывают данные. После этой команды указатель чтения и записи будет находиться в новом конце файла. Эта команда завершится неудачей (возвращается ненулевое значение), если запрошенная позиция усечения находится за пределами конца файла.

Пример потенциального использования: рис. 13.

Возвращаемое значение: Ноль в случае успешного действия, ненулевое значение в противном случае.

Двадцать шестая команда SFC_SET_RAW_START_OFFSET. Изменение начального смещения данных для файлов, открытых как `SF_FORMAT_RAW`.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_RAW_START_OFFSET
 data: A pointer to an sf_count_t.

```
/* Truncate the file to a length of 20 frames. */
sf_count_t frames = 20 ;
sf_command (sndfile, SFC_FILE_TRUNCATE, &frames, sizeof (frames)) ;
```

Рис. 13

```
/ Reset the data offset to 5 bytes from the start of the file. */
sf_count_t offset = 5 ;
sf_command (sndfile, SFC_SET_RAW_START_OFFSET, &offset, sizeof (offset)) ;
```

Рис. 14

datasize: sizeof (sf_count_t)

Для файла, открытого в формате F_FORMAT_RAW, установите смещение данных в соответствии с заданным значением.

Пример потенциального использования: рис. 14.

Возвращаемое значение: Ноль при успешном действии, ненулевое значение в противном случае.

Двадцать седьмая команда SFC_SET_CLIPPING. Включение / выключение автоматического отсеечения при преобразовании числа с плавающей запятой в целое число.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_SET_CLIPPING
data: NULL
datasize: SF_TRUE or SF_FALSE.

Включение (data size == SF_TRUE) или выключение (datasize == SF_FALSE) отсеечения.

Пример потенциального использования:
sf_command(sndfile, SFC_SET_CLIPPING, NULL, SF_TRUE);

Возвращаемое значение: Режим отсеечения (SF_TRUE или SF_FALSE).

Двадцать восьмая команда SFC_GET_CLIPPING. Включение / выключение автоматического отсеечения при преобразовании числа с плавающей запятой в целое число.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_CLIPPING
data: NULL
datasize: 0

Извлечение текущей настройки отсеечения

ПРИМЕР ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ:

```
sf_command (sndfile, SFC_GET_CLIPPING, NULL, 0);
```

Возвращаемое значение: В режиме отсеечения (SF_TRUE или SF_FALSE).

Двадцать девятая команда SFC_GET_EMBED_FILE_INFO. Определить смещение файла и длину файла, встроенного в другой более крупный файл.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_CLIPPING
data: a pointer to an SF_EMBED_FILE_INFO struct
datasize: sizeof (SF_EMBED_FILE_INFO)

Структура SF_EMBED_FILE_INFO определена в <sndfile.h> как:

```
typedef struct
{sf_count_t offset;
sf_count_t length;
} SF_EMBED_FILE_INFO;
```

1. Возвращаемое значение: 0 в случае успешного действия и ненулевое значение в противном случае.
2. Значением поля смещения структуры SF_EMBED_FILE_INFO будут смещения в байтах от начала внешнего файла до начала аудиофайла.
3. Значением поля смещения структуры SF_EMBED_FILE_INFO будет длина встроенного файла в байтах.

Тридцатая команда SFC_GET_AMBISONIC. Проверка, в случае если текущий файл имеет GUID файла WAVEX¹ для любого из форматов, Объёмного звука.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer

¹ Форматы Ambisonic WAVEX доступны по адресу: <http://dream.cs.bath.ac.uk/researchdev/wave-ex/bformat.html>.

cmd: SFC_WAVEX_GET_AMBISONIC
 data: NULL
 datasize: 0

Возвращаемое значение: **SF_AMBISONIC_NONE** или **SF_AMBISONIC_B_FORMAT** или ноль, если формат файла не поддерживает форматы объемного звука.

Тридцать первая команда SFC_SET_AMBISONIC. Установка GUID из нового файла WAVEX, чтобы указать формат Объемного звука.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_WAVEX_SET_AMBISONIC
 data: NULL
 datasize: SF_AMBISONIC_NONE or SF_AMBISONIC_B_FORMAT

1. Включить (SF_AMBISONIC_B_FORMAT) или выключить (SF_AMBISONIC_NONE) кодировку. В настоящее время эта команда поддерживается только для файлов с форматом SF_FORMAT_WAVE¹.
2. Возвращаемое значение: Возвращает только что установленное значение объемного звука или нулевое значение, если формат файла не поддерживает кодировку объемного звука.

Тридцать вторая команда SFC_SET_VBR_ENCODING_QUALITY. Установите качество кодирования Переменной Скорости Передачи Битов. Значение качества кодирования должно быть между 0.0 (самое низкое качество) и 1.0 (самое высокое качество). В настоящее время эта команда реализована только для файлов FLAC и Ogg/Vorbis. Это никак не влияет на несжатые форматы файлов².

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_VBR_ENCODING_QUALITY
 data: A pointer to a double value
 datasize: sizeof (double)

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если было задано качество кодирования VBR. SF_FALSE в противном случае.

Тридцать третья команда SFC_SET_COMPRESSION_LEVEL. Установка уровня сжатия. Уровень сжатия должен быть между 0.0 (минимальный уровень сжатия) и 1.0 (самый высокий уровень сжатия). В настоящее время эта команда реализована только

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Форматы Ambisonic WAVEX определены здесь: <http://dream.cs.bath.ac.uk/researchdev/wave-ex/bformat.html>.

² Прим. автора. (Таран В.В.). Команда должна быть отправлена до того, как какие-либо аудиоданные будут записаны в файл.

для файлов FLAC и Ogg/Vorbis. Это никак не влияет на несжатые форматы файлов³.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_COMPRESSION_LEVEL
 data: A pointer to a double value
 datasize: sizeof (double)

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если был установлен уровень сжатия. SF_FALSE в противном случае.

Тридцать четвертая команда SFC_RAW_NEEDS_ENDSWAP. Определить, должны ли необработанные данные, считанные с помощью sf_read_raw, быть полностью заменены на главном процессоре.

Например, вернется ли SF_TRUE при чтении WAV, содержащего сведения о SF_FORMAT_PCM_16 на большой платформе с определенным порядком следования байтов и SF_FALSE на небольшой платформе с определенным порядком следования байтов.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_RAW_NEEDS_ENDSWAP
 data: NULL
 datasize: 0

Возвращаемое значение: SF_TRUE или SF_FALSE.

Тридцать пятая команда SFC_GET_BROADCAST_INFO. Извлечение ФРАГМЕНТА ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОГО РАСШИРЕНИЯ из WAV — файлов и связанных с ними файлов.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_GET_BROADCAST_INFO
 data: a pointer to an SF_BROADCAST_INFO struct
 datasize: sizeof (SF_BROADCAST_INFO)

Структура SF_BROADCAST_INFO определена в <sndfile.h> как рис. 14.

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если файл содержит фрагмент Широковещательного Расширения, или SF_FALSE в противном случае.

Тридцать шестая команда SFC_SET_BROADCAST_INFO. Установка ФРАГМЕНТА ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОГО РАСШИРЕНИЯ для WAV-файлов и связанных с ними файлов.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer

³ Прим. автора. (Таран В.В.). Команда должна быть отправлена до того, как какие-либо аудиоданные будут записаны в файл.

```
typedef struct
{
    char        description [256] ;
    char        originator [32] ;
    char        originator_reference [32] ;
    char        origination_date [10] ;
    char        origination_time [8] ;
    unsigned int time_reference_low ;
    unsigned int time_reference_high ;
    short       version ;
    char        umid [64] ;
    char        reserved [190] ;
    unsigned int coding_history_size ;
    char        coding_history [256] ;
} SF_BROADCAST_INFO ;
```

Рис. 14

```
#define SF_CART_INFO_VAR(p_tag_text_size) \
    struct
    {
        char        version [4] ;
        char        title [64] ;
        char        artist [64] ;
        char        cut_id [64] ;
        char        client_id [64] ;
        char        category [64] ;
        char        classification [64] ;
        char        out_cue [64] ;
        char        start_date [10] ;
        char        start_time [8] ;
        char        end_date [10] ;
        char        end_time [8] ;
        char        producer_app_id [64] ;
        char        producer_app_version [64] ;
        char        user_def [64] ;
        long        level_reference ;
        SF_CART_TIMER post_timers [8] ;
        char        reserved [276] ;
        char        url [1024] ;
        unsigned int tag_text_size ;
        char        tag_text[p_tag_text_size] ;
    }
```

Рис. 15

cmd: SFC_SET_BROADCAST_INFO
 data: a pointer to an SF_BROADCAST_INFO struct
 datasize: sizeof(SF_BROADCAST_INFO)

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если установка фрагмента Широковещательного Расширения была успешной, и SF_FALSE в противном случае.

Тридцать седьмая команда SFC_SET_CART_INFO.
 Извлечение ФРАГМЕНТА КОРЗИНЫ из WAV-файлов (и связанных с ними файлов). На основе стандарта AES46 для CartChunk (см. CartChunk.org для получения дополнительной информации).

sndfile: A valid SNDFILE* pointer

```
typedef struct
{
    short    time_sig_num ; /* any positive integer > 0 */
    short    time_sig_den ; /* any positive power of 2 > 0 */
    int      loop_mode ; /* see SF_LOOP enum */

    int      num_beats ; /* this is NOT the amount of quarter notes !!!*/
                    /* a full bar of 4/4 is 4 beats */
                    /* a full bar of 7/8 is 7 beats */

    float    bpm ; /* suggestion, as it can be calculated using
other fields:*/

                    /* file's length, file's sampleRate and our
time_sig_den*/
                    /* -> bpms are always the amount of _quarter
notes_per minute */

    int      root_key ; /* MIDI note, or -1 for None */
    int      future [6] ;
} SF_LOOP_INFO ;
```

Рис. 16

cmd: SFC_GET_CART_INFO
data: a pointer to an SF_CART_INFO struct
datasize: sizeof (SF_CART_INFO)

Структура SF_CART_INFO определена в <sndfile.h> как рис. 15.

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если файл содер-
жал фрагмент КОРЗИНЫ или SF_FALSE в противном слу-
чае.

**Тридцать восьмая команда SFC_GET_CART-
INFO.** Установите ФРАГМЕНТ КОРЗИНЫ для WAVE-фай-
лов (и связанных с ними файлов).

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_SET_CART_INFO
data: a pointer to an SF_CART_INFO struct
datasize: sizeof (SF_CART_INFO)

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если установка
фрагмента КОРЗИНЫ была успешной, и SF_FALSE в про-
тивном случае.

**Тридцать девятая команда SFC_GET_LOOP-
INFO.** Извлечение информации о цикле для файла,
включая время подписи, длину биений и исходную ба-
зовую ноту MIDI.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_LOOP_INFO
data: a pointer to an SF_LOOP_INFO struct

datasize: sizeof (SF_LOOP_INFO)

Структура SF_BROADCAST_INFO определена
в <sndfile.h> как рис. 16.

Пример потенциального использования:

```
SF_LOOP_INFO loop;
sf_command (sndfile, SFC_GET_LOOP_INFO, &loop,
sizeof (loop));
```

Возвращаемое значение:

1. SF_TRUE — если заголовок файла содержит ин-
формацию о цикле для файла.
2. SF_FALSE — в противном случае.

Сороковая команда SFC_GET_INSTRUMENT. Из-
влечение инструментальной информации из файла,
включая базовую ноту MIDI, отображение клавиату-
ры и циклическую информацию (начало/стоп и ре-
жим).

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
cmd: SFC_GET_INSTRUMENT
data: a pointer to an SF_INSTRUMENT struct

datasize: sizeof (SF_INSTRUMENT)

Структура SF_INSTRUMENT определена в <sndfile.
h> как рис. 17.

Пример потенциального использования:

```
SF_INSTRUMENT inst;
```

```

enum
{
    /*
    ** The loop mode field in SF_INSTRUMENT will be one of the following.
    */
    SF_LOOP_NONE = 800,
    SF_LOOP_FORWARD,
    SF_LOOP_BACKWARD,
    SF_LOOP_ALTERNATING
} ;

typedef struct
{
    int gain ;
    char basenote, detune ;
    char velocity_lo, velocity_hi ;
    char key_lo, key_hi ;
    int loop_count ;

    struct
    {
        int mode ;
        unsigned int start ;
        unsigned int end ;
        unsigned int count ;
    } loops [16] ; /* make variable in a sensible way */
} SF_INSTRUMENT ;

```

Рис. 17

sf_command (sndfile, SFC_GET_INSTRUMENT, &inst, sizeof (inst));

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если заголовок файла содержит инструментальную информацию для файла. SF_FALSE в противном случае.

Сорок первая команда SFC_SET_INSTRUMENT. Установка инструментальной информации для файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_INSTRUMENT
 data: a pointer to an SF_INSTRUMENT struct
 datasize: sizeof (SF_INSTRUMENT)

Пример потенциального использования:
 SF_INSTRUMENT inst;
 sf_command (sndfile, SFC_SET_INSTRUMENT, &inst, sizeof (inst));

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если заголовок файла содержит информацию об инструменте для файла. SF_FALSE в противном случае.

Сорок вторая команда SFC_GET_CUE_COUNT. Извлечение имеющихся монтажных маркеров доступных для получения посредством команды SFC_GET_CUE.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer

cmd: SFC_GET_CUE
 data: a pointer to a uint32_t
 datasize: sizeof (uint32_t)

Пример потенциального использования:
 uint32_t cue_count;
 sf_command (sndfile, SFC_GET_CUE_COUNT, &cue_count, sizeof (cue_count));

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если заголовок файла содержит информацию о монтажном маркере для файла. SF_FALSE в противном случае.

Сорок третья команда SFC_GET_CUE. Извлечение информации о монтажном маркере из файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_GET_CUE
 data: a pointer to an SF_CUES struct
 datasize: sizeof (SF_CUES)

Структура SF_CUES определена в <sndfile.h> как рис. 18.

Существует также SF_CUES_VAR #define, который позволяет читать/писать более 100 монтажных маркеров.

Пример потенциального использования:
 SF_CUES cues;

```
typedef struct
{
    int cue_count ;

    struct
    {
        int32_t    indx ;
        uint32_t   position ;
        int32_t    fcc_chunk ;
        int32_t    chunk_start ;
        int32_t    block_start ;
        uint32_t   sample_offset ;
        char name [256] ;
    } cue_points [100] ;
} SF_CUES ;
```

Рис. 18

`sf_command (sndfile, SFC_GET_CUE, &cues, sizeof (cues));`

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если заголовок файла содержит информацию о монтажном маркере для файла. SF_FALSE в противном случае.

Сорок четвёртая команда SFC_SET_CUE. Установите информацию о монтажном маркере для файла.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_SET_CUE
 data: a pointer to an SF_CUES struct
 datasize: sizeof (SF_CUES)

Пример потенциального использования:

```
SF_CUES cues;
sf_command (sndfile, SFC_SET_CUE, &cues, sizeof (cues));
```

Возвращаемое значение: SF_TRUE, если заголовок файла содержит информацию о монтажном маркере для файла. SF_FALSE в противном случае.

Сорок пятая команда SFC_RF64_AUTO_DOWNGRADE. Обеспечивает автоматическое понижение с RF64 до WAV. Рекомендация Европейского вещательного союза (European Broadcasting Union, EBU) заключается в том, что при записи файлов RF64 и результирующем файле размером менее 4Gig, его следует понизить до WAVE-файла (WAVE-файлы имеют максимальный размер 4Gig). Libsndfile не совсем точно следует рекомендациям EBU, главным образом потому, что тестовый набор должен иметь возможность проверки чтение/запись файлов RF64 без необ-

ходимости генерирования файлов размером более 4 гигабайт¹.

sndfile: A valid SNDFILE* pointer
 cmd: SFC_RF64_AUTO_DOWNGRADE
 data: NULL
 datasize: SF_TRUE or SF_FALSE

Пример потенциального использования:

```
/* Enable auto downgrade on file close. */
sf_command (sndfile, SFC_RF64_AUTO_DOWNGRADE,
NULL, SF_TRUE);
```

Возвращаемое значение:

1. SF_TRUE — если установлен SFC_RF64_AUTO_DOWNGRADE.
2. SF_FALSE — в противном случае.

Таким образом, мы рассмотрели наиболее важные команды библиотеки libsndfile. Хочется подчеркнуть, что библиотека libsndfile имеет лояльную и понятную схему лицензирования, что существенно упрощает разработчикам её наладку и подключение к собственным программным продуктам. Библиотека в виде посредника уже хорошо зарекомендовала себя при кодировании и декодировании аудиоформатов в таких программных гигантах как Audacity[®] и Adobe Audition, что характеризует её как надёжное вспомогательное звено в архитектуре любого аудиоредактора.

¹ Прим. автора. (Таран В.В.). Указанная команда должна быть отдана до того, как первый бит аудиоданных будет записан в файл. Вызов этой команды после записи аудиоданных вернёт текущее значение этого параметра, но не позволит его изменить.

Основной целью нашего мини-исследования являлся анализ базового функционала библиотеки и распространение знания по её использованию.

Ввиду недостаточности научных источников на русском языке по данной библиотеке, авторы надеются, что

анализируемый ими материал откроет дальнейшие перспективы для научных исследований в данном направлении, а прикладные свойства, описанного в статье феномена, смогут послужить хорошим арсеналом средств при проектировании автономных программных приложений, нацеленных на качественную обработку звука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт библиотеки libsndfile — <http://www.mega-nerd.com/libsndfile/#SeeAlso> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
2. Сайт на хостинге программных проектов — <https://github.com/libsndfile/libsndfile> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
3. Справочная информация — <https://formulae.brew.sh/formula/libsndfile> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
4. Справочная информация — <https://stackoverflow.com/questions/tagged/libsndfile> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
5. Справочная информация — <https://www.freshports.org/audio/libsndfile> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
6. Справочная информация — www.coderoad.ru/list/?page=1&sort=view&tag=libsndfile [дата обращения к источнику: 23.04.2021].
7. Чтение wav-файла с использованием libsndfile в C — <https://progi.pro/chteniewav-fayla-s-ispolzovaniem-libsndfile-v-c-11930716> [дата обращения к источнику: 23.04.2021].

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru), Гиляревский Руджеро Сергеевич (ruggero29@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Всероссийский институт научной и технической информации РАН

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТ ПО КОНТРОЛЮ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

A MODEL OF THE WORK BREAKDOWN STRUCTURE ABOUT MONITORING THE DESIGN RELIABILITY FOR TECHNICAL EQUIPMENT

N. Fedorova

Summary. The main methods of monitoring the design reliability of technical equipment are given in the paper. An approach to the design reliability assessment is presented. A model of the work breakdown structure about monitoring the design reliability is developed. It shows hierarchical decomposition of the total scope of the work.

Keywords: reliability, monitoring reliability, technical equipment, censored data.

Федорова Надежда Юрьевна

Аспирант, АНО ДПО «НОЦ ВКО «Алмаз-Антей»
(г. Москва)

fedorova-21@internet.ru

Аннотация. В работе приведены основные методы контроля надежности изделий сложной технической аппаратуры на стадии разработки. Изложен подход к определению экспериментальной оценки надежности на стадии разработки. Разработана иерархическая модель работ по контролю надежности на стадии разработки, которая отражает весь объем работ и определяет структурную декомпозицию процесса.

Ключевые слова: надежность, контроль надежности, сложная техническая аппаратура, цензурированные данные.

Сегодня для проектирования конкурентоспособной продукции внедряют новые технологии цифрового проектирования и моделирования. Такие технологии являются начальным этапом создания и реализации цифровых высокотехнологичных производств [1]. Основа цифровых предприятий — информационная (электронная) модель предприятия, включающая в себя всю информации о всех жизненных циклах изделия и позволяющая проводить мониторинг текущего уровня качества и надежности. Для обеспечения работы предприятия на современном уровне необходимо разрабатывать и реализовать методы и средства непрерывного контроля надежности, направленные на постоянный обмен информации.

Для изделий сложной технической аппаратуры (СТА) контроль надежности на стадии разработки ограничен сложностью расчета экспериментальных оценок надежности. Это связано прежде всего с отсутствием проведения специальных испытаний на надежность, так как объем выпуска изделий СТА обычно ограничен, а процесс изготовления, отладки, проверки функционирования и доводки занимает слишком много времени. Показатели надежности изделий СТА экспериментально оцениваются по результатам либо совмещенных испытаний, либо наблюдений на этапе эксплуатации [2].

Однако на практике из-за малых партий выпускаемых изделий СТА и сокращения времени на разработку не всегда представляется возможным сформировать достаточное количество данных для применения классических методов математической статистики. Но, тем не менее, уже по данным ограниченного объема требуется оценить надежность изделий СТА на стадии разработки.

Сбор информации о надежности

Начальным этапом контроля надежности является сбор информации о надежности. В качестве исходной информации используется информация о структуре изделия и взаимодействии составных частей, экспериментальная информация о результатах функциональных и автономных испытаний изделия СТА, информация о результатах проверок технического состояния и функционирования как изделия СТА, так и составных частей [3].

Для сбора необходимой информации создается соответствующая система сбора информации о надежности, которая определяет формы сбора, ответственных за заполнение форм, порядок прохождения заполненных форм, сроки представления информации и порядок ее хранения.

Таблица 1. Классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности

Учитываемые	Неучитываемые
1. производственные и конструктивные отказы, по которым не приняты меры, исключающие причины их возникновения; 2. отказы, причины которых не определена; 3. отказы ПКИ иностранного и отечественного производства, в том числе без ответа поставщика ПКИ, не подтвержденные поставщиком, по вине поставщика; 4. отказы ПКИ по вине эксплуатирующей организации, по которым не проведены мероприятия, исключающие их повторное появление;	1. отказы, вызванные внешними воздействиями, не предусмотренными в технической документации на изделие; 2. отказы, вызванные нарушением инструкций по эксплуатации; 3. производственные и конструктивные отказы, по которым проведены необходимые мероприятия по исключению причин возникновения отказов; 4. зависимые отказы; 5. сбой; 6. отказы ПКИ по вине эксплуатирующей организации, по которым проведены корректирующие мероприятия.

В настоящее время для сбора и хранения информации о надежности на предприятиях используют автоматизированные базы данных SQL (Structured Query Language), в таблицах которых чаще всего содержится информация только об отказах изделий. Для создания непрерывного контроля надежности такая база данных отказов должна содержать информацию не только об отказах изделий, но и информацию о движении изделия в соответствии с этапами разработки, а также информацию о времени выявления отказа и наработке каждого изделия.

Таким образом, по каждому изготовленному в рамках отдельной разработки изделию в такой базе данных может содержаться информация, дополняемая при наступлении каждого значимого с точки зрения учета надежности события.

В рамках построения цифровых предприятий такие базы данных являются не чем иным, как частью общей информационной модели предприятия, которая направлена на сбор и управление данными.

Статистическая обработка информации о надежности

Следующим важным этапом контроля надежности является предварительная обработка и анализ информации о надежности. Основные задачи предварительной обработки состоят в объединении и классификации первичной информации о надежности. Предварительный анализ информации о надежности заключается в качественном анализе информации об отказах: причинно-факторном анализе, пространственном анализе, временном анализе. Причинно-факторный анализ направлен на выявление типовых проблем изделия, целью пространственного анализа является выявление недостатков конструкции и производства изделия, а временной анализ ориентирован на определение циклических закономерностей отказов.

Для причинно-факторного анализа первичную информацию о надежности классифицируют по причинам возникновения отказов. Для изделий СТА отказы подразделяются на:

- ◆ конструктивный отказ;
- ◆ производственный отказ;
- ◆ эксплуатационный отказ;
- ◆ отказ покупного комплектующего изделия;
- ◆ отказ, причина которого не определена;
- ◆ сбой (самоустранившийся или не подтвердившийся отказ).

Качественный анализ информации об отказах осуществляют с помощью гистограмм, диаграмм Парето и Исикавы. Такой анализ проводят для выявления недостатков в конструкции и производстве изделия и оценки эффективности корректирующих мероприятий.

С точки зрения задач экспериментальной оценки надежности одной из важных групп классификации является классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности. При такой классификации все отказы разделяются на «учитываемые» и «неучитываемые» по причинам возникновения отказов. Учитываемые отказы носят случайный характер. Неучитываемые отказы не влияют на оценки показателей надежности и не принимаются при расчетах [4]. В таблице 1 приведена классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности.

Экспериментальная оценка надежности по ограниченной информации

Количественный анализ информации о надежности СТА связан с двумя основными трудностями, возникающими при обработке информации, а именно, наличием цензурированных данных и ограниченным объемом этих данных. Явление, при котором для части контролируемых изделий отсутствуют сведения о моментах



Рис. 1. Иерархическая модель работ по контролю надежности для изделий сложной технической аппаратуры.

наступления отказа за период наблюдения, носит название цензурированных данных, а получаемые в результате выборки — цензурированных выборок [5].

Разработано достаточно много параметрических и непараметрических методов оценивания по цензурированным выборкам. Наиболее известны методы максимального правдоподобия, моментов, наименьших квадратов, Каплана-Мейера, Нельсона-Аалена, Джонсона, последовательного перехода к новой системе координат [6].

Применение параметрических методов для экспериментальной оценки показателей надежности требует предположения о виде закона распределения случайных величин. В случаях, когда объем статистических

данных мал, а вид закона распределения не очевиден, параметрические методы не позволяют адекватно описать реальный процесс. Поэтому для цензурированных выборок малого объема во многих случаях используют непараметрические методы.

Для улучшения точности и достоверности оценки известные непараметрические методы можно применять в совокупности с методами статистического моделирования. Такой подход позволит проводить точечное и интервальное оценивание показателей надежности.

Таким образом, непрерывный контроль надежности для изделий СТА должен включать в себя работы по сбору и обработке информации о надежности, в том числе качественный и количественный анализ

информации о надежности изделий. Проведение непрерывного контроля на стадии разработки позволит осуществлять мониторинг текущего уровня надежности изделий, своевременно выявлять конструктивные и технологические недостатки изделия, устанавливать ненадежные элементы и составные части изделий, обосновывать необходимость проведения мероприятий для совершенствования конструкции и технологии изготовления изделий, и оценивать эффективность таких мероприятий.

Для детализированного описания работ по контролю надежности была построена иерархическая модель работ (WBS) (рис. 1). Иерархическая модель работ демонстрирует весь объем работ, сформированный в виде иерархической структуры, т.е. представляет собой декомпозицию процедуры контроля. Иерархическая модель работ разработана с целью визуализации и лучшего понимания объема, и типа работ. Представ-

ленная модель может быть дополнена в соответствии с заданными целями проведения контроля.

Заключение

Представленная иерархическая модель работ по контролю надежности позволяет оценить объем работ и выделить способы обработки информации в соответствии с целями контроля. Предложенную модель можно использовать для обоснования необходимости во времени и ресурсах для проведения контроля.

В целом, процедуры контроля надежности интегрированные в процесс разработки изделия как часть информационной модели цифрового предприятия позволит сократить время достижения требуемых значений показателей надежности изделия и снизить затраты на доработку изделия за счет своевременного проведения контрольных процедур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С.Н. Принципы построения цифровых производств в машиностроении / С.Н. Григорьев, А.А. Кутин, В.А. Долгов // Вестник МГТУ «Станкин». — 2014. — № 4(31). — С. 10–15.
2. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. — М.: Радио и связь, 1985. — 608 с.
3. Животкевич И.Н. Надежность технических изделий / И.Н. Животкевич, А.П. Смирнов. — М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. — 472 с.
4. Гурьянов А.В. Алгоритм классификации учитываемых и неучитываемых отказов при оценке показателей надежности изделий авионики / А.В. Гурьянов, О.А. Кузнецова, А.В. Шукалов, И.О. Жаринов, В.А. Нечаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2017. — т. 19, № 1 (2). — С. 341–345.
5. Скрипник В.М. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В.М. Скрипник, А.Е. Назин, Ю.Г. Приходько, Ю.Н. Благовещенский. — М.: Радио и связь, 1988. — 184 с.
6. Буртаев Ю.Ф. Статистический анализ надежности объектов по ограниченной информации/ Ю.Ф. Буртаев, В.А. Острейковский. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 240 с.

© Федорова Надежда Юрьевна (fedorova-21@internet.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗУБНЫХ РЯДОВ ПРИ ПРОГЕНИЧЕСКОМ СООТНОШЕНИИ ФРОНТАЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ БЕЗЗУБЫХ ЧЕЛЮСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

INCREASING THE FUNCTIONAL AND AESTHETIC EFFICIENCY OF THE DESIGN OF THE DENTITION WITH A PROGENIC RATIO OF THE FRONTAL SEGMENTS OF THE EDENTULOUS JAWS BASED ON THE PRINCIPLES OF MATHEMATICAL MODELING

D. Aksyonov
Yu. Mayboroda
E. Bragin
I. Aksenov

Summary. Purpose: Development of mathematical parameters necessary for optimal placement of the frontal group of teeth with various variants of asymmetric progenic ratio of edentulous jaws.

Methods. In order to rationally design the artificial dentition of the anterior segment, a method of mathematical modeling was developed based on digital data of the dimensions of the sagittal gap between the arches of the apexes of the alveolar ridges, taking into account the standard deviation of the interalveolar lines.

Results. Based on the study of the structural features of the alveolar processes of edentulous frontal segments in 72 patients in the oral cavity and on plaster models, various variants of the magnitude of the bends and the degree of divergence of the sagittal gap between both jaws were revealed. The level of inclination of the apex of the alveolar ridges in relation to the horizontal plane and, likewise, the interalveolar arch is located at different angles and the degree of divergence of the sagittal fissure is variable. Four variants of the progenic ratio of the jaws were obtained, taking into account the symmetry or asymmetry of the right and left sides of the frontal part of the jaws.

Conclusions. The presented method of constructing the dentition in the anterior segment of the edentulous jaws based on the algorithm of digital calculations makes it possible to more specifically set the teeth, taking into account the degree of divergence of the interalveolar

Аксёнов Даниил Игоревич

Аспирант, Ставропольский государственный
медицинский университет, Ставрополь
p.ghost@rambler.ru

Майборода Юрий Николаевич

К.м.н., доцент, Ставропольский государственный
медицинский университет, Ставрополь

Брагин Евгений Александрович

Д.м.н., профессор, Ставропольский
государственный медицинский университет,
Ставрополь

Аксёнов Игорь Николаевич

Ассистент, Ставропольский государственный
медицинский университет, Ставрополь

Аннотация. Цель: Разработка математических параметров, необходимых для оптимальной расстановки фронтальной группы зубов при различных вариантах асимметричного прогенического соотношения беззубых челюстей.

Методы. С целью рационального конструирования искусственных зубных рядов фронтального сегмента был разработан метод математического моделирования на основе цифровых данных размеров сагиттальной щели между дугами вершин альвеолярных гребней с учётом среднеквадратичного отклонения межальвеолярных линий.

Результаты. На основании изучения особенностей строения альвеолярных отростков беззубых фронтальных сегментов у 72 пациентов в полости рта и на гипсовых моделях выявлены различные варианты величины изгибов и степень расхождения сагиттальной щели между обеими челюстями. Уровень наклона вершины альвеолярных гребней по отношению к горизонтальной плоскости и, равным образом, межальвеолярная дуга располагается под различными углами и степень расхождения сагиттальной щели вариабельна. Получены четыре варианта прогенического соотношения челюстей с учётом симметричности или асимметричности правой и левой сторон фронтального участка челюстей.

Выводы. Представленный способ конструирования зубных рядов во фронтальном сегменте беззубых челюстей на основе алгоритма цифровых расчётов позволяют более конкретно производить постановку зубов

lines and the values of their angles in relation to the prosthetic plane in the interframe space of the articulator.

Keywords: progeny, mathematical model, toothless jaws, articulator.

Введение

Многочисленные публикации отечественных и зарубежных исследователей освещают аспекты протезирования беззубых больных различного возраста на фоне разнообразных атрофических процессов протезного ложа. Даже при одинаковых уровнях атрофии альвеолярных отростков у пациентов на фоне особенностей анатомо-топографических условий полости рта не всегда возможна реабилитация отдельных групп больных стандартными методами протезирования [7, 10].

Литературный обзор

В настоящее время существует тенденция индивидуального подхода к решению планирования подготовки и ортопедическому лечению в каждом конкретном случае с учётом совокупности всех клинических признаков [3, 9, 15]. Даже на стадии снятия функциональных и, особенно, анатомических оттисков часто трудно получить равномерное распределение жевательного давления и чёткого изображения тканей протезного ложа и, тем самым, получения оптимальной адгезии и стабилизации протезов не только в состоянии покоя, но и во время функции жевания и речи [11, 15].

В связи с этим многие авторы подвергают сомнению использования средних параметров при планировании и конструировании искусственных зубных рядов и методы их постановки [7, 11]. При этом отдельные исследователи считают необходимым условием для создания оптимальной стабилизации и фиксации полных съёмных протезов располагать искусственные зубы по отношению к альвеолярным отросткам как были расположены естественные зубы с повторением формы окклюзионных площадок всего зубного ряда с учётом морфометрических параметров лица [15, 18–20]. Данные положения играют значительную роль в формировании в межальвеолярном пространстве функционального уровня конструирования искусственных зубных рядов угол, расхождения которых по отношению к межальвеолярным дугам имеет различные вариации [13, 14, 16]. Конструирование зубных рядов по стеклу (М.Е. Васильев) с применением числовых расчётов до сих пор несут в себе элементы значительных эмпи-

с учётом степени расхождения межальвеолярных линий и величин углов их наклона по отношению к протетической плоскости в межрамочном пространстве артикулятора.

Ключевые слова: прогения, математическая модель, беззубые челюсти, артикулятор.

рических погрешностей и не всегда достигается стабилизация полных съёмных протезов [3, 8, 9].

Из этого следует, что дальнейшая разработка рационального конструирования искусственных зубов, является актуальной. Особые трудности представляет ортопедическое лечение больных при прогеническом соотношении беззубых челюстей, обусловленных аномалиями развития (истинная прогения) или последующими атрофическими процессами (старческая прогения) после элиминации всех естественных зубов.

Известны способы конструирования фронтальных зубов в полных съёмных протезах при прогении [7, 19, 22–25], согласно которым расстановку фронтальных зубов осуществляют с созданием минимального контакта между зубами, которые не всегда осуществимы и создают проблемы стабилизации протезных конструкций. Предлагаемые варианты постановки фронтальных зубов при выраженной прогении [20] несут в себе элементы эмпирической трактовки углового наклона зубов без математических расчётов межальвеолярных линий.

Существующие публикации [13, 14] отражают методы математического моделирования конструирования различных уровней для жевательной группы зубных рядов и не применимы для расчётов фронтальных сегментов альвеолярных гребней на фоне различных вариантов соотношений их межальвеолярных линий.

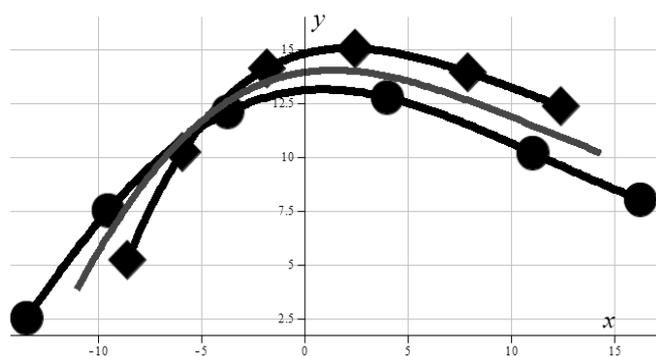
Целью работы являлось, на основе математических расчётов, разработка оптимальной постановки фронтальных зубов у больных с различным уровнем прогенического соотношения челюстей.

Материалы и методы исследования

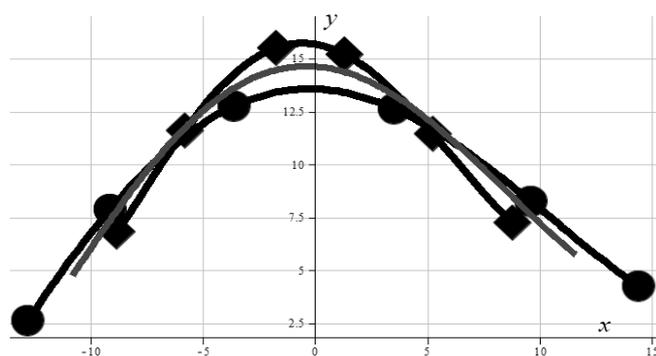
Для решения вопроса рационального конструирования искусственных зубных рядов фронтальных сегментов беззубых челюстей был разработан метод математического моделирования на основе компьютерной программы системы «Waterloo maple 17», которые позволили установить индивидуальные и средние цифровые данные, позволяющие производить оптимальную расстановку зубов по средним общим альвеолярным дугам с учётом угла их наклона.

Таблица 1. Размеры сагиттальной щели области фронтальных сегментов беззубых челюстей (мм)

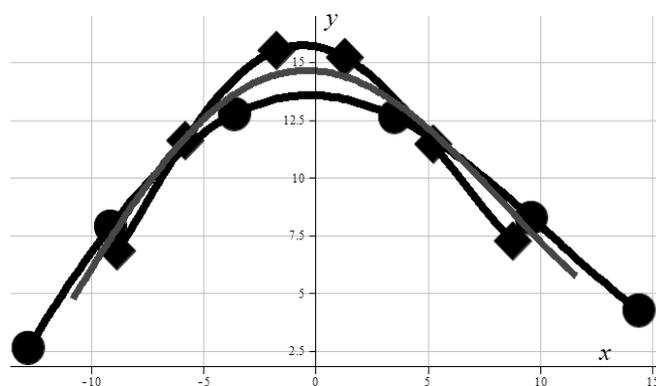
Группы Пациентов	Зубы					
	13	12	11	21	22	23
Группа 4, n=24	3,05	3,00	2,95	2,90	2,75	2,50
Группа 5, n=19	3,86	4,83	2,67	2,17	3,26	2,16
Группа 6, n=12	6,97	8,34	8,34	5,66	5,66	6,00
Группа 7, n=17	2,25	3,75	2,64	4,00	4,45	3,95
Правые	Левые					



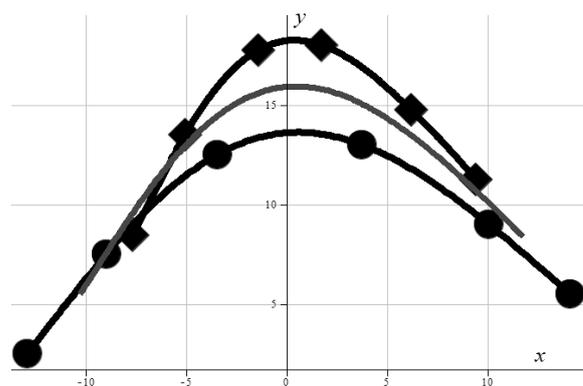
Группа 4



Группа 5



Группа 6



Группа 7

Рис. 1. Средние дуги фронтальных сегментов для верхней и нижней челюстей

На базе гипсовых моделей беззубых челюстей 72 беззубых пациентов, полученных на основе функциональных оттисков в нашей модификации для нижней челюсти [1] производили измерение расстояния сагиттальной щели между дугами фронтальных сегментов вершин альвеолярных гребней верхней и нижней челюстей с помощью сконструированного антропометрического устройства, которое позволило определить уровень расстояния альвеолярных гребней в вертикальной, горизонтальной плоскости и по дуге. Для того чтобы вычислить общую межальвеолярную дугу для

обеих челюстей, измеряли расстояние сегментарной проекции в точках отсутствующих зубов в межрамочном пространстве артикулятора после определения центрального соотношения челюстей. Между правыми и левыми фронтальными зубами определяли форму верхних и нижних дуг, на основе которых были получены различные варианты сагиттальной щели.

Вычисление горизонтальной составляющей координаты зубов обеих челюстей и определения вид дуг осуществляли на основе теоремы Пифагора [12], ис-

Таблица 2. Градусные меры межальвеолярных углов фронтальных сегментов беззубых челюстей

Группы Пациентов	Зубы					
	13	12	11	21	22	23
Группа 4, n=24	100°	91 °	84 °	86 °	91 °	97 °
Группа 5, n=19	92 °	86 °	83 °	84 °	90 °	103 °
Группа 6, n=12	86 °	68 °	65 °	70 °	79 °	90 °
Группа 7, n=17	102 °	88 °	82 °	82 °	86 °	96 °
Правые				Левые		

пользуя данные о средних размерах высоты и ширины коронки естественных зубов по (В.Ю. Устименко 1973) [17] и индивидуальных размеров постоянных зубов [6].

Используя интерполярную формулу Лангранжа [5] по полученным координатам и точек отсутствующих зубов, строят кривые, которые будут соответствовать дугам верхней и нижней челюстей. При построении общей средней межальвеолярной дуги используют те же методы, что и при построении дуг для верхней и нижней челюстей.

Для расчёта величины углов между зубами на основе данных средней высоты коронковой части постоянных зубов, используя формулу И.М. Гельфанда [4], вычисляли соотношения углов для каждой артикулирующей пары зубов в трёхмерной системе координат.

Результаты ИССЛЕДОВАНИЯ

Расстояние между правыми и левыми фронтальными зубами определяли форму верхних и нижних дуг, на основе которых были получены различные варианты сагиттальной щели, формы изгибов и степень наклона краевых гребней обеих челюстей. При этом уровень наклона вершин краевых гребней также имели разные величины градусных мер.

В данной статье приводятся сведения средних математических параметров наиболее сложных асимметрических сочетаний прогенического соотношения вершин альвеолярных гребней фронтальных сегментов беззубых челюстей (Табл. 1) и является продолжением предыдущей публикации [2], где n-отражают количество пациентов.

При этом для каждого зуба верхней и нижней челюстей цифровые значения имеют специфический диапазон расхождения в каждом конкретном случае и поэтому формы зубных дуг характеризуются значительной вариабельностью. Равным образом углы расхождения для каждой артикулирующей пары одноимённых зубов имеют свои особенности и своеобразные configura-

ции межальвеолярных линий, которые схематично изображены на Рис. 1.

Исходя из цифровых данных расхождения области фронтальных сегментов альвеолярных отростков между обеими челюстями получены четыре основные группы больных, имеющих следующие формы прогенического соотношения челюстей:

1. Прогения асимметричная, умеренно выраженная справа;
2. Прогения асимметричная, умеренно выраженная слева и справа;
3. Прогения асимметричная, резко выраженная справа и умеренно слева;
4. Прогения асимметричная, резко выраженная слева и справа.

Такие варианты соотношения челюстей обусловлены тем, что у части исследуемых групп больных, из данных анамнеза, отмечались наличие врождённой прогении или несоответствие расположения как фронтальных, так и жевательных зубов в зубном ряду в сагиттальном и трансверзальном направлении. Отмечалась их скученность или тремы в передних нижних сегментах. в отличие от старческой прогении.

При этом, по уровню пересечений межальвеолярных линий в каждом из рассматриваемых случаев различают четырнадцать пересечений области боковых резцов, клыков и первых премоляров и, соответственно, ориентация их окклюзионной и фронтальной плоскостей располагается под различными углами к альвеолярным гребням в контакте или без такового во фронтальном участке нижней челюсти с учётом симметрии или асимметрии строения межальвеолярных линий правой и левой сторон (Табл. 2), где n-отражают количество наблюдений

Уровень наклона вершин краевых гребней имели разную степень градусных мер. Среди больных отмечался также различный уровень атрофии формы альвеолярных частей и их сочетаний. Так у части пациентов, имевших умеренно атрофированный гребень альвеолярной дуги в проекции удаленных резцов, напоминал

форму параллелепипеда, но его кривизна на вестибулярной и язычной поверхности часто была несимметричной. Хорошо сохранившийся гребень, с одной стороны, благоприятно отражается на стабилизацию протеза, а с другой затрудняет выбор постановки резцов по отношению к протетической плоскости по минимальному контакту с верхними зубами и достижению эстетики. Уплотненный гребень на всем протяжении альвеолярной части фронтального сегмента наблюдался у другой части больных на фоне углублённой атрофированной формы области жевательных сегментов. У основной части пациентов пожилого и старческого возраста на нижней челюсти имеет место значительная атрофия альвеолярной части. И, как правило, представленные в виде острых, болезненных ощущений при пальпации челюстно-подъязычных гребней. В этом возрасте у 46,3% больных имела место форма, при которой гребень альвеолярной части сохранён в переднем отделе челюсти и атрофирован в боковых, но равномерно.

Измерение расстояния между вершинами альвеолярных гребней области отсутствующих зубов левой и правой сторон показали определённую разницу в цифровых значениях. Цифровые параметры линий пересечения в области отсутствующих клыков часто совпадали, но не всегда. У части лиц разница линий пересечений в проекции боковых резцов составляла в среднем от 1 до 3 мм, центральных резцов в интервале от 0,5 до 2,5 мм и несовпадение углов, которые для каждой артикулирующей пары зубов антагонистов имели свои особенности. При этом отмечается своеобразные расхождения их конфигурации области боковых резцов, клыков правой и левой сторон. Углы общей

межальвеолярной линии для каждой пары зубов варьируют от 84 до 100 градусов в различных проекциях отсутствующих зубов.

На основании цифровых данных постановку фронтальных зубов при первом и втором вариантах возможно осуществлять по ортогнатическому принципу перекрытия нижних зубов верхними. По третьему варианту - по прогеническому, с учётом углов наклона общей межальвеолярной линии для каждой артикулирующей пары зубов.

Конструирование зубных рядов при последнем варианте осуществляют по смешанному или перекрёстному принципу расстановки зубов и, в отдельных случаях, в прямом соотношении.

Заключение

Разработанная методика конструирования искусственных зубных рядов фронтальных сегментов на основе алгоритма математических расчётов и принципов индивидуального подхода позволяет учитывать уровень асимметрии и углов наклона вершин альвеолярных гребней при различном соотношении сагиттальной щели.

Приведённые принципы математических расчётов при различных вариантах соотношения сагиттальной щели позволяет более рационально на основе компьютерной системы Waterloo Maple 17, производить расстановку искусственных зубов во фронтальном сегменте беззубых челюстей в каждом конкретном случае и повысить эстетические аспекты протезирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксёнов Д.И., Майборода Ю.Н. Модификация способа получения функционального оттиска с беззубой нижней челюсти. Рац. Предл. Уд. № 1328, Ставрополь, 16.12.2019.
2. Аксёнов Д.И., Майборода Ю.Н., Аксёнов И.Н. Математические предпосылки конструирования фронтальной группы зубов при прогеническом соотношении беззубых челюстей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: «Естественные и Технические Науки». 2021. № 4. С. 162–166.
3. Винник С.В. Клинико-математический подход к протезированию больных с полным отсутствием зубов на нижней челюсти // Аспирантский вестник Поволжья. 2014. № 5–6. С. 66–69.
4. Гельфанд И.М., Львовский С.М., Тоом А.Л. Тригонометрия. М: МЦНМО, 2002. 199 с.
5. Демидович Б.П., Марон И.А., Жувалова Э.З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967. 368 с.
6. Дмитриенко С.В., Филлимонова С.В., Дмитриенко Д.С. К вопросу определения индивидуальных размеров постоянных зубов человека // Ортодонтия. 2009. № 46. С. 20–22.
7. Загорский В.А. Окклюзия и артикуляция. М.: Бином, 2012. 214 с.
8. Зинякин Р.С. Нечёткое математическое описание физических моделей беззубых челюстей человека // В мире научных открытий. 2010. № 6–1. С. 75–78.
9. Игнатьева Д.Н. Математическое моделирование, анализ и проектирование при зубопротезировании: автореф. дисс. канд. техн. наук. М., 2010, 23 с.
10. Климашин Ю.И. К вопросу о фиксации полных съёмных протезов на нижней челюсти при протезировании в особо сложных клинических условиях // Стоматология. 2012. № 2. С. 51–53.

11. Кузнецов А.В., Власова Е.В., Силаев Ю.М. Выбор тактики ортопедической реабилитации больных с полным отсутствием // Российский стоматологический журнал. 2010. № 5. С. 48–49.
12. Литцман В. Теорема Пифагора. М.: Гос. издательство физико-математической литературы, 1960. 116 с.
13. Лола Д.В., Брагин Е.А., Майборода Ю.Н. Математические предпосылки конструирования искусственных зубных рядов в полных съёмных протезах // Кубанский научный медицинский вестник. 2016. № 2 (157). С. 106–111.
14. Лола Д.В., Брагин Е.А., Майборода Ю.Н. Повышение функциональной эффективности полных съёмных протезов на основе принципов математического моделирования // Кубанский научный медицинский вестник. 2016. № 3 (158). С. 74–79.
15. Невзоров А.Ю., Щербакова И.В. Полная адентия: выбор варианта лечения на основе компьютерного моделирования (insilico) // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2012. Т. 2. № 11. С. 881–882.
16. Париллов В.В. Математическое обоснование конструирования зубных рядов в полных съёмных протезах по межальвеолярным линиям // Стоматология. 1988. № 4. С. 60–62.
17. Персин Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечения зубо-челюстных аномалий. М: Медицина, 2004. С. 70.
18. Ряховский А.Н., Полякова М.В. Компьютерное проектирование зубных рядов в полных съёмных протезах // Стоматология. 2011. № 2. С. 65–70.
19. Ряховский А.Н., Полякова М.В. Анализ точности совмещения виртуальных моделей лица и беззубых челюстей пациента различными способами // Институт стоматологии. 2012. № 3. С. 64–66.
20. Тлустенко В.С. Ортопедическое лечение больных при выраженном прогеническом соотношении беззубых челюстей полными съёмными протезами // Аспирантский вестник Поволжья. 2008. № 3–4. С. 168–172.
21. Фищев С.Б., Дмитриенко Д.С., Климов А.Г. Обоснование выбора методов определения размеров зубных дуг морфометрическими параметрами лица // Стоматология детского возраста и профилактика. 2007. № 4. С. 11–12.
22. Caesar H. Qedanken zur totalen Pzothese // Das Dental Labor. 2002. Bd. 50. No. 4. Pp. 533–540.
23. Couz R. Individual Totalpzotheic // Das Dental Labor. 2001. Bd. 49. No. 1. Pp. 83–85.
24. Okuma K., Hizano S., Hayakowa J. Occlusal pressure pattern analysis of complete dentures for evaluation function of occlusal adjustment // Journal of Medical and Dental Sciences. 2004. Vol. 51. No. 4. Pp. 197–203.
25. Wisser W. Rationelles Fetigungsverfahren for die // Dental Labor. 2003. Bd. 51. No. 3. Pp. 439–445.

© Аксёнов Даниил Игоревич (p.ghost@rambler.ru), Майборода Юрий Николаевич,
Брагин Евгений Александрович, Аксёнов Игорь Николаевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ставропольский Государственный медицинский университет

ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ЗАПУЩЕННЫХ ФОРМАХ АХАЛАЗИИ КАРДИИ

VIDEO ENDOSCOPIC SURGERY FOR ADVANCED FORMS OF CARDIA ACHALASIA

A. Allakhverdyan
A. Anipchenko
N. Anipchenko

Summary. The analysis of long-term results of treatment of 320 patients with achalasia of the cardia (AK) (in 55.5% (176/320) — advanced forms) was carried out. Esophagocardiomyotomy was performed in 223 (69.7%) patients. In 98.2% (219/223) of cases — laparoscopically. Resections with simultaneous esophagoplasty were performed in 55 (17.1%) patients. In 43.7% (24/55) cases — by videoendoscopic (laparotoracoscopic and laparotoracoscopic) accesses. Videoendoscopic operations allow to expand the indications for the treatment of achalasia of the cardia even with a complicated course and severe concomitant pathology, i.e. achieve complete control of the disease.

Keywords: achalasia, videoendoscopy, esophagocardiomyotomy, esophagoplasty.

Аллахвердян Александр Сергеевич

Д.м.н., профессор, ГБУЗ МО «Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского»
allakhverdyan@rambler.ru

Анипченко Алексей Николаевич

К.м.н., ГБУЗ МО «Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского»
dottor.aleks@mail.ru

Анипченко Наталья Николаевна

К.м.н., доцент, ФУВ ГБУЗ МО «Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского»
dottor.na@gmail.com

Аннотация. В статье анализируются отдаленные результаты лечения 320 пациентов с ахалазией кардии (АК), из которых у 55,5% (176/320) были запущенные формы. Эзофагокардиомиотомия была выполнена 223 (69,7%) больным. В 98,2% (219/223) случаев — лапароскопически. Резекционные операции с одномоментной пластикой пищевода были выполнены 55 (17,1%) больным. В 43,7% (24/55) случаев — видеоэндоскопическими (лапаро- и лапаро-торакоскопическими) доступами. Видеоэндоскопические операции позволяют расширить показания к лечению ахалазии кардии даже при осложненном течении и тяжелой сопутствующей патологии, т.е. достичь полного контроля над заболеванием.

Ключевые слова: ахалазия кардии, видеоэндоскопия, эзофагокардиомиотомия, пластика пищевода.

Введение

Ахалазия кардии (АК) характеризуется прогрессирующей дегенерацией ганглионарных клеток ауэрбаховского сплетения дистального отдела пищевода, ингибиторных нейронов кардии с сохраняющимся антагонистическим влиянием интактных постганглионарных холинергических нейронов [3; 4]. Расстройство иннервации пищевода при АК приводит к нарушению регуляции двигательной функции органа, утрате физиологического раскрытия кардиального отверстия при глотании, нарушению перистальтики стенки и атонии мышц пищевода. Поступление пищи в желудок происходит благодаря механическому раскрытию кардиального отверстия под действием давления жидкой пищи, скопившейся в пищеводе. Длительная задержка пищи в пищеводе приводит к его расширению, что, в свою очередь, ус-

губляет клинические проявления этого заболевания [1; 5].

До относительно недавнего времени основным методом лечения была кардиодилатация. При этом большинство авторов отмечает большое число рецидивов дисфагии после кардиодилатации — до 80% [2; 6; 9].

При лечении АК наиболее часто выполняется внеслизистая эзофагокардиомиотомия, описанная Е. Геллером в 1914 году, и ее различные модификации. В мире чаще всего используется комбинация передней эзофагокардиомиотомии с фундопликацией по Дору [1; 8; 10]. При этом большинство авторов указывают на то, что после такой операции у 25–50% пациентов возникают рецидивы АК, пептические эзофагиты [2; 4; 7]. По данным ряда авторов, лучшие результаты (в 65–94% случаев) обеспечивает эзофагокардиомиотомия, дополненная

Таблица 1. Общая характеристика больных ахалазией кардии

Пол	Возраст, лет					Всего
	18–20	21–40	41–60	61–80	старше 80	
Женщины	2	43	101	54	2	202 (64,1%)
Мужчины	2	37	55	24	0	118 (36,9%)
Итого	4 (1,3%)	80 (25,0%)	156 (48,8%)	78 (24,4%)	2 (0,6%)	320 (100%)

Таблица 2. Распределение пациентов с ахалазией кардии по стадиям заболевания

Пол	Стадии заболевания			
	I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия
Мужчины	1	52	56	9
Женщины	3	79	97	23
Итого	4 (1,3%)	131 (40,9%)	153 (47,8%)	32 (10,0%)

более совершенными антирефлюксными конструкциями (по Тупе, Ниссену) [1; 3; 6; 7; 9].

Долгосрочное исследование результатов выполнения полной фундопликации по Ниссену показало, что данная методика обеспечивает антирефлюксный контроль у 90% пациентов в течение более чем десятилетнего послеоперационного периода [5]. Однако, большинство авторов отмечают большую частоту развития послеоперационной дисфагии, связанной с избыточным сдавлением нижней трети пищевода при нарушенной моторике пищевода у данной категории пациентов [1; 2; 5; 11]. В связи с этим продолжается поиск способов повышения антирефлюксного эффекта оперативных вмешательств.

Органосохраняющие операции редко обеспечивают положительный эффект у пациентов с запущенными стадиями заболевания в условиях рубцово-склеротических изменений кардии и выраженной дилатации пищевода с его S-образным искривлением и полной утратой двигательной активности, особенно у пациентов, уже перенесших неудачные гастрокардиопластические операции [2; 3]. Многие авторы считают, что в таких случаях целесообразно проводить резекционные операции [1; 2; 10]. Внедрение видеоэндоскопической хирургии дало возможность выполнять миниинвазивные операции по удалению пищевода с его пластикой [3; 5; 9]. При этом применяют как лапароскопический, так и торакоскопический доступы. Проведенное сравнительное исследование эффективности торакоскопической и лапароскопической методик выявило возникновение рецидива дисфагии в 37,5% и 5,8% случаях, соответственно. Регургитация возникла у 55,0% и 5,8% соответственно [7].

При этом не решена проблема, связанная с большим удельным весом пациентов с тяжелой коморбидной

патологией, препятствующей выполнению резекционных, в том числе и видеоэндоскопических операций.

Цель исследования

Оценка эффективности видеоэндоскопических операций при запущенных формах ахалазии кардии.

Материалы и методы

В 2003–2018 гг. в ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского было проведено лечение 320 пациентов с АК. Женщин (63,1%) было почти в два раза больше, чем мужчин (таблица 1). Основное количество пациентов были в средней возрастной группе 41–60 лет.

В 55,5% (176/320) случаев это были пациенты с запущенными формами АК (таблица 2).

У 124 (38,8%) больных лечение было начато с курсовой кардиодилатации. Операция эзофагокардиомиотомия была выполнена 223 (69,7%) больным. В 44,4% (99/223) в качестве первого метода лечения. Лапароскопически эта операция была выполнена в 98,2% (219/223) случаев.

Резекционные операции с одномоментной пластикой пищевода были выполнены 55 (17,1%) больным. В 2-х случаях резекционно-пластическая операция была выполнена при подозрении на злокачественную трансформацию; в 27 случаях-при рецидиве АК после кардиодилатации (15) или эзофагокардиомиотомии (12); в 26 случаях — в связи с бесперспективностью органосохраняющего лечения.

Таблица 3. Отдаленные результаты эзофагокардиомиотомии (чрезбрюшинные доступы)

Стадия заболевания	Число пациентов, абс. (%)	Результаты операции, абс. (%)	
		Эффективно	Неудовлетворительно
АК 1–2 стадии	74 (39,6%)	73 (98,6%)	1 (1,4%)
АК 3–4 стадии	113 (60,4%)	103 (91,2%)	10 (8,8%)
Всего	187 (100%)	176 (94,1%)	11 (5,9%)

Результаты и обсуждение

Из 124 больных, которым изначально проводилась курсовая кардиодилатация, рецидивы заболевания были выявлены у 98 больных (79,0%). Большинству больных, а это 83,7% (82/98) из их числа, на втором этапе была выполнена операция эзофагокардиомиотомии. В 1,0% (1/98) случаев лечение было продолжено путем кардиодилатации. В 15/98 (15,3%) случаях была выполнена пластика пищевода.

По мере накопления клинического материала локализация миотомного разреза менялась от передней стенки пищевода до задней. В последнее время мы предпочитаем выполнять заднюю эзофагокардиомиотомию по оригинальной методике (Патент Российской Федерации на изобретение № 2560907, выдан 24 июля 2015 г.). Эзофагокардиомиотомия выполняется на 8 см выше и на 2 см ниже пищеводно-желудочного перехода. При этом сначала выполняем мобилизацию нижнегрудного отдела пищевода с его низведением в брюшную полость. Формируется неполная протяженная фундопликационная манжета, которая фиксируется вместе с пищеводом к ножкам диафрагмы.

Следует отметить, что основной проблемой после эзофагокардиомиотомии также является рецидив дисфагии — до 25–30%.

Рецидив дисфагии в отдаленном периоде после операции эзофагокардиомиотомии нами был выявлен относительно редко — 11 из 187 (5,9%) наблюдавшихся более 1 года. Причем, у всех этих больных была выполнена фундопликация по Дору. При этом у пациентов с запущенными формами АК результаты были хуже, но также вполне удовлетворительными — 8,8% рецидивов дисфагии. Явления дисфагии I степени наблюдались у 3-х больных и не требовали специальных мероприятий. Пятерым больным было проведено эффективное бужирование/кардиодилатация. В шести случаях — экстирпация или резекция пищевода (таблица 3).

Всего по поводу рецидива дисфагии после операции эзофагокардиомиотомии были повторно оперированы 19 пациентов. Двенадцати больным (в том числе 6-м после миотомии в других клиниках), ранее оперированным по различным методикам, была выполнена экстирпация пищевода. В 7-ми случаях была выполнена релапароскопия, повторная эзофагокардиомиотомия с фундопликацией.

Наш опыт позволяет утверждать, что при адекватном восстановлении проходимости в зоне кардии после операции эзофагокардиомиотомии в сочетании с «надежной» фундопликацией чаще всего происходит восстановление тонуса пищевода и значительное сужение его просвета даже при наличии значительного расширения просвета пищевода.

Наибольшие трудности представляет сочетание АК с тяжелым пептическим, эрозивно-язвенным, рефлюкс-эзофагитом и выраженной атонией пищевода. В этих случаях показана экстирпация или субтотальная резекция пищевода с одномоментной эзофагопластикой. Прочие типы оперативных вмешательств в подобной ситуации, как правило, малоэффективны.

Прогностическое значение мегаэзофагуса определяется, в первую очередь, не прогрессированием дисфагии, а риском развития тяжелой аспирационной пневмонии. В этих случаях целесообразна экстирпация пищевода или его субтотальная резекция с пластикой. После подобных операций, когда устраняется «депо пищевых масс», служащее причиной аспирации, риск развития легочных осложнений при запущенных формах АК минимален (таблица 4).

Доступы и методы пластики пищевода представлены в таблице 5. По К. Накаюта и по Льюису было выполнено 49,1% (21/55) резекционно-пластических операций. Причем, более половины из них (12/21) — лапаро-торакоскопическими доступами. Экстирпация пищевода абдомино-трансхиатально-цервикальным доступом была выполнена 29 больным. В 31,0% (9/29) случаев — лапароскопически. Также лапароскопическим трансхиатальным доступом были выполнены 3 резекции абдоминального и нижнегрудного отделов

Таблица 4. Тяжелые легочные осложнения в отдаленные сроки наблюдения после различных видов лечения ахалазии кардии

Осложнения	Вид лечения, абс.,%		
	Пластика пищевода (17 б-х)	Эзофагокардиомиотомия (187 б-х)	Кардиодилатация (124 б-х)
Хронический бронхит	1	4 (2,1%)	8 (6,5%)
Хроническая пневмония	-	-	14 (11,9%)
Бронхиальная астма	-	1 (0,5%)	2 (1,6%)
Всего больных	1 (5,9%)	5 (2,7%)	19 (15,3%)

Таблица 5. Способы эзофагопластики при ахалазии кардии (n=55)

Доступы «открытые» (n=31) VS эндохирургия (n=24)	Пластический материал		Всего 55
	Желудок	Толстая кишка	
по К. Nakayama	«открытый»	1	1
	лапаро-торакокопический	2	2
по Льюису	«открытый»	8	8
	лапаро-торакокопический	10	10
Абдомино-транспиатально-цервикальный	«открытый»	17	20
	лапароскопический	9	9
Абдомино-трансмедиастинальный	лапароскопический	3	3
по Гэрлоку «открытый»		2	2

Таблица 6. Осложнения после пластики пищевода

Характер осложнения	Число пациентов (n=55)
Пневмония	6 (10,9%)
Сердечно-сосудистая недостаточность	1 (1,8%)
Нагноение послеоперационной раны	1 (1%)
Всего больных с осложнениями	7 (12,7%)

Таблица 7. Отдаленные результаты лечения ахалазии кардии

Вид лечения	Число пациентов	Результат лечения	
		Эффективно	Неудовлетворительно
Кардиодилатация	124	26 (21,0%)	98 (79,0%)
Эзофагокардиомиотомия	187	176 (94,1%)	11 (5,9%)
Пластика пищевода	55	15 (88,2%)	2 (3,6%)

пищевода с удалением S-образно изогнутой и расширенной части пищевода с пластикой желудка.

Таким образом, резекционно-пластические операции были выполнены видеоэндоскопически в 43,7% (24/55) случаев.

Летальность после резекционно-пластических операций была отмечена у одного пациента, который был оперирован традиционным «открытым» доступом по Льюису по поводу рака, возникшего на фоне АК. Смерть наступила от острого инфаркта миокарда на 5-е сутки после операции.

Осложнения после резекционно-пластических операций были связаны, в основном, с хронической легочной патологией, приобретенной на фоне АК (таблица 6).

В целом, отдаленные результаты лечения АК выглядят более предпочтительными после эзофагокардиомиотомии, так как позволяют оперировать пациентов с тяжелой сопутствующей патологией.

После пластики пищевода лишь в одном случае был отмечен рецидив дисфагии — спустя 3 года проводилось курсовое бужирование пищеводного анастомоза с полным эффектом. К тому же в отдаленные сроки после пластики пищевода мы гораздо реже наблюдали тяжелые легочные осложнения (таблица 7).

При запущенных формах АК кардиодилатация в 79,0% случаев приводит к рецидиву дисфагии с высоким риском развития пульмональных осложнений.

Заключение

Эзофагокардиомиотомия при выполнении мобилизации нижнегрудного отдела пищевода с его низведением в брюшную полость, протяженной миотомией, фиксацией пищевода вместе со сформированной неполной протяженной фундопликационной манжетой к ножкам диафрагмы связана с достаточно низким числом рецидива дисфагии.

Резекции/экстирпации пищевода, выполненные видеоэндоскопически связаны с низким числом рецидивов дисфагии и пульмональных осложнений в отдаленном периоде.

Видеоэндоскопические операции позволяют расширить показания к лечению ахалазии кардии даже при осложненном течении и тяжелой сопутствующей патологии, т.е. достичь полного контроля над заболеванием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллаhverдян А.С., Мазурин В.С., Фролов Ф.В., Анипченко Н.Н. Лапароскопические операции при осложнениях ахалазии кардии // Учебное пособие. — М.: МОНИКИ, 2017. — С. 18.
2. Видеоэндоскопическая хирургия пищевода // Под ред. В.И. Оскреткова. — Барнаул: Аз Бука, 2004. — 159 с.
3. Черноусов А.Ф., Андриянов В.А., Гаджиев А.Н., Ручкин Д.В. Хирургическое лечение нервно-мышечных заболеваний пищевода // Анналы хирургии. — 2001 — № 1 — с. 35–36.
4. Перескоков С.В. Экстирпация и пластика пищевода с использованием видеоэндохирургической техники // автореферат дис. ... доктора медицинских наук — Ростов-на-Дону, 2010. — 42 с.
5. Ursut B., Alecu L., Tulin A., Enciu O. Laparoscopic treatment in achalasia of the cardia. *Chirurgia (Bucur)*. 2014 Sep-Oct;109(5):604–7. PMID: 25375044.
6. Ramchandani M., Nageshwar Reddy D., Nabi Z., Chavan R., Bapaye A., Bhatia S., Mehta N., Dhawan P., Chaudhary A., Ghoshal U.C., Philip M., Neuhaus H., Deviere J., Inoue H. Management of achalasia cardia: Expert consensus statements. *J Gastroenterol Hepatol*. 2018 Aug;33(8):1436–1444. doi: 10.1111/jgh.14097. PMID: 29377271.
7. Bale M., Modi A., Parshad R., Suhani S., Makharia G., Sharma R. Long-term Outcomes of Laparoscopic Heller's Cardiomyotomy in Achalasia Cardia With Megaesophagus. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2020 Sep 2;31(2):175–180. doi: 10.1097/SLE.0000000000000854. PMID: 32890251.
8. Aquino J.L., Said M.M., Pereira D.A., Leandro-Merhi V.A., Nascimento P.C., Reis V.V. Early and late assessment of esophagocardioplasty in the surgical treatment of advanced recurrent megaesophagus. *Arq Gastroenterol*. 2016 Oct-Dec;53(4):235–239. doi: 10.1590/S0004-28032016000400005. PMID: 27706452.
9. Crema E., Ribeiro L.B., Terra J.A. Jr., Silva A.A. Laparoscopic transhiatal subtotal esophagectomy for the treatment of advanced megaesophagus. // *Ann Thorac Surg*. — 2005 -Oct;80(4)- p.1196–1201.
10. Palanivelu C., Rangarajan M., Jategaonkar P.A., Maheshkumaar G.S., Vijay Anand N. Laparoscopic transhiatalesophagectomy for 'sigmoid' megaesophagus following failed cardiomyotomy: experience of 11 patients. // *Dig Dis Sci*. — 2008 — Jun;53(6) — p. 1513–1518.
11. Persson J., Johnsson E., Kostic S., Lundell L., Smedh U. Treatment of Achalasia with Laparoscopic Myotomy or Pneumatic Dilatation: Long-Term Results of a Prospective, Randomized Study. // *World J Surg*. — 2014 — Nov 20. — p. 1312–1319.

© Аллаhverдян Александр Сергеевич (allakhverdyan@rambler.ru),

Анипченко Алексей Николаевич (dottor.aleks@mail.ru), Анипченко Наталья Николаевна (dottor.na@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ МИКРОРНК НА АДИПОГЕНЕЗ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА

INFLUENCE OF MICRORNA ON ADIPOGENESIS IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS

**O. Vengrzhinovskaya
I. Bondarenko**

Summary. The development of diabetes mellitus 2 is associated with obesity. The higher the amount of fat tissue, the higher the insulin resistance. MicroRNAs have a pathophysiological relationship with impaired adipogenesis, inflammation, insulin resistance, and cardiometabolic diseases. Different types of microRNAs are specific for adipose tissue, they influence adipogenesis and the transmission of intracellular signaling pathways. MicroRNAs can act as new biomarkers of diseases, and their expression increases even at preclinical stages. The level of microRNA is stable in the blood and is not affected by environmental factors, and also changes during the treatment of diseases, allowing to evaluate the effectiveness of treatment. The use of microRNA mimetics and inhibitors is a good option for the development of tissue-specific drugs (targeted therapy). This review analyzes the role of miRNAs as regulators of adipogenesis in insulin resistance.

Keywords: genetics, microRNA, type 2 diabetes mellitus, adipogenesis, cardiovascular diseases.

Венгржиновская Оксана Игоревна

Врач-ординатор эндокринолог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва
vengrzhinovskaya@gmail.com

Бондаренко Ирина Зиятовна

Д.м.н., врач-кардиолог, г.н.с., ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Аннотация. Развитие сахарного диабета 2 тип напрямую связано с ожирением. Чем больше количество жировой клетчатки — тем выше инсулинрезистентность. МикроРНК имеют патофизиологическую связь с нарушением адипогенеза, воспалением инсулинорезистентностью и кардиометаболическими заболеваниями. Различные типы микроРНК специфичны именно для жировой ткани, они оказывают влияние адипогенез и передачу внутриклеточных сигнальных путей. МикроРНК могут выступать в качестве новых биомаркеров заболеваний, причем их экспрессия повышается еще на доклинических стадиях. Уровень микроРНК стабилен в крови и не подвергается воздействию окружающих факторов, а также меняется при терапии заболеваний, позволяя оценить эффективность лечения. Учитывая, что микроРНК могут воздействовать на множество генов, применение, миметиков и ингибиторов микроРНК являются хорошим вариантом для разработки тканеспецифических лекарственных средств (таргетная терапия). В данном обзоре проведен анализ роли микроРНК в качестве регуляторов адипогенеза при инсулинорезистентности.

Ключевые слова: генетика, микроРНК, сахарный диабет 2 типа, адипогенез, сердечно-сосудистые заболевания.

Введение

Ожирение является серьезной медико-социальной проблемой настоящего времени, треть населения мира страдает от избыточной массы тела — которая приводит к развитию метаболических заболеваний: дислипидемии, сахарному диабету (СД) 2 типа, артериальной гипертензии. По данным Международной федерации диабета (The International Diabetes Federation, IDF) на 2019 год около 488 миллионов страдают СД, из них 352 миллиона пациентов в трудоспособном возрасте (от 20 до 64 лет). Осложнения СД, вызывают раннюю инвалидизацию и увеличивают риск преждевременной смертности населения [1]. Следовательно, необходимо изучить патогенез развития СД и ожирения, для воздействия на заболевания еще на начальных этапах.

Одними из главных регуляторов адипогенеза, и как следствие ожирения и развитие СД 2 типа — являются микроРНК. МикроРНК — представляют собой небольшие некодирующие РНК, которые регулирующие экспрессию генов на посттранскрипционном уровне. Основные функции микроРНК в жировой ткани — стимулировать или ингибировать дифференцировку адипоцитов и регулировать определенные метаболические и эндокринные функции. В жировой ткани человека присутствуют многочисленные микроРНК, однако экспрессия лишь некоторых из них изменяется у людей с ожирением и сахарным диабетом 2 типа или по-разному экспрессируется в различных жировых депо. У пациентов ожирение связано с хроническим воспалением низкой степени, которое регулируется сетями передачи сигналов, в которых микроРНК напрямую или косвенно (через регуляторные элементы, такие как

факторы транскрипции) влияют на экспрессию и секрецию воспалительных белков. Помимо разнообразного воздействия на передачу сигналов, микроРНК и факторы транскрипции могут взаимодействовать, усиливая воспалительный эффект. Хотя дополнительные сигнальные сети микроРНК в жировой ткани человека еще не известны, аналогичные регуляторные цепи уже были описаны в коричневой жировой ткани у мышей. МикроРНК могут также секретироваться из жировых клеток в кровотоки и служить маркерами нарушения функции жировой ткани. Учитывая их роль в регуляции транскрипционных сетей, микроРНК могут быть использованы в качестве новых биомаркеров и терапевтических мишеней.

Литературный обзор

Жировая ткань относится к эндокринным органам, ее функция не только в накоплении энергетических субстратов, она также отвечает за инсулинрезистентность, синтез лептина, адипонетина, интерлейкина-6 и других гормонально-активных соединений [2]. Клеточный состав жировой ткани: зрелых адипоциты, преадипоциты, мезенхимальные стволовые клетки, фибробласты и др. клетки. Увеличение жировой ткани идет за счет образования новых жировых клеток, это процесс известный как гиперплазия, либо за счет увеличения объема ранее существовавших жировых клеток, это процесс известный как гипертрофия. Гипертрофическая жировая ткань имеет более сильную связь с метаболическими осложнениями ожирения, чем гиперпластическая жировая ткань. Помимо этого, избыточное количество висцеральной жировой ткани связано с повышенной инсулинрезистентностью и дислипидемией, в сравнении с накоплением подкожной жировой ткани [3]. Липолитическая активность жировых клеток повышается у пациентов при ожирении, что приводит к ускоренному высвобождению жирных кислот в кровотоки, и приводит к подавлению действия инсулина и инсулинрезистентности, что в дальнейшем и может привести к развитию СД 2 типа [4].

Развитие адипоцитов идет из мезенхимальных стволовых клеток, которые в свою очередь могут дифференцироваться в остеобласты и хондроциты. [5]. Адипоциты проходят фазы — дифференцировки и созревания. Гормонально-активными являются именно зрелые адипоциты, они способны к синтезу — адипонектина, резистина, лептина. Лептин — адипонектин, который подавляет аппетит (действуя через лимбическую систему) и снижает потребление пищи, а также повышает чувствительность тканей к инсулину. Адипонектин — адипокин, оказывающий положительное влияние на метаболизм и сердечно-сосудистую систему (оказывает антиатерогенное действие), продукция его

снижена при ожирении. Основная функция адипонектина — повышение чувствительности тканей к инсулину и снижение продукции глюкозы. [6] Воспалительные адипокины это один из факторов, который также способствует метаболическим осложнениям, связанным с ожирением. В частности, Фактор некроза опухоли-α — цитокин, увеличивает инсулинорезистентность и стимулирует липогенез и гипертрофию адипоцитов [7]. Именно в зрелых адипоцитах содержатся ключевые транскрипционные факторы, отвечающие за дифференцировку адипоцитов. Данными транскрипционными факторами являются: семейства транскрипционных факторов: ССААТ/энхансер-связывающие белки (С/ЕВР), рецептор активации пероксисом, сигнальные трансдукторы и активаторы транскрипции. Далее будет подробно разобрано влияние микроРНК на эти пути [8].

Одними из регуляторов процесса адипогенеза являются микроРНК. МикроРНК (miR) — малые одноцепочечные некодирующие РНК, контролирующие экспрессию генов посредством посттранскрипционных модификаций. Давно выявлено, что изменение экспрессии микроРНК в жировой ткани, приводит к нарушению в ней метаболических процессов — увеличивается инсулинорезистентность, ускоряется адипогенез и увеличивается количество провоспалительных цитокинов.

Семейство микроРНК let-7 — регулирует метаболизм глюкозы и снижает действие [9]. Образуются let-7 в поджелудочной железе и в жировой ткани. Было выявлено, что повышенная экспрессия let-7 вызывает подавление адипогенеза [10], а также микроРНК этого семейства регулируют инсулинорезистентность и метаболизм глюкозы. [11]. В настоящий момент проводятся клинические исследования возможностей применения антагонистов этого семейства для снижения инсулинорезистентности тканей.

Помимо вышеперечисленных функций микроРНК также влияют на скорость дифференцировки адипоцитов, они могут замедлять ее либо ускорять [12]. К микроРНК, ускоряющим адипогенез является miR-143, он действует через сигнальный путь ERK5 в преадипоцитах. При его ингибировании в клетках снижается количество белков-переносчиков глюкозы, белка, связывающего жирные кислоты, гормон-зависимой липазы, и снижается накопление триглицеридов [13]. В клинической практике возможно использование ингибиторов miR-143 для снижения дифференцировки адипоцитов и уменьшения накопления липидов.

К семействам микроРНК, стимулирующим адипогенез, относятся также miR-103 и miR-107, действующие на пантотенат киназы. В исследованиях на грызунах показано, что избыточная экспрессия miR-103 ускоряет

ет адипогенез, увеличивает концентрации адипогенных факторов и повышает накопление триглицеридов [14]. Еще одним важным семейством микроРНК является miR-29, которое регулирует транскрипционный ядерный фактор гепатоцитов. Данный фактор вызывает экспрессию белков переносчиков глюкозы, липазы и активирует пути расщепления липидов. Результаты исследований показали, что экспрессия miR-29 повышена в преадипоцитах и ингибирует действие инсулина на зрелые адипоциты [15].

В свою очередь, гены семейства miR-29 могут быть использованы как маркер для выявления СД 2 типа, так как выявлено достоверное снижение в плазме крови miR-29b у пациентов с СД 2 типа [16] и достоверное увеличение циркулирующих miR-29a у пациентов СД 2 типа [17]. Для оценки атерогенного риска, ассоциированного с ожирением, важна толщина интимы сосудов, было выявлено что величина экспрессии miR-29b положительно коррелирует с толщиной эндотелия сосудов [18]. Следовательно, данное семейство может служить маркером кардиометаболических заболеваний.

Учитывая, что микроРНК могут воздействовать на множество генов, миметики и ингибиторы микроРНК являются хорошим вариантом для разработки тканеспецифических лекарственных средств (таргетных). Было проведено исследование на грызунах, где ингибирование микроРНК — miR-122 положительно воздействовало на метаболизм липидов, наоборот же миметики этого микроРНК вызывали увеличение уровня холестерина и атерогенных липопротеинов низкой плотности. [19] В настоящее время клинические исследования проходят и другие микроРНК. Особый интерес представляют — miR-103/107 и miR-155, поскольку

эти микроРНК нацелены на метаболический и воспалительный пути соответственно. [20] Таким образом, в ближайшем будущем будет возможно использование микроРНК в качестве терапевтических мишеней.

Заключение

Исходя из выше сказанного, некоторые из микроРНК специфичны именно для жировой ткани. Но в настоящее время, роль микроРНК жировой ткани в регуляции внеклеточных факторов, которые изменяются при ожирении, таких как уровни гормонов и циркулирующих метаболитов, остается в значительной степени неизвестной. В обзоре показано, что микроРНК имеют патофизиологическую связь с нарушением адипогенеза, воспалением, инсулинорезистентностью и кардиометаболическими заболеваниями, а также микроРНК могут быть использованы в качестве новых маркеров данных заболеваний. Преимущество микроРНК в качестве маркеров: их уровень в крови более стабилен, не зависит от приема пищи. Также микроРНК позволяют определить заболевание еще на доклинической стадии, что важно в процессах скрининга, а их количество достоверно меняется при терапии, что позволяет использовать микроРНК при оценке эффективности проводимой терапии.

В настоящее время процесс искусственного синтеза микроРНК имеет низкую стоимость, что позволяет использовать их в лечебном процессе у широкой популяции пациентов. Остается задача определить биологическое значение многих из этих микроРНК и как они регулируются и / или функционируют в жировой ткани человека, для использования их в борьбе с метаболическими осложнениями ожирения и СД 2 типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. IDF DIABETES ATLAS, Ninth edition 2019, Доступно по: <https://diabetesatlas.org/en/>. Ссылка активна на 10.05.2021.
2. Barbatelli G., Murano I., Madsen L., Hao Q., Jimenez M., Kristansen K., Giacobino JP, De Matties R., Cinti S. The emergence of cold-induced brown adipocytes in mouse white fat depots is determined preabdominally by white to brown adipocyte transdifferentiation. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2010, 298: 1244–1253.
3. Arner E., Arner P. Health and obesity: not just skin deep. *Science* 342, 558–559 (2013).
4. Arner P., Langin D. Lipolysis in lipid turnover, cancer cachexia, and obesity-induced insulin resistance. *Trends Endocrinol. Metab.* 25, 255–262 (2014).
5. Qian S., Li X., Zhang Y., et al Characterization of adipocyte differentiation from human mesenchymal stem cells in bone marrow. *BMC Dev Biol*, 2010, 10: 47.
6. Turer A.T. & Scherer P.E. Adiponectin: mechanistic insights and clinical implications. *Diabetologia* 55, 2319–2326 (2012).
7. Hotamisligil G.S. Inflammation and metabolic disorders. *Nature* 444, 860–867 (2006).
8. Lefterova M.I., Lazar M.A. New developments in adipogenesis. *Trends Endocrinol Metab.* 2009, 20, 107–114.
9. Sun T., Fu M., Bookout A.L., Kliewer S.A., Mangelsdorf DJ. MicroRNA let-7 regulates 3T3-L1 adipogenesis. *Mol Endocrinol* 2009, 23: 925–931.
10. Conservation of the sequence and temporal expression of let-7 heterochronic regulatory RNA. *Nature* 2000, 408: 86–89.
11. Zhu H., Shyh-Chang N., Segre AV., Shinoda G., Shah SP, Einhorn WS et al. The Lin28/let-7 axis regulates glucose metabolism. *Cell* 2011, 147: 81–94
12. Xie H., Lim B., Lodish HF. MicroRNAs induced during adipogenesis that accelerate fat cell development are downregulated in obesity. *Diabetes* 2009, 58: 1050–7
13. Kajimoto K., Naraba H., Iwai N. MicroRNA and 3T3-L1 preadipocyte differentiation. *RNA* 2006, 12: 1626–32.
14. Takanabe R., Ono K., Abe Y., et al. Up-regulated expression of microRNA-143 in association with obesity in adipose tissue of mice fed high-fat diet. *Biochem Biophys Res Commun* 2008, 376: 728–32.

15. He A., Zhu L., Gupta N., Chang Y., Fang F. Over- expression of micro ribonucleic acid 29, highly up-regu- lated in diabetic rats, leads to insulin resistance in 3T3-L1 adipocytes. *Mol Endocrinol* 2007, 21: 2785–2794.
16. Jianjin Guo¹, Wei Ren., Ying Ding³, Aimei Li³, Lu Jia³, Dongming Su³, Xiang Liu⁴, Kuanfeng Xu¹, Tao Yang. Fat mass and obesity associated gene (FTO) expression is regulated negatively by the transcription factor Foxa2. *PLoS One* 2012, 7: E51082.
17. Zampetaki A., Kiechl S., Drozdov I., Willeit P., Mayr U., Prokopi M et al. Plasma microRNA profiling reveals loss of endothelial miR-126 and other microRNAs in type 2 diabetes. *Circ Res* 2010, 107: 810–817.
18. Kong L., Zhu J., Han W., Jiang X., Xu M., Zhao Y. et al. Significance of serum microRNAs in pre-diabetes and newly diagnosed type 2 diabetes: a clinical study. *Acta Diabetol* 2011, 48: 61–69.
19. Esau C. et al. miR-122 regulation of lipid metabolism revealed by in vivo antisense targeting. *Cell Metab.* 3, 87–98 (2006).
20. Van Rooij E., Purcell A.L. & Levin A.A. Developing microRNA therapeutics. *Circ. Res.* 110, 496–507 (2012).

© Венгржиновская Оксана Игоревна (vengrzhinovskay@gmail.com), Бондаренко Ирина Зиятовна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТЕЧЕНИЕ COVID-19-ПНЕВМОНИИ НА ФОНЕ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ. РАЗБОР КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

THE COURSE OF COVID-19-PNEUMONIA ON THE BACKGROUND OF PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION. ANALYSIS OF A CLINICAL CASE

**E. Vishneva
E. Yegorova
K. Vishneva**

Summary. The coronavirus disease COVID-19 is a highly contagious infection currently widespread in the world, the etiological factor of which is the SARS-CoV-2 virus. According to some already available data, SARS-CoV-2 is actively involved in the development of endothelial dysfunction. Given the nature of the pathogenesis of endothelial dysfunction in COVID-19, pulmonary arterial hypertension (PAH) may become one of the most anticipated complications. There is already a description of a number of clinical cases of PAH development after suffering a severe form of COVID-19 associated pneumonia. We are considering a clinical case of COVID-19 pneumonia in a patient who already has PAH.

Keywords: COVID-19, endothelial dysfunction, pulmonary artery hypertension.

Вишнева Елена Михайловна

*Д.м.н., доцент, врач-кардиолог высшей категории, ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Медицинский Университет»; главный врач, сеть клиник ООО «Семейная клиника», г. Екатеринбург
e.m.vishneva@mail.ru*

Егорова Екатерина Александровна

*Врач УЗИ ГАУЗ СО ГКБ № 14
kaat333@mail.ru*

Вишнева Ксения Алексеевна

*ФГБОУ ВО «Уральский Государственный Медицинский Университет», г. Екатеринбург
kv.vishneva@mail.ru*

Аннотация. Коронавирусное заболевание COVID-19 представляет собой высококонтагиозную инфекцию, на текущий момент широко распространенную в мире, этиологическим фактором которой является вирус SARS-CoV-2. Согласно некоторым уже имеющимся данным, SARS-CoV-2 принимает активное участие в развитии эндотелиальной дисфункции. Учитывая характер патогенеза нарушений функции эндотелия при COVID-19, легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) может стать одним из наиболее ожидаемых осложнений. Уже имеется описание ряда клинических случаев развития ЛАГ после перенесенной тяжелой формы COVID-19 ассоциированной пневмонии. Мы рассматриваем клинический случай течения COVID-19-пневмонии у пациента, уже имеющего ЛАГ.

Ключевые слова: COVID-19, эндотелиальная дисфункция, легочная артериальная гипертензия.

Коронавирусное заболевание COVID-19 — это высококонтагиозная инфекция, этиологическим фактором которой является вирус SARS-CoV-2. По данным Всемирной организации здравоохранения, общее число инфицированных составило более 7,1 млн. человек с развитием летального исхода в более чем 400 тыс. случаев (расчетная смертность — 5,7%). Люди, имеющие хронические заболевания, особенно связанные с сердечно-сосудистой системой, более подвержены риску развития тяжелых форм COVID-19 [1, 3].

Несмотря на активное проведение множества исследований данного заболевания, все еще остается неясным, как именно инфекция SARS-CoV-2 влияет на человека.

Согласно некоторым данным, SARS-CoV-2 принимает активное участие в нарушении функции эндотелия [2, 3].

Эндотелий принимает непосредственное участие в ряде патофизиологических процессов благодаря своему динамическому взаимодействию с компонентами крови и другими циркулирующими веществами. В физиологических условиях сложные функции эндотелия имеют решающее значение для поддержания гемостатического баланса. Хорошо изученные ранее функции эндотелия включают восстановление целостности сосудов при повреждении и ингибирование чрезмерного тромбоза и образования сгустков с помощью множества антикоагулянтных путей. Эндотелиальные клетки взаимодействуют с тромбоцитами и лейкоцитами, вызывая их адгезию и взаимодействие на участках повреждения сосудов, вызванных воспалением или инфекцией [30].

Кроме того, эндотелий играет важную роль в регуляции сосудистого тонуса и роста путем синтеза и высвобождения различных вазоактивных веществ, как со-

судорасширяющих (таких как NO и простагландины), а также сокращающие факторы, такие как эндотелин и ангиотензин II [15, 16]. Биосинтез NO эндотелиальными клетками является наиболее важным для поддержания сосудистого гомеостаза. Основным источником циркулирующего NO является эндотелиальная синтаза оксида азота-3 (eNOS3), экспрессируемая в эндотелиальных клетках и тромбоцитах [7, 17].

Данные некоторых исследований, проведенных в недавнем времени, свидетельствуют о том, что признаки и симптомы тяжелой инфекции COVID-19 напоминают клинический фенотип эндотелиальной дисфункции, предполагая взаимные патофизиологические пути [9,10]. Считается, что дисфункция эндотелиальных клеток провоцируется множеством вирусных инфекций. Опыт работы с предыдущими типами коронавирусов вызвал гипотезы о роли эндотелиальной дисфункции в патофизиологии SARS-CoV-2 (в частности, тяжелого острого респираторного дистресс-синдрома), которые в настоящее время проходят доклинические и клинические исследования. То есть, эндотелиальная дисфункция рассматривается в настоящее время как общий знаменатель множества клинических аспектов тяжелой инфекции COVID-19.

Клетки эндотелия с высокой экспрессией АПФ-2 являются клетками-мишенями COVID-19, что приводит к дисфункции эндотелиальных клеток и микрососудов. Подавление клеточного АПФ-2, опосредованное SARS-CoV-2, приводит к дисфункции РААС [11]. В нормальных условиях печень выделяет ангиотензиноген, который гидролизуется до ангиотензина I ренином (ангиотензиногеназой) из юкстагломерулярных клеток почек. АПФ, продуцируемый в почках и легких, далее превращает ангиотензин I в ангиотензин II, который затем оказывает вазопротекторный эффект [12]. Во время инфекции SARS-CoV-2 интернализация вируса приводит к подавлению клеточного АПФ-2. Следовательно, ангиотензин II накапливается и оказывает пагубные сосудистые эффекты [13].

Диффузное альвеолярное и интерстициальное повреждение, воспаление и обширная активация легочных макрофагов способствует легочной внутрисосудистой коагулопатии [14].

Наличие эндотелиальной дисфункции при заболевании COVID-19 подтверждается в том числе клинической практикой. Согласно наблюдениям, у пациентов с COVID-19 обычно развиваются тромбозы различных локализаций, повреждение почек, легочная эмболия, цереброваскулярные и неврологические расстройства, что может указывать на повреждение микроциркуляторного русла.

Таким образом, учитывая характер повреждения эндотелия вирусом типа SARS-CoV-2 при рассмотрении вариантов возможных последствий перенесенной инфекции, легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) может стать одним из наиболее ожидаемых осложнений.

Ряд гистологических исследований показал, что у пациентов, умерших от COVID-19, наблюдалось утолщение стенок легочных сосудов, что является одним из важных морфологических признаков развития легочной артериальной гипертензии [9]. В то же время, подобные гистологические находки, связанные с ремоделированием легочных сосудов, не были обнаружены у пациентов, умерших от SARS-CoV-1 во время вспышки SARS в 2002–2004 годах или из-за инфекции гриппа H1N1, на основании чего некоторые исследователи полагают, что SARS-CoV-2 является еще одним возбудителем, способным вызывать развитие ЛАГ в будущем [8, 28]. Нарушение регуляции легочного иммунного ответа, такое как подавление экспрессии рецептора АПФ-2, а также измененные адаптивные иммунные ответы, являются потенциальными патофизиологическими механизмами развития ЛАГ при COVID-19 [26, 27].

ЛАГ поражает как женщин, так и мужчин любого возраста, при этом повышенное сопротивление легочных сосудов приводит к развитию правожелудочковой недостаточности и смерти. Средняя выживаемость пациентов с ЛАГ составляет 2,8 года с момента постановки диагноза (3-летняя выживаемость: 48%) при отсутствии лечения [5, 31]. Даже при доступных в настоящее время методах лечения только 58–75% пациентов с ЛАГ выживают в течение 3 лет [5].

В патогенезе развития легочной артериальной гипертензии эндотелиальная дисфункция играет одну из основополагающих ролей, приводящей в конечном итоге к ремоделированию сосудов [29, 31]. Современные теории патогенеза легочной гипертензии фокусируются на нарушении баланса между вазоконстриктивными и вазодилатирующими веществами и развитию вазоконстрикции, в результате чего образуется порочный круг, когда повреждение эндотелия неуклонно прогрессирует и приводит к ремоделированию легочных сосудов, нарастанию сосудистой обструкции и облитерации [5, 31].

В основе этих прогрессирующих легочных сосудистых дефектов лежит нарушение трех основных сигнальных путей: оксида азота (NO), простаглицлина (PGI₂) и тромбоксана A₂ (TXA₂), и эндотелина-1 (ET-1) [5, 22]. Все три процесса играют важную роль в процессе ремоделирования сосудов легких.

ET-1 является ключевым медиатором ЛАГ, вызывая патологические изменения в легких, которые приво-

дят к ремоделированию легочных сосудов [6]. Эффекты ET-1 опосредуются двумя подтипами рецепторов ET, ETA и ETB, с которыми ET-1 связывается с высоким сродством [6]. Рецепторы ETA находятся в гладкомышечных клетках, а рецепторы ETB расположены как в эндотелиальных клетках, так и в гладкомышечных клетках. ET-1, высвобождаемый из эндотелия, действует в основном на лежащие в основе гладкомышечные клетки, вызывая сужение и пролиферацию сосудов. Кроме того, ET-1 действует на фибробласты, вызывая сокращение, пролиферацию и фиброз, а также на сам эндотелий, вызывая пролиферацию, расширение сосудов (через NO и PGI₂) и сужение сосудов (через тромбоксан A₂) [5, 6].

В целом, ЛАГ развивается в результате нарушения вазодилатации на фоне снижения продукции PGI₂ (дисрегуляция циклооксигеназы-2) и функции NO-синтазы (eNOS) с одновременным вазоконстриктивным и митогенным эффектами активированной системы передачи сигналов ET-1 [5].

Однако рядом клинических специалистов было высказано предположение, что эндотелиальная дисфункция с ее тромботическими последствиями, наблюдаемая в гипервоспалительной фазе COVID-19, не так тяжело протекает у пациентов с ЛАГ, поскольку у них уже имеется предшествующая эндотелиальная дисфункция [1, 3].

В начале пандемии в различных пульмонологических сообществах высказывались предположения о низком риске развития тяжелой формы COVID-19 для пациентов с легочной артериальной гипертензией (ЛАГ) [3]. Как ни странно, специализированные центры по лечению пациентов с ЛАГ в районах, сильно пострадавших от пандемии, не наблюдали значительного увеличения количества пациентов с COVID-19 на фоне уже имеющейся ЛАГ, как они ожидали [3]. Было выдвинуто несколько возможных объяснений данного факта. В первую очередь рассматривалась версия, когда механизмы, специфичные для ЛАГ, способны профилировать инфицирование COVID-19. Эти предположения были подтверждены результатами вскрытия умерших от SARS-CoV-2, и выявлением пораженных эндотелиальных клеток с сопутствующим повреждением сосудов в виде тромбоза и воспаления. В дополнение к патологическим особенностям эндотелиита при COVID-19 известно, рецептор ангиотензин-превращающего фермента 2 (АПФ-2), как компонент ренин-ангиотензиновой системы, важен не только для проникновения коронавируса в клетки, но и для его репликации [3, 18, 19]. В свою очередь, АПФ-2, который является ключевым для проникновения SARS-CoV-2 в клетки, подавляется при ЛАГ.

На текущий момент остается неясным, является ли снижение АПФ-2 при ЛАГ защитным фактором от инфицирования SARS-CoV-2, или напротив, может способствовать повреждению легких при болезни COVID-19. Учитывая тенденцию SARS-CoV-2 инфицировать эндотелий, также было высказано предположение, что аномальный эндотелий в ремоделированных артериях пациентов с ЛАГ может ограничивать репликацию вируса и подавлять цитокиновый ответ, вызванный SARS-CoV-2 [3, 20].

С другой стороны, у пациентов с ЛАГ нарушена сердечно-легочная функция, что может увеличить их риск смерти в случае заражения SARS-CoV-2, в связи с чем эксперты опасаются создавать ложное чувство безопасности для этих пациентов [23].

Другая выдвинутая гипотеза заключалась в том, что, возможно, терапия, направленная на лечение ЛАГ, может иметь некоторый защитный эффект против COVID-19 за счет улучшения функции эндотелия. Ряд исследований показал перекрестную связь между эндотелиновой системой и ренин-ангиотензиновой системой. Фактически, эндотелин-1 может подавлять экспрессию АПФ-2 в эпителиальных клетках легких, тогда как антагонисты рецепторов эндотелина ингибируют вызванное ангиотензином II сужение сосудов и повреждение легких. Другие исследования показали, что ангиотензин ослабляет действие эндотелина-1 на эндотелиальные клетки, в основном на воспаление и рост. Эндотелин-1 активируется при ЛАГ, и антагонисты рецепторов эндотелина, часто используемые для лечения ЛАГ, могут быть полезны при лечении повреждения легких COVID-19 [3, 21].

Учитывая большой интерес к данной проблеме и значительное количество пациентов с ССЗ, мы рассмотрели один из клинических случаев течения COVID-19-пневмонии у пациента с уже имеющейся ЛАГ.

Описание клинического случая

81-летний пациент, женщина, с отягощенным сердечно-сосудистым анамнезом в виде постоянной формы фибрилляции предсердий (нормосистолический вариант), 6 баллов по шкале CHA₂DS₂-VASc, гипертонической болезни 3 ст., ишемическим инсультом в бассейне ЛВСА от 2015 года без последствий, и ХСН 2 ф.кл NYHA. Также у пациентки имеются сопутствующие заболевания в виде ожирения III степени, дислипидемии и варикозного расширения вен нижних конечностей.

Изначально у пациентки была зафиксирована ЛГ II группы (из-за заболеваний левых отделов сердца) на основании данных эхокардиографии от 2018 года.

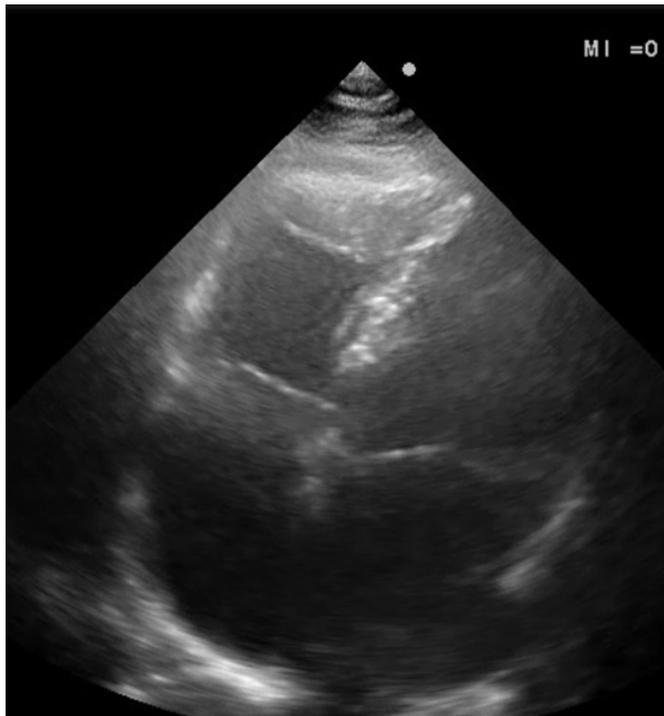


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Показатели эхокардиографии включали в себя оценку сократительной способности ЛЖ, соотношения правых и левых камер, степень трикуспидальной регургитации и показателей давления в ЛА.

Фракция выброса ЛЖ в 2018 году составляла 54.0%, что расценивалось как нормальная сердечная сократимость. Систолическое давление в легочной артерии составляло 66,6 мм.рт.ст. на основании скорости трикуспидальной регургитации, диаметра и коллапса нижней полой вены (рис. 1–3).

Уровень NTproBNP в 2018 году составлял 4207 пг / мл, в январе 2020 данный показатель был равен 510.8 пг/мл.

Пациентка с 2018 года постоянно получала следующее лечение: β-адреноблокатор, иАПФ, спиронолактон, статины, петлевые диуретики, антикоагулянты, антагонист рецепторов эндотелина-1. На фоне данного лечения состояние пациентки на всем протяжении периода наблюдения сохранялось стабильным, каких-либо сердечно-сосудистых событий не было зафиксировано.

Пациентка была госпитализирована в терапевтическое отделение по поводу тяжелой пневмонии COVID-19 в апреле 2021, с момента поступления получала низкопоточную кислородную поддержку через назальные канюли. В рамках лечения были назначены цефтриаксон, фавипиравир, дексаметазон и низкомолекулярный гепарин в профилактических дозах, на КТ-ангиографии выявлены признаки правосторонней вирусной пневмонии 40%, КТ-2, какие-либо другие изменения со стороны легких/легочной артерии не определялись. Через 10 дней пациентка была выписана домой в удовлетво-

рительном состоянии. При выписке анализ ПЦР SARS-CoV-2 был отрицательным в носоглоточном мазке.

Через 1 месяц после выписки пациентка явилась на плановый амбулаторный прием, повторно проведен анализ ряда лабораторных показателей (включая NTproBNP), эхокардиография, электрокардиограмма, УЗДС вен нижних конечностей для оценки возможных осложнений пневмонии COVID-19. Согласно результатам лабораторных исследований, уровень NTproBNP составил 579.2 пг/мл. Признаки декомпенсации сердечной недостаточности и острого коронарного синдрома отсутствовали (включая показатель NT-proBNP, тропонина-Т и данные ЭКГ). При проведении эхокардиографии была подтверждена нормальная функция левого желудочка (фракция выброса ЛЖ составила 61.7%), повторно выявлены изменения правых камер, без существенной динамики в сравнении с данными 2018 года. На основании скорости трикуспидальной регургитации, диаметра и коллапса нижней полой вены повторно измерено систолическое давление в легочной артерии, составило 66,4 мм.рт.ст. При исследовании вен нижних конечностей проходимость глубоких и поверхностных вен не была нарушена.

В данном случае не было зафиксировано ухудшения течения ЛАГ, декомпенсации сердечной деятельности и признаков тромбоза, хотя ввиду ассоциации COVID-19 с коагулопатией и микрососудистым поражением различной локализации появление такого рода осложнений при COVID-19 может быть вполне обоснованным.

Все представленные выше факты указывают на то, что вероятность более легкого течения COVID-19 инфекции на фоне имеющейся ЛАГ, является достаточно высокой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Avellanas Chavala M.L. Pulmonary arterial hypertension and COVID-19 DOI: 10.1016/j.medic.2020.05.006
2. Yuichiro J. Suzuki 1, Sofia I. Nikolaienko 2, Nataliia V. Shults 3, Sergiy G. Gychka COVID-19 patients may become predisposed to pulmonary arterial hypertension, Med Hypotheses. 2021 Feb;147:110483. doi: 10.1016/j.mehy.2021.110483. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33444904 PMCID: PMC7787059 DOI: 10.1016/j.mehy.2021.110483
3. Samar Farha, Gustavo A. Heresi. COVID-19 and Pulmonary Arterial Hypertension: Early Data and Many Questions. 202008–1014 ED PubMed: 33258672
4. Christel van Dongen. Unusually Rapid Development of Pulmonary Hypertension and Right Ventricular Failure after COVID-19 Pneumonia.
5. Norris S.H. Lan, Benjamin D. Massam, Sandeep S. Kulkarni, and Chim C. Lang. Pulmonary Arterial Hypertension: Pathophysiology and Treatment Diseases. 2018 Jun; 6(2): 38. Published online 2018 May 16. doi: 10.3390/diseases6020038
6. Olivier Sitbon, Nicholas W. Morrell. Pathways in pulmonary arterial hypertension: the future is here. European Respiratory Review 2012 21: 321–327; DOI: 10.1183/09059180.00004812
7. Horn E.M., Chakinala M., Oudiz R., Joseloff E., Rosenzweig E.B. Could pulmonary arterial hypertension patients be at a lower risk from severe COVID-19? Pulm Circ 2020;10:2045894020922799.
8. Ackermann M., Verleden S.E., Kuehnel M., Haverich A., Welte T., Laenger F., et al. Pulmonary vascular endothelialitis, thrombosis, and angiogenesis in covid-19. N Engl J Med 2020;383:120–128.
9. Calabrese F., Pezzuto F., Fortarezza F., Hofman P., Kern I., Panizo A., et al. Pulmonary pathology and COVID-19: lessons from autopsy. The experience of European Pulmonary Pathologists. Virchows Arch 2020;477:359–372.

10. Li W., Moore M.J., Vasilieva N., Sui J., Wong S.K., Berne M.A., et al. Angiotensin-converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature* 2003;426:450–454.
11. Zhang J., Dong J., Martin M., He M., Gongol B., Marin T.L., et al. AMP-activated protein kinase phosphorylation of angiotensin-converting enzyme 2 in endothelium mitigates pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2018;198:509–520.
12. Kuba K., Imai Y., Rao S., Gao H., Guo F., Guan B., et al. A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury. *Nat Med* 2005;11:875–879.
13. Jia H. Pulmonary angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) and inflammatory lung disease. *Shock* 2016;46:239–248.
14. Varga Z., Flammer A.J., Steiger P., Haberecker M., Andermatt R., Zinkernagel A.S., et al. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet* 2020;395:1417–1418.
15. Zhang H., Li Y., Zeng Y., Wu R., Ou J. Endothelin-1 downregulates angiotensin-converting enzyme-2 expression in human bronchial epithelial cells. *Pharmacology* 2013;91:297–304.
16. Wenzel R.R., Rütthemann J., Bruck H., Schäfers R.F., Michel M.C., Philipp T. Endothelin-A receptor antagonist inhibits angiotensin II and noradrenaline in man. *Br J Clin Pharmacol* 2001;52:151–157.
17. Yusuf H., Montezano A.C., Callera G.E., Cat A.N.D., Santos R.A., Castro C.H., et al. Angiotensin 1–7 attenuates endothelin-1-induced endothelial cell inflammation and growth through nitric oxide production and activation of Mas and endothelinB receptors [abstract]. *Hypertension* 2012;60: A258.
18. Chen L., Liu P., Gao H., Sun B., Chao D., Wang F., et al. Inhalation of nitric oxide in the treatment of severe acute respiratory syndrome: a rescue trial in Beijing. *Clin Infect Dis* 2004;39:1531–1535.
19. Keyaerts E., Vijgen L., Chen L., Maes P., Hedenstierna G., Van Ranst M. Inhibition of SARS-coronavirus infection in vitro by S-nitroso-N-acetylpenicillamine, a nitric oxide donor compound. *Int J Infect Dis* 2004;8:223–226.
20. Akerström S., Mousavi-Jazi M., Klingström J., Leijon M., Lundkvist A., Mirazimi A. Nitric oxide inhibits the replication cycle of severe acute respiratory syndrome coronavirus. *J Virol* 2005;79:1966–1969.
21. Zamanian R.T., Pollack C.V. Jr, Gentile M.A., Rashid M., Fox J.C., Mahaffey K.W., et al. Outpatient inhaled nitric oxide in a patient with vasoreactive idiopathic pulmonary arterial hypertension and COVID-19 infection. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202:130–132.
22. Alvarez R.A., Berra L., Gladwin M.T. Home nitric oxide therapy for COVID-19. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;202:16–20.
23. Fernandes T.M., Papamatheakis D.G., Poch D.S., Kim N.H. Letter to the editor regarding “could pulmonary arterial hypertension patients be at lower risk from severe COVID-19?”. *Pulm Circ* 2020;10:2045894020925761.
24. Archer S.L., Sharp W.W., Weir E.K. Differentiating COVID-19 pneumonia from acute respiratory distress syndrome and high altitude pulmonary edema: therapeutic implications. *Circulation* 2020;142:101–104.
25. Lee J.D., Burger C.D., Delossantos G.B., Grinnan D., Ralph D.D., Rayner S.G. et al. A survey-based estimate of COVID-19 incidence and outcomes among patients with pulmonary arterial hypertension or chronic thromboembolic pulmonary hypertension and impact on the process of care. *Ann Am Thorac Soc* 2020;17:1576–1582.
26. Varga Z., Flammer A.J., Steiger P., Haberecker M., Andermatt R., Zinkernagel A.S., Mehra M.R., Schuepbach R.A., Ruschitzka F., Moch H. Endothelial cell infection and endotheliitis in COVID-19. *Lancet*. 2020;395(10234):1417–1418. doi: 10.1016/S0140–6736(20)30937–5.
27. Steinberg B.E., Goldenberg N.M., Lee W.L. Do viral infections mimic bacterial sepsis? The role of microvascular permeability: a review of mechanisms and methods. *Antivir Res*. 2012;93(1):2–15. doi: 10.1016/j.antiviral.2011.10.01
28. Goeijenbier M., van Wissen M., van de Weg C., Jong E., Gerdes V.E., Meijers J.C., et al. Review: viral infections and mechanisms of thrombosis and bleeding. *J Med Virol*. 2012;84(10):1680–1696. doi: 10.1002/jmv.23354.
29. Rajendran P., Rengarajan T., Thangavel J., Nishigaki Y., Sakthisekaran D., Sethi G., et al. The vascular endothelium and human diseases. *Int J Biol Sci*. 2013;9(10):1057–1069. doi: 10.7150/ijbs.7502.
30. Michiels C. Endothelial cell functions. *J Cell Physiol*. 2003;196(3):430–443. doi: 10.1002/jcp.10333.
31. Gage B.F., Andrade A. ACP Journal Club. Various risk stratification schemes predict ischemic stroke and bleeding in atrial fibrillation. *Ann Intern Med*. 2012 Oct 16;157(8): JC4–13. doi: 10.7326/0003–4819–157–8–201210160–02013. PubMed ID: 23070515
32. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Авдеев С.Н. Диагностика и лечение легочной гипертензии. Клинические рекомендации, 2013

© Вишнева Елена Михайловна (e.m.vishneva@mail.ru),

Егорова Екатерина Александровна (kaat333@mail.ru), Вишнева Ксения Алексеевна (kv.vishneva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ БЮГЕЛЬНОГО ПРОТЕЗИРОВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕФЕКТАМИ ЗУБНОГО РЯДА

ANALYSIS OF THE INTRODUCTION OF CLASP PROSTHETICS IN PATIENTS WITH DENTITION DEFECTS

**Yu. Gurevich
E. Yazyikova**

Summary. Purpose of the work: analysis of the results of prosthetics with clasp prostheses in patients with a dentition defect.

Materials and methods. The results of prosthetics with clasp prostheses with a nylon base and vestibular pilots in 21 patients (mean age 43.5 ± 2.18 years) were analyzed. The first group — 11 people (7 women and 4 men) (mean age 44.7 ± 2.24) — partial secondary absence of teeth of the 1st class according to Kennedy, where the extreme teeth to the defect were either canines or the first premolars.

The second group consisted of 10 people (6 women and 4 men) (mean age 42.9 ± 2.15) who had a partial secondary absence of teeth with a one-sided terminal defect and an included defect in the lateral region on the other side.

A questionnaire survey of patients with regard to satisfaction with the performed treatment measures was carried out: the dynamics of complaints, the nature of chewing function and articulation were assessed.

Statistical processing of the material was carried out using Microsoft Excel 2007 application programs and included the calculation of absolute and relative indicators, mean values (M) taking into account the deviation error (m), the results obtained were considered reliable at $p < 0.05$.

Results. The data obtained indicate that there was a positive trend in patients of the first and second groups after performing clasp prosthetics, which consists in a significant ($p < 0.001$) decrease in the number of complaints about chewing and articulation disorders. There were no patients dissatisfied with the aesthetics of prosthetics.

Output. The use of clasp prosthetics contributes not only to the restoration of the lost functions of chewing and articulation, but also has a positive effect on the aesthetics of appearance.

Keywords: clasp prosthetics, articulation, clasps.

Гуревич Юрий Юрьевич

*К.м.н., доцент, Алтайский государственный
медицинский университет
yura74@mail.ru*

Языкова Елена Александровна

*К.м.н., доцент, Алтайский государственный
медицинский университет
yzyikova@mail.ru*

Аннотация. Цель работы: анализ результатов протезирования бюгельными протезами у пациентов с дефектом зубного ряда.

Материалы и методы. В работе были проанализированы результаты протезирования бюгельными протезами с нейлоновым базисом и вестибулярными пелотами у 21 пациента (средний возраст $43,5 \pm 2,18$ лет). Первая группа — 11 человек (7 женщины и 4 мужчин) (средний возраст $44,7 \pm 2,24$) — частичное вторичное отсутствие зубов 1 класса по Кеннеди, где крайними зубами к дефекту были либо клыки, либо первые премоляры.

Вторая группа — 10 человек (6 женщин и 4 мужчин) (средний возраст $42,9 \pm 2,15$), у которых было частичное вторичное отсутствие зубов с односторонним концевым дефектом и включенным дефектом в боковом отделе с другой стороны.

Было выполнено анкетирование пациентов в отношении удовлетворенности выполненными лечебными мероприятиями: оценивали динамику жалоб, характер жевательной функции и артикуляцию.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием прикладных программ Microsoft Excel 2007 и включала расчет абсолютных и относительных показателей, средних величин (M) с учетом ошибки отклонения (m), полученные результаты считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. Полученные данные свидетельствуют о том, что отмечена положительная динамика у пациентов первой и второй групп после выполнения бюгельного протезирования, заключающаяся в достоверном ($p < 0,001$) уменьшении количества предъявляемых жалоб на нарушение жевания и артикуляции. Пациентов, недовольных эстетикой протезирования, не было.

Вывод. Применение бюгельного протезирования способствует не только восстановлению утраченных функций жевания и артикуляции, но и оказывает положительное влияние на эстетику внешнего вида.

Ключевые слова: бюгельное протезирование, артикуляция, кламмеры.

Введение

Бюгельное протезирование (от немецкого слова "bugel" — "дуга") является одним из видов съемного протезирования зубов, наиболее удобным и усовершенствованным среди предложенных видов протезирования зубного ряда. Данный вид протеза представляет собой дугообразный литой каркас из металла, покрытый базисом из акриловой пластмассы и установленными на нем искусственными зубами.

Дугообразная металлическая конструкция протеза позволяет эффективно распределить нагрузку между зубами и десной. При сравнении с другими аналогичными модификациями из разнообразных пластических структур, данный вид протеза позволяет отказаться от утолщения пластмассового слоя, снизить вес и объём конструкции, а также сохранить показатели её прочности и стабильности (рис. 1).

Отмечают следующие способы крепления бюгельных протезов: кламмеры, замковые и балочные крепления.

Кламмеры — это специальные крючки, которые обхватывают в основании здоровый зуб и отвечают за надежную фиксацию протеза. При таком варианте крепления нет необходимости препарировать зубы под коронки, поскольку кламмеры изготовлены из упругих материалов. Они не вызывают травматизацию эмали в процессе эксплуатации.

Замковое соединение является более современным способом фиксации бюгельного протеза. Оно позволяет добиться жесткости, которую не могут обеспечить кламмеры.

Большинство экспертов и специалистов в области стоматологии считают, что в данное время не существует альтернативы бюгельному протезированию зубного ряда. Они на должном уровне справляются со своими основными задачами — возобновлением утраченных жевательных функций и созданием косметического эффекта здоровых зубов. К единственному весомому недостатку данного вида протезирования можно отнести стоимость бюгельных протезов, так как не каждый пациент может позволить себе воспользоваться данным видом услуг в ортопедическом лечении.

Цель работы

Анализ результатов протезирования бюгельными протезами у пациентов с дефектом зубного ряда.

Материалы и методы

В работе были проанализированы результаты протезирования бюгельными протезами с нейлоновым базисом и вестибулярными пелотами у 21 пациента (средний возраст $43,5 \pm 2,18$ лет).

Первую группу (средний возраст $44,7 \pm 2,24$) составили 11 человек (7 женщин и 4 мужчин), у которых было частичное вторичное отсутствие зубов 1 класса по Кеннеди, где крайними зубами к дефекту были либо клыки, либо первые премоляры.

Вторую группу составили 10 человек (6 женщин и 4 мужчин) (средний возраст $42,9 \pm 2,15$), у которых было частичное вторичное отсутствие зубов с односторонним концевым дефектом и включенным дефектом в боковом отделе с другой стороны.

Сравниваемые группы были сопоставимы по гендерно-возрастным показателям.

Было проведено снятие анатомических оттисков с рабочей и вспомогательной челюстей альгинатным материалом Hydrogum 5. После стандартных процедур определения центрального соотношения и примерки каркаса бюгельного протеза выполнялось удаление вестибулярного плеча кламмера и замена воска на нейлоновую массу Flexu-Neylon.

После обработки и передачи в клинику была проведена припасовка и наложение комбинированных бюгельных протезов в полости рта.

После адаптационного периода проводили анкетирование пациентов в отношении удовлетворенности выполненными лечебными мероприятиями: оценивали динамику жалоб, характер жевательной функции и артикуляцию.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием прикладных программ Microsoft Excel 2007 и включала расчет абсолютных и относительных показателей, средних величин (M) с учетом ошибки отклонения (m), полученные результаты считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Пациенты обеих подгрупп отмечали полную адаптацию на 12 ± 2 день, а также высокий уровень эстетики и функциональности, легкость конструкции и удобство эксплуатации.



Рис. 1. Бюгельный зубной протез.

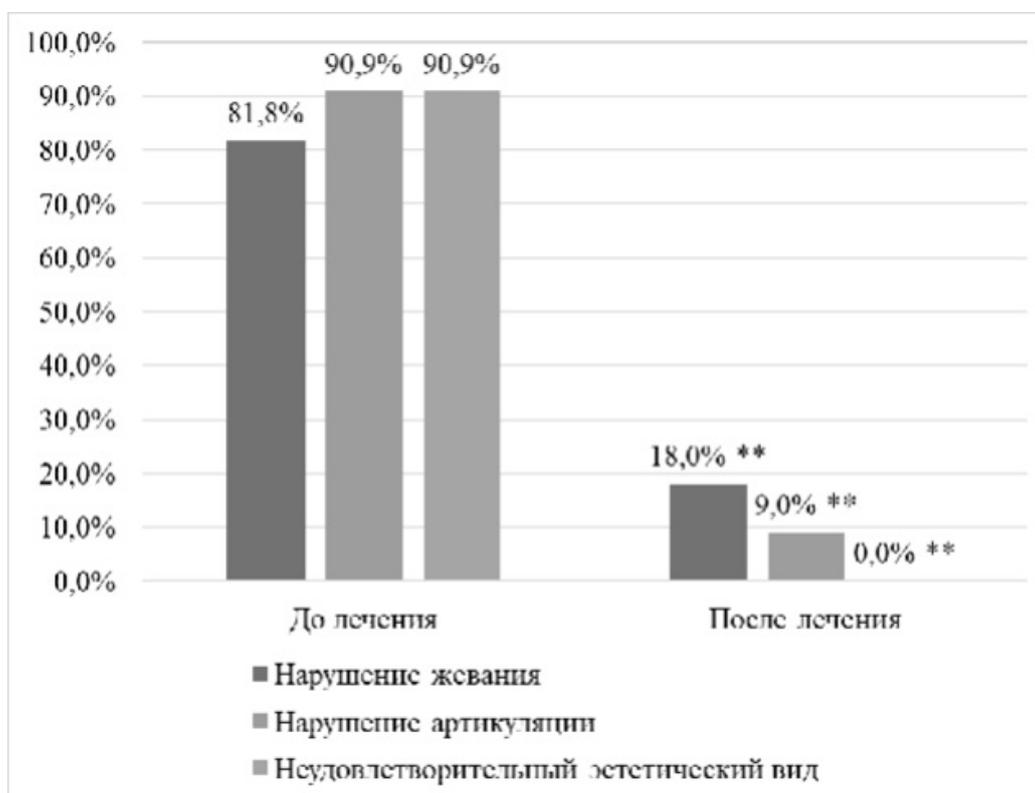


Рис. 2. Сравнительная характеристика динамики жалоб пациентов первой группы до и после бюгельного протезирования.

Примечание: ** $p < 0,01$ - достоверность различия признака между группами.

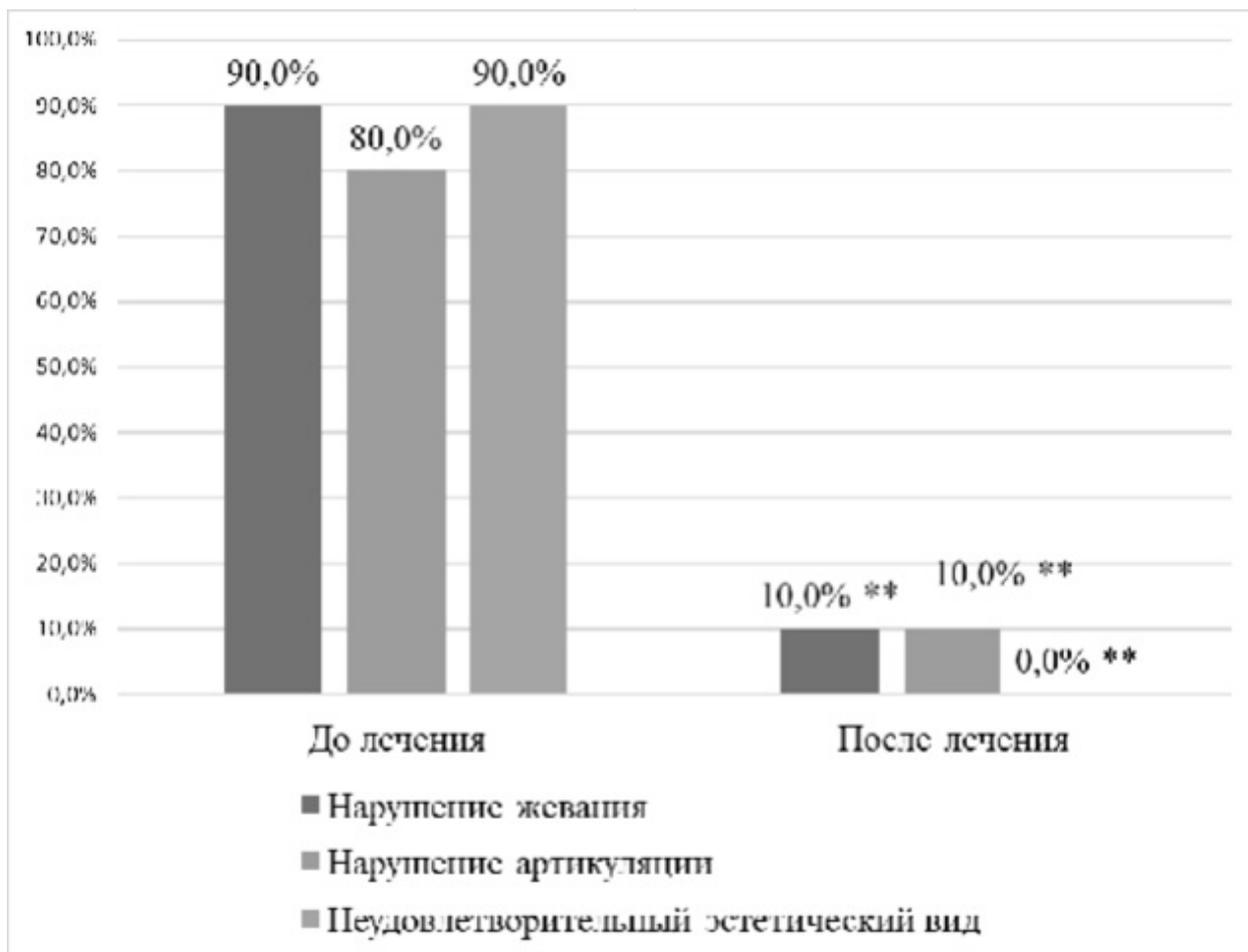


Рис. 3. Сравнительная характеристика динамики жалоб пациентов второй группы до и после бюгельного протезирования.

Примечание: ** $p < 0,01$ - достоверность различия признака между группами.

Сравнительная характеристика основных жалоб пациентов первой и второй групп до и после лечения представлена на рисунках 2 и 3.

Представленные данные свидетельствуют о том, что отмечена положительная динамика после выполнения бюгельного протезирования, заключающаяся в достоверном ($p < 0,001$) уменьшении количества предъявляемых пациентами жалоб на нарушение жевания, артикуляции. Пациентов, недовольных эстетикой протезирования, не было.

Полученные результаты подтверждают факт того, имеется достоверная ($p < 0,01$) положительная динамика жалоб, предъявляемых пациентами второй группы после лечения.

Пациентов, недовольных эстетикой протезирования, также, как и в первой группе, после лечения не было.

Проведение анкетирования пациентов 1 и 2 групп позволило отметить преимущества использования бюгельного протезирования, представленные на рисунке 4.

Большинством пациентов была отмечена хорошая фиксация протеза, небольшие размеры. Кроме того, такая конструкция была достаточно удобна в уходе и главное, позволяла полностью восстановить утраченные вследствие нарушения целостности зубного ряда, функции артикуляции и жевания.

Обсуждение полученных результатов

В литературных данных представлено достаточно информации о разновидности бюгельных протезов соответственно видам фиксации; сохранности опорных зубов, распределению жевательной нагрузки, технологичности конструкций, устойчивости, сроку службы, эстетики, стоимости.

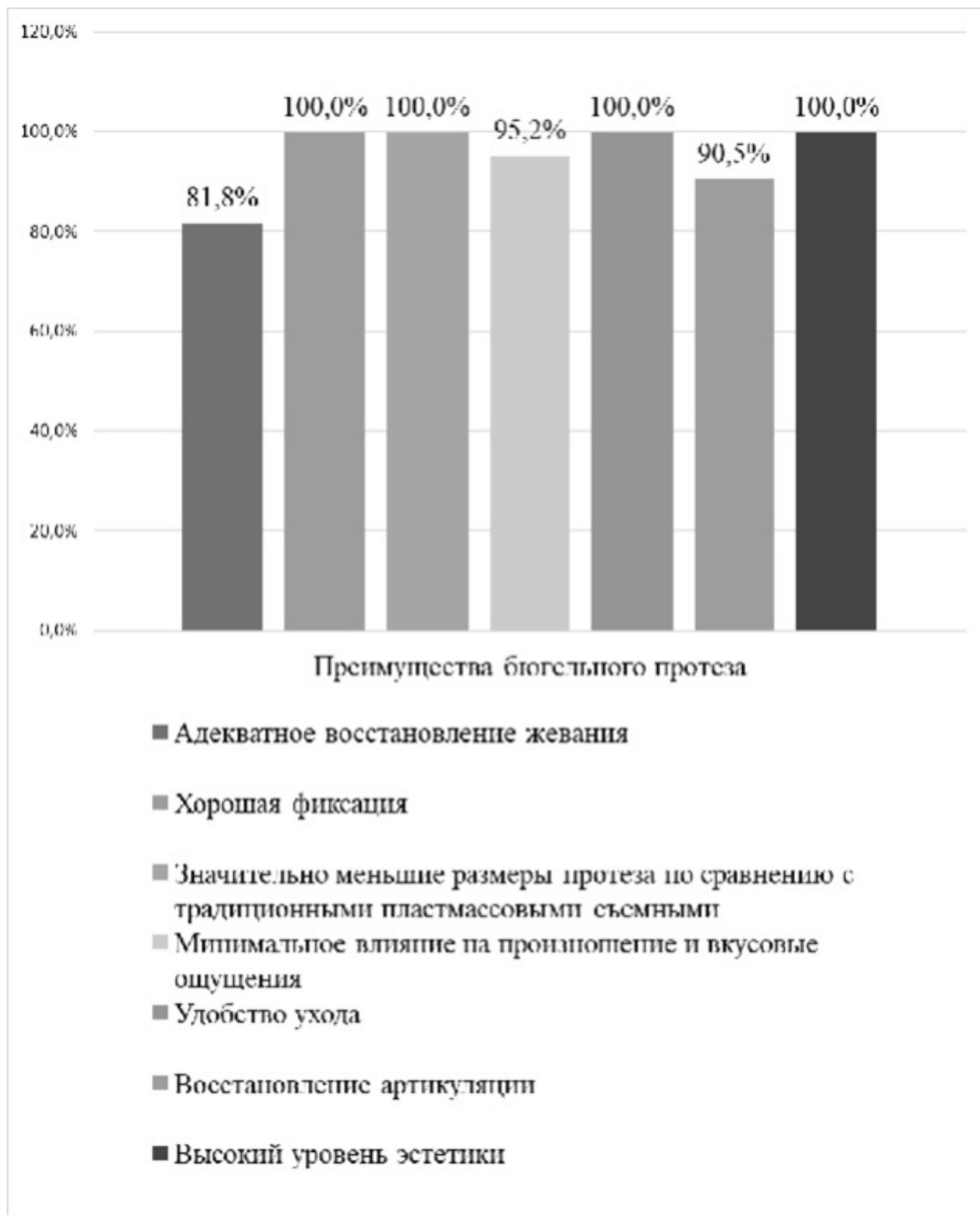


Рис. 4. Результаты анкетирования пациентов (в процентном соотношении) при использовании бюгельного протезирования.

Отмечено, что бюгельные протезы из современных стоматологических материалов, таких как различные виды стоматологического нейлона, более эстетичны и более удобны в изготовлении, чем обычные пластиночные протезы, кроме того, они ничем не уступают в функциональном отношении бюгельным протезам с металлическим каркасом и полными опорно-удерживающими кламмерами. К тому же, применение эластических термопластических полимеров в качестве конструкционных материалов качественно улучшает ситуацию в сроках адаптации больных к съемным протезам, позволяет комфортно ими пользоваться, что, безусловно, улучшает качество жизни пациентов в целом [9]. Данный факт был продемонстрирован и в нашем исследовании.

Большинство авторов сходятся во мнении, что преимущества и недостатки того или иного вида фиксации, определяются клинической ситуацией, при этом успех, достигаемый при протезировании бюгельными протезами с различными видами замковых креплений, сопоставим только с успехом при протезировании с использованием имплантатов [10. 12.].

ВЫВОД

Применение бюгельного протезирования способствует не только восстановлению утраченных функций жевания и артикуляции, но и оказывает положительное влияние на эстетику внешнего вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонова О.В. Бюгельное протезирование в ортопедической стоматологии // Научное обозрение. Медицинские науки. — 2017. — № 3. — С. 75–78.
2. Mikhailchenko D.V., Sirak S.V., Yarigina E.N., Khvostov S.N., Zhidovinov A.V. The issue of a method of stimulating osteointegratsii dental implants. International Journal Of Applied And Fundamental Research. — 2016. — № 5.
3. Mikhailchenko D.V., Siryk S.V., Zhidovinov A.V., Orekhov S.N. Optimization of the selection of provisional structures in the period of osseointegration in dental implants. International Journal Of Applied And Fundamental Research. — 2016. — №
4. Емелина Г.В., Зюлькина Л.А., Кузнецова Н.К., Суворова М.Н., Емелина Е.С. Результаты интервьюирования пациентов терапевтического стоматологического приёма. В сборнике: Актуальные проблемы медицинской науки и образования (АПМНО-2015) сборник статей V Международной научной конференции. под ред. А.Н. Митрошина, С.М. Герашенко. 2015. С. 335–337.
5. Бондарь В.В. Клинические аспекты лечения пациентов бюгельными протезами с различными системами фиксации // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 2.
6. Sletov A.A., Sirak S.V., Mikhailchenko D.V., Zhidovinov A.V. Treatment of patients with surround defects mandible. International Journal Of Applied And Fundamental Research. — 2016. — № 5.
7. Matveev S.V., Sirak S.V., Mikhailchenko D.V., Zhidovinov A.V. Rehabilitation diet patients using the dental and maxillofacial prostheses. International Journal Of Applied And Fundamental Research. — 2016. — № 5.
8. Mashkov A.V., Sirak S.V., Mikhailchenko D.V., Zhidovinov A.V. Variability index of activity of masticatory muscles in healthy individuals within the circadian rhythm. International Journal Of Applied And Fundamental Research. — 2016. — № 5.
9. Ушакова В.А. Изготовление бюгельных протезов из современных материалов // Научное обозрение. Медицинские науки. — 2016. — № 6. — С. 110–114
10. Бондарь В.В. Клинические аспекты лечения пациентов бюгельными протезами с различными системами фиксации // Международный студенческий научный вестник. — 2016. — № 2.
11. Лебеденко И.Ю. Ортопедическая стоматология: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014; 640 с
12. Пичугина Е.Н. Современные аспекты съемного протезирования при частичном отсутствии зубов с использованием бюгельных протезов из T.S. M. ACETAL. Бюллетень медицинских интернет-конференций 2013; 11 (3): 12–15

ПРЕДИКТОРЫ ИСХОДА БЕРЕМЕННОСТИ ПРИ ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ РОДАХ

PREDICTORS OF PREGNANCY OUTCOME IN PRETERM LABOR

**L. Gureeva
O. Chistyakova
A. Radionov**

Summary. Objective: to determine predictors of pregnancy outcome in patients with preterm labor (PL).

Materials and methods. The study included 91 patients with spontaneous PL, 87 women with preterm premature rupture of membranes (PPROM) and 50 respondents with physiological gestation. The groups analyzed: leukogram, neutrophil-lymphocyte ratio (NLR), ferritin and C-reactive protein levels.

Results. Pregnancy outcomes in patients with spontaneous PL and PPRM are characterized by a significant increase in the incidence of intrauterine infection (IUI) in newborns. Effective predictors of IUI realization in premature newborns in the case of spontaneous PL are indices of NLS, and the ferritin level in plasma of patients with PPRM.

Keywords: preterm labor, preterm premature rupture of membranes, intrauterine infection, leukogram, ferritin.

Гуреева Лариса Викторовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава
России

lara_ego@mail.ru

Чистякова Ольга Михайловна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава
России

canyou@yandex.ru

Радионон Андрей Александрович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава
России

andrew.rodionov@tvergma.ru

Аннотация. Цель исследования: определить предикторы исхода беременности у пациенток с преждевременными родами (ПР).

Материалы и методы. В исследование включены 91 пациентка со спонтанными ПР, 87 женщин с досрочным преждевременным разрывом плодных оболочек (ПРПО) и 50 респонденток с физиологической гестацией. В группах анализировались: лейкограмма, нейтрофил-лимфоцитарное соотношение (НЛС), уровень ферритина и С-реактивного белка.

Результаты. Исходы беременности у пациенток со спонтанными ПР и досрочным ПРПО характеризуются значимым увеличением частоты реализации внутриутробной инфекции (ВУИ) у новорожденных. Эффективными предикторами реализации ВУИ у недоношенных новорожденных при спонтанных ПР являются показатели НЛС, а у пациенток с досрочным ПРПО — уровень ферритина в плазме крови матери.

Ключевые слова: преждевременные роды, преждевременный разрыв плодных оболочек, внутриутробная инфекция, лейкограмма, ферритин.

Внутриутробная инфекция (ВУИ) играет ключевую роль в патогенезе 30–40% преждевременных родов (ПР) и ассоциируется с заболеваниями новорожденных, включая врожденную пневмонию, неонатальный сепсис, перивентрикулярную лейкомаляцию, а также смерть в неонатальном периоде [1, 2, 3]. На антенатальном этапе клинически выраженная инфекция встречается нечасто, но субклинические ее формы имеют до 25% пациентов со спонтанными ПР при целом плодном пузыре и еще чаще с досрочным преждевременным разрывом плодных оболочек (ПРПО) [2, 4, 5]. Однако, верификация субклинических форм ВУИ, а также прогнозирование ее реализации в клинические формы заболевания для новорожденных представляет значительные трудности по причине, в первую очередь, отсутствия эффективных диагности-

ческих и прогностических тестов указанных событий [6, 7, 8]. В качестве маркера исхода недоношенной беременности активно изучается ферритин. Предполагалось, что его низкий уровень, как отражение низких запасов железа у матери, будет связан с ПР, в то время как более высокие уровни ферритина будут иметь защитный эффект, однако было обнаружено обратное [8]. Высокие уровни ферритина отмечаются при сверхраним воспалением, а сам фактор может быть предиктором неонатального сепсиса при досрочном ПРПО [9, 10]. Общий анализ крови является простым, недорогим и легко доступным лабораторным тестом в клинической практике [6, 11]. Современный интерес к этому методу обусловлен значительным количеством данных об ассоциации рутинных гематологических па-

Таблица 1. Клинико-лабораторные показатели групп пациенток

Показатели	Группа 1 (n=91)	Группа 2 (n=87)	Группа 3 (n=50)
Возраст, (лет)	29,2 (25,8-34,7)	30,1 (25,9-35,7)	28,6 (24,8-32,8)
Первородящие, n (%)	30 (32,9%)	31 (35,6%)	17 (34,0%)
ПР в анамнезе, n (%)	8 (8,8%) *	7 (8,0%) **	0
Ожирение, n (%)	11 (12,1%)	8 (9,2%)	5 (10,0%)
Лейкоциты, (10 ⁹ /л)	12,4 (9,6-13,3) *	13,8 (8,8-15,3) **	9,0 (7,9-9,9)
Нейтрофилы, (10 ⁹ /л)	9,5 (7,9-11,3) *	11,0 (7,8-13,2) **	7,8 (5,9-6,6)
Лимфоциты, (10 ⁹ /л)	1,5 (1,2-1,9)	1,4 (0,97-1,9)	1,9 (1,6-2,3)
НЛС	6,4 (4,7-8,0) *	7,2 (6,0-10,3) **	2,8 (2,2-4,2)
Ферритин, (мкг/л)	15,9 (12,4-22,6)	30,5 (15,7-41,2) **	12,4 (10,3-20,1)
С-реактивный белок, (мг/мл)	5,4 (1,2-7,8) * #	6,3 (3,9-13,7) **	1,4 (1,2-2,5)
Срок родов, (недель)	32,0 (28,6-34,1) *	33,1 (29,2-34,8) **	39,2 (38,3-40,0)

Примечания: Различия значимы: * - между группой 1 и 3; ** - между группой 2 и 3; # - между группой 1 и 3.

Таблица 2. Характеристика исходов беременности в группах

Показатели	Группа 1 (n=91)	Группа 2 (n=87)	Группа 3 (n=50)
Масса при рождении, (грамм)	1211,4 (987,1-2341,0) *	1320,0 (993,0-2472,0)**	3480,3 (3162,9-3592,7)
Шкала Апгар 1 мин, (баллы)	5,0 (4,3; 7,0) *	5,6 (5,0; 6,8) **	7,31 (7,0-7,5)
Шкала Апгар 5 мин, (баллы)	6,7 (5,3-7,1) *	6,8 (6,5; 7,2) **	8,2 (7,9-8,7)
РДСН, n (%)	79 (86,8%) *	70 (80,4%) **	0
Врожденная пневмония, n (%)	37 (40,7%) *	41 (47,1%) **	1 (2,0%)
Некротизирующий энтероколит, n (%)	4 (4,4%)	5 (5,7%) **	0
Неонатальный сепсис, n (%)	2 (2,2%)	4 (4,6%)	0

Примечания: Различия значимы: * - между группой 1 и 3; ** - между группой 2 и 3.

раметров с клинико-морфологическими особенностями важнейших патологических состояний в акушерстве и перинатологии таких как спонтанные ПР, гистологический хориоамнионит, неонатальный сепсис [12, 13], а нейтрофил-лимфоцитарное соотношение (НЛС) является одним из новых потенциальных воспалительных маркеров, которые связаны с неблагоприятными исходами недоношенной беременности [13, 14]. Однако, несмотря на значительный потенциал для акушерской клиники прогностических свойств белков острой фазы воспаления и показателей лейкограммы, роль данных маркеров, как предикторов исхода гестации при ПР изучена недостаточно.

Цель исследования

Определить предикторы исхода беременности у пациенток с ПР.

Материалы и методы

Исследование основано на ретроспективном анализе данных трех групп беременных в сроке 24 0/0–33 0/6 недель, наблюдавшихся в Областном клиническом перинатальном центре им. Е.М. Бакуниной (Тверь) за период с 2017 по 2020 годы. Одну группу составила 91 пациентка с угрожающими ПР и родоразрешившаяся спонтанно в течение 7 суток наблюдения (группа 1). Другая группа представлена 87 пациентками с ПРПО (группа 2). В контрольную группу включено 50 женщин с физиологическим течением беременности (группа 3). Критерии исключения: наличие противопоказаний для проведения токолиза в основных группах и выжидательной тактики у пациенток с ПРПО [1, 3], многоплодная беременность, врожденные пороки развития плода, корригированная истмико-цервикальная недостаточность, аутоиммунные, гематологические заболе-

вания, а также сахарный диабет у матери. Наблюдение и родоразрешение в группах пациенток с угрожающими ПР и ПРПО, включая профилактику респираторного дистресс-синдрома новорожденных (РДСН), проводилось согласно клиническим рекомендациям [2, 3].

При поступлении в клинику у пациенток основных групп и амбулаторно в контрольной группе получались образцы крови для исследования гемограммы на анализаторе BC-3600 (Mindray, КНР), рассчитывалось нейтрофил-лимфоцитарное соотношение (НЛС), в плазме крови оценивался уровень С-реактивного белка на анализаторе Selectra Junior (Vital Scientific B.V., Нидерланды) и ферритина с помощью платформы Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария). Протокол исследования одобрен Этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверского ГМУ Минздрава России.

Нормальность распределения данных оценивалась тестом Шапиро-Вилк. Сравнения выборок выполняли критерием χ^2 или точным Фишера и тестом Краскела-Уоллиса при апостериорных попарных сравнениях в тесте Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез анализа качественных переменных при $p < 0,050$, количественных при $p < 0,017$. Эффективность моделей предикторов оценены при помощи ROC — анализа. Расчеты проведены в среде программы SPSS версия 22.0 (IBM, США).

Результаты и обсуждение

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, у пациенток основных групп в анамнезе значимо чаще отмечались ПР, чем в группе контроля ($p=0,026$ и $0,037$). Согласно анализу лейкограммы, пациентки со спонтанными ПР и ПРПО характеризовались значимо более высоким количеством лейкоцитов ($p=0,018$ и $0,014$), нейтрофилов ($p=0,038$ и $0,009$), а также уровнем НЛС ($p=0,044$ и $0,023$), чем женщины в группе 3. Кроме того, у беременных с ПРПО отмечалось значимо более высокая концентрация ферритина, чем в контрольной группе ($p=0,024$). По уровню С-реактивного белка выявлены значимые различия между группой 1 и 2 при сравнении по этому критерию с группой 3 ($p=0,044$ и $0,0008$).

Нужно отметить, что пациентки с ПРПО в свою очередь характеризовались значимо более высоким уровнем этого фактора острой фазы воспаления, чем респондентки со спонтанными ПР ($p=0,025$). Можно полагать, что значимое увеличение концентрации белков острой фазы воспаления является маркером интраамниального воспаления у пациенток с ПР, причем наиболее выраженного у респонденток с ПРПО [4, 5, 13]. Учитывая наличие ПР в основных группах, эти пациентки

родоразрешались значимо раньше, чем женщины контрольной группы (оба $p < 0,001$).

Ожидаемо, что масса недоношенных новорожденных была значимо ниже (оба $p < 0,001$) при аналогичной тенденции относительно оценки по шкале Апгар на 1 и 5 минутах (все $p < 0,001$), чем в контрольной группе (таблица 2). Новорожденные у матерей со спонтанными ПР и в случае ПРПО характеризовались значимо большей частотой РДСН (оба $p < 0,001$) и врожденной пневмонии (оба $p < 0,001$), чем дети в группе 3.

Частота некротизирующего энтероколита у новорожденных группы 2 была значимо выше, чем в контрольной группе ($p=0,049$). Выявленная закономерность указывает на значимую ассоциацию реализации ВУИ у недоношенных новорожденных, что наиболее выражено при досрочном ПРПО на фоне пролонгирования безводного периода [1, 2]. Всего реализация ВУИ в группе со спонтанными ПР, учитывая вероятность сочетанных форм, отмечалась у 41 (45,1%) новорожденных, а в группе с ПРПО у 48 (55,2%) детей, причем значимых различий между двумя основными группами не отмечалось ($p=0,088$).

По данным ROC-анализа выявлены предикторы реализации ВУИ у новорожденных в зависимости от формы ПР и представлены маркеры, имевшие наибольшие значения площади под кривой (area under curve (AUC)) для каждой группы. Для группы 1 таковым предиктором оказалось значение НЛС со значением AUC равным 0,795. Чувствительность модели составляет 72,7%, а специфичность 80,8%. Для группы 2 наиболее эффективный предиктор реализации ВУИ — уровень ферритина. Значение AUC=0,809, специфичность 81,5%, чувствительность 79,9%. Таким образом, определение маркеров воспаления в качестве наиболее эффективных предикторов реализации ВУИ зависит от формы ПР, что может указывать на различия звеньев патогенеза формирования инфекционно-воспалительных заболеваний недоношенных новорожденных [10, 12, 14].

Заключение

Таким образом, предикторы исхода беременности определяются вариантом ПР и представлены маркерами, ассоциированными с интраамниальным воспалением. Исход беременности в виде реализации ВУИ у новорожденных при спонтанных ПР наиболее эффективно прогнозируется с помощью относительного показателя лейкограммы, НЛС, а уровень ферритина обладает высокой предикторной способностью в отношении анализируемых перинатальных событий у пациенток с досрочным ПРПО. Данная закономерность может быть связана с вариабельностью патогенеза реализации ВУИ в зависимости от клинической формы ПР.

ЛИТЕРАТУРА

1. ACOG Practice Bulletin № 171: Management of Preterm Labor. *Obstet Gynecol.* 2016; 128: 4: e155–164.
2. Thomson AJ. Care of women presenting with suspected preterm prelabour rupture of membranes from 24+0 weeks of gestation: green-top guideline № 73. *BJOG.* 2019; 126: 9: 152–166.
3. Преждевременные роды. Клинические рекомендации. М.; 2020. URL: http://cr.rosminzdrav.ru/schema/331_1 [Дата доступа: 27.04.2021 г.]
4. Souza A.S., Patriota A.F., Guerra G.V., Melo B.C. Evaluation of perinatal outcomes in pregnant women with preterm premature rupture of membranes. *Rev Assoc Med Bras (1992).* 2016; 62 (3): 269–275.
5. Ekin A., Gezer C., Taner C.E., Ozeren M., Uyar I., Gulhan I. Risk factors and perinatal outcomes associated with latency in preterm premature rupture of membranes between 24 and 34 weeks of gestation. *Arch Gynecol Obstet.* 2014; 290 (3): 449–455.
6. Ozel A., Alici Davutoglu E., Yurtkal A., Madazli R. How do platelet-to-lymphocyte ratio and neutrophil-to-lymphocyte ratio change in women with preterm premature rupture of membranes, and threaten preterm labour? *J Obstet Gynaecol.* 2020; 40 (2): 195–199.
7. Gezer C., Ekin A., Solmaz U., Sahingoz A.G., Dogan A., Ozeren M. Identification of preterm birth in women with threatened preterm labour between 34 and 37 weeks of gestation. *J Obstet Gynaecol.* 2018; 38 (5): 652–657.
8. Cetinkaya S., Ozaksit G., Biberoglu E.H., Oskovi A, Kirbas A. The value of acute phase reactants in predicting preterm delivery. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2017; 30 (24): 3004–3008.
9. Valappil S.A., Varkey M., Areeckal B., Thankan K. Serum ferritin as a marker for preterm premature rupture of membranes — a study from a tertiary centre in Central Kerala. *J Clin Diagn Res.* 2015; 9 (7): BC09–12.
10. Lee S.M., Park K.H., Jung E.Y., Kook S.Y., Park H., Jeon S.J. Inflammatory proteins in maternal plasma, cervicovaginal and amniotic fluids as predictors of intra-amniotic infection in preterm premature rupture of membranes. *PLoS One.* 2018; 13 (7): e0200311.
11. Daglar H.K., Kirbas A., Kaya B., Kilincoglu F. The value of complete blood count parameters in predicting preterm delivery. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2016; 20 (5):801–805.
12. Tolunay H.E., Elci E. Importance of haemogram parameters for prediction of the time of birth in women diagnosed with threatened preterm labour. *J Int Med Res.* 2020; 48 (4): 1–8.
13. Чистякова О.М., Гребенщикова Л.Ю., Гуреева Л.В., Радьков О.В. Прогнозирование реализации внутриутробной инфекции при досрочном преждевременном разрыве плодных оболочек. *Российский вестник акушера-гинеколога.* 2020; 20 (6): 71–75.
14. Cho H.Y., Jung I., Kwon J.Y., Kim S.J., Park Y.W., Kim Y.H. The delta neutrophil index as a predictive marker of histological chorioamnionitis in patients with preterm premature rupture of membranes: A retrospective study. *PLoS One.* 2017; 12 (3): e0173382.

© Гуреева Лариса Викторовна (lara_ego@mail.ru),

Чистякова Ольга Михайловна (sanuou@yandex.ru), Радионов Андрей Александрович (andrew.rodionov@tvergma.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТРАТИФИКАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДАННЫХ ПО ЗАБОЛЕВАНИЯМ СВЯЗАННЫМ С COVID-19 И ГРУППАМИ РИСКА С ИНСУЛЬТОМ

STRATIFICATION AND DEPENDENCE OF DATA ON DISEASES ASSOCIATED WITH COVID-19 AND RISK GROUPS WITH STROKE

**A. Dzhibilov
I. Khamgokova
Z. Khashkulova**

Summary. It is believed that PIU (post-stroke fatigue) has a multifactorial origin and is the result of a complex interaction of psychological, behavioral, biological factors and features of the patient's social environment. When analyzing the associations between the features of the clinical course of PIU with a wide variety of factors, the latter were conditionally divided into socio-demographic, psycho-emotional, somatic, clinical-neurological, neuroimaging, drug, biochemical, immuno-inflammatory, genetic and central (brain). One of the most significant factors of PIU is the presence of fatigue in patients in the pre-stroke period. According to various data, pre-stroke fatigue is present in 11%–64% of patients with PIU. In particular, in patients who indicated the presence of fatigue in the pre-stroke period, the probability of PIU (according to the FSS scale) significantly increased both in the acute period of strokes (4.89 times, 95% CI, 2.13–11.21) and 3 months after the stroke (3.7 times, 95% CI, 1.6–8.3).

Keywords: stroke, post-stroke fatigue, disorder, blood circulation.

Джибилов Аслан Юрьевич

Аспирант, Кабардино-Балкарский Государственный
Университет, г. Нальчик, Врач невролог, психиатр-
нарколог

aslan.dzhibilov@mail.ru

Хамгокова Инна Ураловна

Врач невролог, Городская поликлиника № 1 г.
Нальчик

inna19882008@mail.ru

Хашкулова Замират Мухадиновна

Кабардино-Балкарский Государственный
Университет, г. Нальчик
khashzamira@gmail.com

Аннотация. Считается, что ПИУ (постинсультное утомление) имеет мультифакториальное происхождение и является результатом комплексного взаимодействия психологических, поведенческих, биологических факторов и особенностей социальной среды пациента. При анализе ассоциаций между особенностями клинического течения ПИУ с широким многообразием факторов, последние нами условно были поделены на социально-демографические, психо-эмоциональные, соматические, клинко-неврологические, нейровизуальные, медикаментозные, биохимические, иммуно-воспалительные, генетические и центральные (мозговые). Одним из самых существенных факторов ПИУ считается наличие у пациентов усталости в доинсультном периоде. По разным данным у пациентов с ПИУ доинсультная усталость присутствует в 11%–64% случаев. В частности, у пациентов, указывавших на наличие усталости в доинсультном периоде, вероятность ПИУ (по шкале FSS) достоверно увеличивалась как в остром периоде инсультов (в 4,89 раза, 95% ДИ, 2,13–11,21), так и через 3 месяца после инсульта (в 3,7 раза, 95% ДИ, 1,6–8,3).

Ключевые слова: инсульт, постинсультное утомление, нарушение, кровообращение.

Фактором риска возникновения ПИУ является низкий уровень физической активности в доинсультном периоде [2, с. 802]. Хроническая гиподинамия до инсульта ассоциировалась с достоверным увеличением в 4,01 раза (95% ДИ, 1,95–8,24) риска ПИУ (по шкале FSS) в остром периоде инсульта [1].

Усталость является субъективным феноменом, восприятие которого во многом определяется психологическими факторами, поэтому важно провести анализ связей ПИУ именно с расстройствами эмоционально-поведенческой сферы, особенно учитывая то, что

пациенты с ПИУ — группа риска в отношении суицидального поведения.

Прежде всего, при рассмотрении ассоциаций между депрессивными расстройствами и ПИУ необходимо подчеркнуть, что это отдельные, самостоятельные феномены. По данным различных исследований у пациентов с ПИУ депрессивные признаки отсутствуют от 23% до 71% случаев [2, с. 803; 3, с. 1829; 4, с. 332]. Систематический обзор лонгитюдных исследований течения ПИУ показал, что ПИУ и депрессия в большинстве случаев являются отдельными патологическими процессами,

которые разведены во времени. Кроме того, антидепрессанты, эффективные в лечении постинсультной депрессии, не проявляют значимых эффектов в отношении ПИУ.

Депрессивные расстройства могут быть как одним из этиологических факторов, так и фактором, способствующим ее усилению и хронизации. Согласно систематическому обзору, в подавляющем большинстве исследований (в 45 из 48) найдены зависимости между показателями депрессии и ПИУ [5, с. 123], и только в трех работах они не наблюдались [1; 26 с. 809; 3, с. 1831].

Мета-анализ результатов девятнадцати исследований (6712 пациентов) выявил, что депрессия ассоциируется с достоверным увеличением в 4,14 раза (95% ДИ, 2,736–27) относительного риска ПИУ [1; 2, с. 807; 3, с. 1828; 4, с. 335; 5, с. 124; 6, с. 692; 7, с. 1138; 8, с. 1053; 9; 10; 11]. ПИУ-многокомпонентный феномен, отдельные ее составляющие могут иметь различные связи с депрессивными расстройствами. Например, психическая составляющая ПИУ (нарушение концентрации) значительно сильнее ассоциируется с депрессией, чем физический компонент ПИУ. Согласно данным [6, с. 698] уже в остром периоде инсультов степень депрессивных расстройств по шкале HADS прямо коррелировал со степенью глобальной ПИУ по субшкале глобальной усталости (СГУ) MFI-20 ($r=0,21$, $p<0,05$), а также с выраженностью всех компонентов ПИУ, согласно соответствующих субшкал MFI-20: физического ($r=0,28$, $p<0,01$), психического ($r=0,46$, $p<0,01$), мотивационного ($r=0,44$, $p<0,01$), сниженной активности ($r=0,40$, $p<0,01$).

Причем, ассоциации депрессивных расстройств и ПИУ могут быть разведены во времени: наличие депрессивных расстройств в остром периоде инсульта ассоциируется с достоверным повышением риска ПИУ (по шкале FSS) через 4 года после инсульта в 1,18 раза (95% ДИ, 1,01–1,39) [7, с. 1140].

Степень выраженности депрессивных расстройств (по шкале HADS) прямо коррелировала с интенсивностью ПИУ (по шкале FSS) в течение первого постинсультного года [7, с. 1141].

ПИУ же, в свою очередь, может осложняться развитием депрессивных расстройств: пациенты с ПИУ и их близкие, будучи неосведомленными с природой ПИУ, часто выбирают неправильную стратегию приспособления к новым условиям существования (невозможность осуществлять доинсультную активность, увеличенная потребность в отдыхе и (или) сне), что может вызвать вторичные психо-эмоциональные (в том числе и депрессивные) нарушения.

Заслуживает внимания и роль тревоги в развитии ПИУ. В многочисленных исследованиях найдены прямые связи между тревожными расстройствами и ПИУ в различные постинсультные сроки (от 1 до 18 месяцев) [6, с. 692; 7, с. 1142; 8, с. 1053; 9]. И только в единичных работах эти связи отрицаются [11]. Важно, что эти связи могут быть разведены во времени: наличие тревожных расстройств (по шкале HADS) через 1 месяц после инсульта были независимым предиктором риска и степени выраженности ПИУ (по шкале FAS) через 6 и 12 месяцев после инсульта.

Существует мнение, что связь тревожных расстройств и ПИУ, вероятно, в значительной мере опосредуется именно наличием депрессивных состояний: стратифицированная цель — анализ результатов двух исследований, в которых не учитывалась возможность сопутствующей депрессии (всего 217 пациентов), обнаружил, что тревожные расстройства ассоциируются с достоверным увеличением в 5,34 раза (95% ДИ, 4,70–6,07) относительного риска возникновения ПИУ. Вместе с тем, стратифицированный метаанализ результатов двух других исследований (в целом 3717 пациентов), что учитывали одновременное наличие депрессивных нарушений, показал, что тревожные расстройства ассоциируются с достоверным увеличением относительного риска ПИУ только в 1,25 раза (95% ДИ, 1,14–1,38) [12, с. 1597].

В отличие от депрессивных расстройств, тревожные расстройства ассоциируются только с определенными компонентами пол. В работе японских ученых тревожные расстройства (по шкале HADS) имели достоверные корреляции только с глобальной ПИУ (согласно СГУ MFI-20) и физическим компонентом ПИУ (согласно субшкале физической усталости (СФУ) MFI-20) — $r=0,47$ ($p<0,01$) и $r=0,32$ ($p<0,01$), соответственно. .

В литературе существуют многочисленные объяснения связей между тревожными расстройствами и усталостью, но при патологических состояниях, не связанных с пол: тревога увеличивает напряженность скелетных мышц и, соответственно, их энергозатраты, тревога увеличивает уровень циркулирующих гормонов стресса (в частности, кортизола), в эксперименте на животных тревожные состояния негативно влияют на процессы нейропластичности, что косвенно связано с усталостью [12, с. 1593].

Также выявлены определенные закономерности между другими эмоциональными расстройствами и пол. Существуют прямые достоверные ассоциации между наличием апатии (по шкале Starkrstein) и риском ПИУ (по шкале FAS), между выраженностью апатии и интенсивностью ПИУ через 1 месяц после инсультов [13, с. 1876].

До сих пор в литературе существует довольно ограниченная информация относительно роли биохимических факторов в этиопатогенезе Пи С.

В качестве биохимического фактора развития ПИУ рассматривают гипергликемию. В целом постинсультная транзиторная гипергликемия (ПТГ) является довольно распространенным явлением: у двух третей пациентов во время госпитализации по поводу ишемических инсультов уровень глюкозы крови выше, чем 6,0 миллимоль (ммоль)/литр (л). ПТГ имеет комплексное происхождение и рассматривается как результат стрессовой реакции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси и симпатической нервной системы на повреждение, с выделением контринсулярных субстанций (кортизола и катехоламин).

В общем гипергликемия во время развития инсульта ассоциируется с негативными клиническими и функциональными последствиями через провоцирование в зоне ишемической пенумбры анаэробного метаболизма глюкозы, что, в свою очередь, сопровождается развитием лактатацидоза, митохондриальной дисфункции, гиперпродукции свободных радикалов, повышенной глутаматергической нейротоксичности, повышение проницаемости гематоэнцефалического барьера и т.п.

В остром периоде инсультов найдены прямые корреляции между повышенным уровнем глюкозы крови в остром периоде инсультов и риском ПИУ (по шкале FSS), между показателями гипергликемии и интенсивностью ПИУ.

У 45 пациентов уровень глюкозы крови в первые 72 часа от начала инсульта прямо коррелировал с выраженностью ПИУ (по шкале FSS) через 6 месяцев ($r=0,37$; $p=0,017$) и через 12 месяцев ($r=0,37$; $p=0,016$) после инсульта [19].

Среди других биохимических факторов в остром периоде инсультов, ассоциирующихся с риском ПИУ, отмечают высокие показатели мочевого кислоты крови, гомоцистеина крови, дефицит витамина B12 у пациентов с лакунарными инсультами [19].

В работах, посвященных гормональным нарушениям в патогенезе ПИУ, не найдено каких-либо ассоциаций между риском ПИУ и уровнями кортизола, адренокортикотропного гормона в крови, уровнем кортизола в слюне, уровнями тиреотропного гормона и тироксина в крови, уровнем меланоцит-стимулирующего гормона в крови.

В качестве возможных этиопатогенетических факторов ПИУ в наше время активно изучаются имму-

но-воспалительные сдвиги в виде постишемического воспалительного ответа и синдрома системного хронического воспаления.

В целом роль воспаления в генезе усталости базируется на целом ряде клинических феноменов. Усталость является общим симптомом у пациентов с различными хроническими иммуно-воспалительными заболеваниями. Усталость-облигатное состояние при инфекционной патологии. Назначение провоспалительных цитокинов здоровым индивидуумам сопровождается ощущением усталости. Модуляция воспалительных процессов с помощью агонистов цитокинов сопровождается уменьшением чувства усталости.

Иммуно-воспалительные процессы локального церебрального, так и системного характера сопровождаются цитокин-индуцированной "болезненным поведением", включающий, наряду с чувством усталости, снижение двигательной активности, сонливость, нарушение когнитивной сферы, апатию, ангедонию, избегание социальной активности, снижения аппетита и тому подобное.

При повреждении ткани мозга как ишемического, так и геморрагического генеза, из некротизированных клеток высвобождаются молекулярные паттерны, ассоциированных с опасностью (DAMP). DAMP распознаются TLR на поверхности микроглии. Связывание DAMP с TLR инициирует NF- κ B сигнальный каскад с индукцией синтеза ИЛ-1 β резидентными иммунными клетками мозга и иммунными клетками, рекрутируются из крови. ИЛ-1 β синтезируется в виде прекурсора, который модифицируется с помощью инфламаса (внутриклеточный протеиновый комплекс) NLRP3 до зрелого ИЛ-1 β . ИЛ-1 β секретируется в экстрацеллюлярное пространство, увлекается рецепторами ИЛ-1 соседних клеток, что индуцирует дальнейший синтез ИЛ-1 β , а также синтез других провоспалительных цитокинов, хемокинов, протеаз. Повреждение гемато-энцефалического барьера с высвобождением провоспалительных субстанций сопровождается миграцией циркулирующих моноцитов, нейтрофилов и Т-лимфоцитов к месту поражения [21]. Инфильтрированные в область церебрального повреждения лейкоциты дополнительно продуцируют провоспалительные вещества, которые через паракринные и аутокринные механизмы, в свою очередь, усиливают локальное воспаление и церебральное повреждение. Одновременно с постишемическим церебральным воспалением в организме происходят системные иммунологические изменения, в том числе и в периферической крови, в частности в виде значительного повышения уровней циркулирующих маркеров воспаления (ИЛ-1 β , ИЛ-6, С-РП и тому подобное). Важно, что иммуно-воспалительные реакции на пери-

ферии через разнообразные пути коммуникации стимулируют в дальнейшем воспалительные процессы в головном мозге.

До сих пор нет единой концепции того, через какие именно механизмы провоспалительные реакции вызывают чувство усталости.

Провоспалительные цитокины негативно влияют на состояние моноаминергических нейротрансмиссивных систем из-за нарушения процессов синтеза, накопления в микровезикулах, высвобождения и обратного захвата в синаптической щели серотонина и дофамина.

Провоспалительные субстанции активируют индоламин 2,3 диоксигеназу (фермент, инициирующий окислительную деградацию L-триптофана по кинурениновому пути) с уменьшением биодоступности триптофана для биосинтеза серотонина.

Провоспалительные медиаторы стимулируют активность фермента гуанозин-3-фосфат циклогидролазы, принимающего участие в синтезе неоптерина из тетрагидробиоптерина, а последний является эссенциальным кофактором в биосинтезе дофамина и серотонина.

Воспаление вызывает оксидантный стресс, сопровождающийся процессами нейродегенерации допаминергических нейронов мезостриарного и мезолимбического трактов.

Активация микроглии мозга при воспалении увеличивает чувствительность допаминергических систем в различных нейротоксических веществах.

Однако, вместе с тем, принимая во внимание неэффективность селективных ингибиторов обратного захвата серотонина в лечении ПИУ существуют обоснованные сомнения относительно прямого участия серотонинергических систем в генезисе ПИУ.

Воспаление сопровождается значительными изменениями метаболизма глутамата, в частности, провоспалительные цитокины ослабляют клиренс астроглий внеклеточного глутамата и нарушают глутаматную трансмиссию.

В последние годы все больше внимания уделяется генному полиморфизму в этиопатогенетических аспектах усталости. В систематическом обзоре, посвященном этой проблематике, подчеркивается, что независимо от нозологической принадлежности существуют определенные устойчивые ассоциации между характеристиками усталости и определенными ОНП генов, кодирующих разнообразные субстанции иммуно-вос-

палительных реакций (ФНО- α , ИЛ1 β , ИЛ-4, ИЛ-6 и тому подобное).

При повреждении ткани мозга (в том числе и при инсультах) высвобождаются различные DAMP (белки теплового шока, пероксидородоксини, амфотерин тому подобное). DAMP в качестве эндогенных лигандов взаимодействуют с TLR4 и активируют ядерный транскрипционный фактор κ B. Последний же взаимодействует с промотерными участками определенных генов и стимулирует их транскрипцию — генов, которые кодируют субстанции иммунного воспаления, оксидантного стресса, апоптоза: цитокины, хемокины, молекулы адгезии, белки острой фазы, матриксные металлопептидазы-9 и др [21].

Ген TLR4 располагается на коротком плече девятой хромосомы. На данный момент описано около 20 вариантов ОНП гена TLR4, два из которых имеют частоту более 5%: 896 аденозин (A) / гуанин (G) (аспартат (Asp) 299 глицин (Gly); rs4986790) и 1196C/T (тирозин (Thr) 399 изолейцин (Ile); rs4986791). У европейцев минорные аллели ОНП 896A / G и 1196C / T гена TLR4 в подавляющем количестве случаев являются ко-сегрегационными (наследуются совместно). Минорный вариант ОНП 896A/G гена TLR4 является заменой аденозина на гуанин в положении 896 экзона 3, а минорный вариант ОНП 1196C/T гена TLR4 — заменой цитозину на тимин в положении 1196 экзона 3. Соответствующие минорные варианты сопровождаются заменой аспартата на глицин в 299 позиции (Asp299Gly) и заменой тирозина на изолейцин в 399 позиции (Thr399Ile) экстрацеллюлярного домена TLR4 [22, с. 510].

ОНП 896A/G и ОНП 1196C/T гена TLR4 ассоциируются со снижением распознавания соответствующих лигандов TLR4 и нарушением проведения сигнала от активированного TLR4 внутрь клетки, что, в конечном итоге, ведет к модификации иммунных и воспалительных реакций.

До сих пор существуют единичные исследования ассоциаций между ОНП 896A/G, ОНП 1196C/T гена TLR4 и клиническими особенностями инсультов.

В популяции Забайкальского края Российской Федерации е 128 пациентов с инсультами отмечалось достоверно чаще носительство аллеля А ОНП 896A/G гена TLR4 по сравнению с контрольной группой (113 человек) — 0,79 против 0,69. Фактическое распределение генотипов ОНП 896A/G гена TLR4 у пациентов с инсультами достоверно отклоняется от равновесия Харди-Вайнберга ($\chi^2=25,6$, $p<0,001$), преимущественно за счет гетерозиготности. Кроме того, аллель G ассоциировался с достоверно повышенным

уровнем ИЛ-1 β , а аллель А — с достоверно повышенным уровнем ИЛ-6 крови в остром периоде инсульта [23, с. 272].

В пользу центрального происхождения ПИУ есть также и тот факт, что ПИУ, в зависимости от локализации поражения, может патогенетически отличаться. По данным нейровизуализации у пациентов с подкорковыми инсультами наблюдалась тенденция к более выраженной физической усталости, а у пациентов с поражением коры мозга — к более выраженной когнитивной усталости (согласно опросника *Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions*). Прием модафинила (аналептик и психостимулятор для лечения нарколепсии и патологической сонливости) снижал выраженность ПИУ у пациентов со стволовыми и диэнцефальными инсультами (через посредство восходящей активирующей ретикулярной формации), но не проявлял эффектов при кортикальных инсультах. Усталость также может быть результатом разъединения связей между островковой

долей, лобной долей и корой передней поясной извилины — структур, ассоциирующихся с волевыми актами и сознательным моторным поведением.

Заключение

ПИУ может возникать вследствие поражения восходящей активирующей ретикулярной формации ствола мозга из-за нарушения процессов внимания, снижения скорости психических процессов, снижения двигательной активности.

Таким образом, до настоящего времени в литературе существуют весьма противоречивые данные относительно взаимоотношений между широким многообразием отдельных факторов и клиническими особенностями пол. Не изучены ассоциации между отдельными факторами и клиническими особенностями ПИУ после инсультов и ТИА. Поэтому эта проблема требует дальнейшего изучения и детализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barritt A.W., and Smithard D.G. (2011) Targeting fatigue in stroke patients. *ISRN Neurol.* 2011:805646. doi: 10.5402/2011/805646
2. Becker K.J. (2016). Inflammation and the silent sequelae of stroke. *Neurotherapeutics* 13, 801–810. doi: 10.1007/s13311-016-0451-5
3. Bensimon K., Herrmann N., Swardfager W., Yi H., Black S.E., Gao, F.-Q. et al. (2014) Kynurenine depressive symptoms in a poststroke population. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 10, 1827–1835. doi: 10.2147/NDT.S65740
4. Choi-Kwon S., and Kim J.S. (2011). Poststroke fatigue: an emerging, critical issue in stroke medicine. *Int. J. Stroke* 6, 328–336. doi: 10.1111/j.1747-4949.2011.00624.x
5. Cumming T.B., Churilov L., Linden T., and Bernhardt J. (2013). Montreal cognitive assessment and mini-mental state examination are both valid cognitive tools in stroke. *Acta Neurol. Scand.* 128, 122–129. doi: 10.1111/ane.12084
6. Di Napoli M., Godo D.A., Campi V., Masotti L., Smith C.J., Parry Jones A.R., et al. (2012). C-reactive protein in intracerebral hemorrhage: time course, tissue localization, and prognosis. *Neurology* 79, 690–699. doi: 10.1212/WNL.0b013e318264e3be
7. Doraiswamy P.M., Krishnan K.R.R., Oxman T., Jenkyn L.R., Coffey D.J., Burt T., et al. (2003) Does antidepressant therapy improve cognition in elderly depressed patients? *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 58, M1137–M1144. doi: 10.1093/gerona/58.12.M1137
8. Duncan F., Lewis S.J., Greig C.A., Dennis M.S., Sharpe M., MacLulich A.M., et al. (2015). Exploratory longitudinal cohort study of associations of fatigue after stroke. *Stroke* 46, 1052–1058. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.008079
9. Elf M., Eriksson G., Johansson S., von Koch L., and Ytterberg C. (2016). Self-reported fatigue and associated factors six years after stroke. *PLoS ONE* 11: e0161942. doi: 10.1371/journal.pone.0161942
10. Gold A.B., Herrmann N., Swardfager W., Black S.E., Aviv R.I., Tennen G., et al. (2011). The relationship between indoleamine 2,3-dioxygenase activity and post-stroke cognitive impairment. *J. Neuroinflammation* 8:17. doi: 10.1186/1742-2094-8-17
11. Hayes A.F. (2013). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach*. Guilford Press, 507 pages.
12. Jiao J.-T., Cheng C., Ma Y.-J., Huang J., Dai M.-C., Jiang C., et al. (2016). Association between inflammatory cytokines and the risk of post-stroke depression, and the effect of depression on outcomes of patients with ischemic stroke in a 2-year prospective study. *Exp. Ther. Med.* 12, 1591–1598. doi: 10.3892/etm.2016.3494
13. Kauhanen M., Korpelainen J.T., Hiltunen P., Brusin E., Mononen H., Määttä, R., et al. (1999). Poststroke depression correlates with cognitive impairment and neurological deficits. *Stroke* 30, 1875–1880. doi: 10.1161/01.STR.30.9.1875
14. Kutlubaev M.A., Duncan F.H., and Mead G.E. (2012). Biological correlates of post-stroke fatigue: a systematic review. *Acta Neurol. Scand.* 125, 219–227. doi: 10.1111/j.1600-0404.2011.01618.x

© Джибилов Аслан Юрьевич (aslan.dzhibilov@mail.ru),

Хамгокова Инна Ураловна (inna19882008@mail.ru), Хашкулова Замират Мухадиновна (khashzamira@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА ПРИ ОРТОГНАТИЧЕСКОМ ПРИКУСЕ

FEATURES OF THE GROWTH OF THE FACIAL SKELETON IN ORTHOGNATHIC BITE

**E. Zhulev
P. Goldobina
E. Nikolaeva**

Summary. For the successful treatment of anomalies of the dentition, it is necessary to understand the patterns of development of the body and the growth of facial bones. The starting point for studying the pathogenesis of malocclusion is the orthognathic bite. Previous studies for this purpose are based primarily on the assessment of linear and angular parameters that characterize the relationship of facial structures. However, there are practically no works devoted to the study of the growth features of the facial skeleton in orthognathic occlusion, or they indirectly relate to this issue. The aim of this work was to study the features of the growth of the facial skeleton with orthognathic occlusion using X-ray cephalometric (RCM) analysis. The material for the study was 61 teleroentgenograms in the lateral projection of persons with orthognathic bite from 16 to 27 years old (32 men and 29 women), who assessed the height-depth structure of the facial skeleton according to the method we developed. The results of the study showed a fairly pronounced variability in the structure of its structures. Statistical analysis made it possible to establish that with orthognathic occlusion there is an increase in the height of the facial skeleton during the transition from its neutral type of growth to the predominance of the vertical one and a decrease in the height of the facial skeleton during the transition from the neutral type of growth with a tendency to horizontal.

Keywords: orthognathic bite, type of growth of the facial skeleton.

Жулев Евгений Николаевич

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский
исследовательский медицинский университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)*

Голдобина Полина Владимировна

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Приволжский
исследовательский медицинский университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)*

Николаева Елена Юрьевна

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Приволжский
исследовательский медицинский университет»
Минздрава России (г. Нижний Новгород)*

Аннотация. Для успешного лечения аномалий зубочелюстной системы (АЗС) необходимо понимать закономерности развития организма и роста лицевых костей. Отправным пунктом для изучения патогенеза аномалий АЗС является ортогнатический прикус. Проведенные ранее для этой цели исследования основаны, прежде всего, на оценке линейных и угловых параметров, характеризующих взаимоотношение лицевых структур. Однако работ, посвященных изучению особенностей роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе практически нет, либо они косвенно касаются этого вопроса. Целью данной работы явилось изучение с помощью рентгеноцефалометрического (РЦМ) анализа особенностей роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе. Материалом для исследования послужили 61 ТРГ в боковой проекции лиц с ортогнатическим прикусом от 16 до 27 лет (32 мужчин и 29 женщин), которым была проведена оценка высотно-глубинного строения лицевого скелета по разработанной нами методике. Результаты исследования показали достаточно выраженную вариабельность в строении его структур. Статистический анализ позволил установить, что при ортогнатическом прикусе наблюдается увеличение высоты лицевого скелета при переходе от его нейтрального типа роста к преобладанию вертикального и уменьшение высоты лицевого скелета при переходе от нейтрального типа роста с тенденцией к горизонтальному.

Ключевые слова: ортогнатический прикус, тип роста лицевого скелета.

Введение

Для достижения точной диагностики аномалий зубочелюстной системы используются РЦМ-параметры нормы. Однако проведенные в этом направлении исследования показали, что изучение лишь линейных и угловых параметров без учета высотно-глубинного строения лицевого скелета часто затрудняет выявление патогенеза, диагностику и препятствует достижению высокоэффективного лечения

ортодонтических аномалий [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11]. Лицевой скелет при ортогнатическом прикусе как эталоне нормы строения зубочелюстной системы характеризуется определенной совокупностью РЦМ — параметров, которые имеют определенную степень вариабельности, зависящей, прежде всего, от типа роста лицевого скелета. Однако работ, посвященных изучению этих взаимосвязей, до сих пор практически нет. Именно это обстоятельство послужило поводом для проведения настоящего исследования.

Таблица 1. Рентгеноцефалометрические параметры для изучения различных типов роста лицевого скелета

№	Индексы определения типа роста лицевого скелета	Тип роста лицевого скелета		
		нейтральный	горизонтальный	вертикальный
1	(or-gn) * 100/ss' - cc'	110,0 ± 9,0	<101	>119
2	co (n-pg)*100/icm(n-se)	88,0 ± 6,0	>94	< 82
3	or (co-go) * 100/or (me-com)	90,5 ± 4,5	>95	< 86
4	co (n-ss) * 100 /fn (n-se)	170,0 ± 10	>180	<160
5	ss (se-ram) * 100 /fn (n-se) + fn (me-com)	70,5 ± 4,5	>75	< 66

Таблица 2. Распределение типов роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе на основании индексной оценки

№	Индексы типа роста лицевого скелета	Типы роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе (n=61)		
		Нейтральный тип роста - 20	Тенденция к горизонтальному типу роста -20	Тенденция к вертикальному типу роста - 21
1	(or-gn) * 100/ss' - cc'	107,55±1,968	99,26±4,01	117,05±3,455
2	co (n-pg)*100/icm(n-se)	86,91±0,9239	94,44±5,883	81,15±2,949
3	or (co-go) * 100/or (me-com)	89,85±0,9055	95,21±3,846	85,00±1,978
4	co (n-ss) * 100 /fn (n-se)	173,91±2,368	184,2±5,403	164±5,053
5	ss (se-ram) * 100 /fn (n-se) + fn (me-com)	72,43±0,6306	75,99±1,774	68,53±3,189

Таблица 3. Значения РЦМ — параметров индексов № 1–5 при различных типах роста лицевого скелета при ортогнатическом прикусе

РЦМ-параметры	Тип роста лицевого скелета (среднее ± стандартное отклонение)		
	Нейтральный тип роста - 20	Тенденция к горизонтальному типу роста - 20	Тенденция к вертикальному типу роста - 21
or-gn	90,65±4,133	84,8±5,653	95,43±5,482
ss'-cc'	84,3±3,827	85,45±4,807	81,76±4,679
co (n-pg)	87,75±4,204	88,1±5,739	84,9±4,918
icm (n-se)	101±5,429	94,2±8,954	104,7±6,357
or(co-go)	73,9 ± 4,191	75,65 ± 4,913	74,24 ± 4,805
or (me-com)	82,25 ± 4,587	79,5 ± 4,947	87,33 ± 5,199
co(n-ss)	88,85±4,727	89,95±5,063	86,24±4,146
fn (n-se)	51,1±2,864	48,85±2,54	52,62±2,692
ss (se-ram)	88,85±4,727	89,95±5,063	86,24±4,146
fn (n-se)	51,1±2,864	48,85±2,54	52,62±2,692
fn (me-com)	56,3±4,747	54,2±3,928	60,24±6,587

Цель работы

Изучение рентгеноцефалометрической картины строения лицевого скелета при ортогнатическом прикусе в сочетании с различными типами роста.

Материалы и методы

С целью получения рентгеноцефалометрической картины строения лицевого скелета при ортогнатиче-

ском прикусе нами было изучено 61 ТРГ лиц молодого возраста от 16 до 27 лет (м-32, ж-29) из архива кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии ФГБОУ ВО «ПИМУ». Для определения типа роста лицевого скелета использовалась разработанная нами методика, основанная на оценке 5 параметров, отражающих высотно-глубинное строение лицевого скелета (таблица 1) [3]. Кроме того, были изучены особенности строения верхней и нижней челюстей, а также соотношения отдельных структур челюстно-лицевой

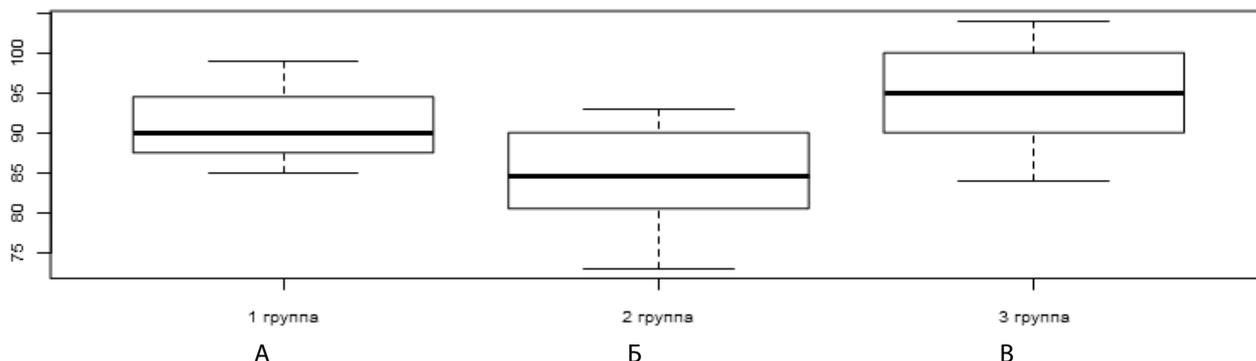


Рис. 1. Распределение значений высоты лица (or-gn) в индексе № 1 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета

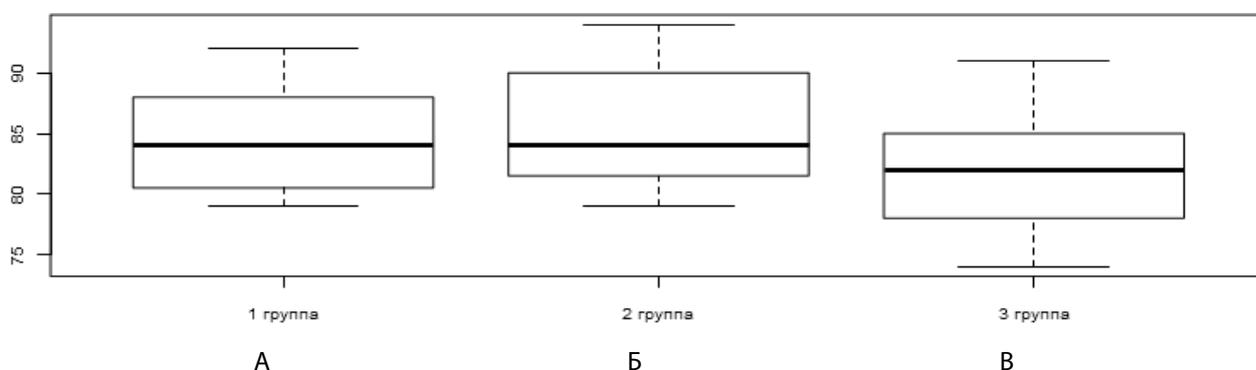


Рис. 2. Распределение значений глубины лица (ss'-cc') в индексе № 1 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета

области на основании анализа ТРГ в боковой проекции.

Исследованные нами ТРГ 61 обследованного с ортогнатическим прикусом были разделены на следующие группы: лица с нейтральным типом роста (20), с тенденцией к горизонтальному типу (20) и лица с тенденцией к вертикальному типу (21) (таблица 2).

Для изучения степени влияния отдельных рентгеноцефалометрических параметров на значение каждого индекса роста лицевого скелета мы применили специальную методику, с помощью которой были оценены средние значения РЦМ-параметров, отражающих висотно-глубинное строение лицевого скелета (табл. 3).

С целью статистической обработки полученных данных применялись непараметрические критерии Краскала-Уоллиса и Манна-Уитни.

Результаты исследования

У лиц с ортогнатическим прикусом и нейтральным типом роста мы наблюдали изменения от среднего

значения индекса в сторону его крайних значений — увеличения или уменьшения. При изменениях отдельных висотно-глубинных РЦМ-параметров происходит переход от идеально — нейтрального к нейтральному с тенденцией к горизонтальному и вертикальному типам роста.

При анализе 1-го индекса (висотно-глубинный индекс Бимлера) мы наблюдали нейтральный тип роста, обусловленный определенными значениями РЦМ-параметров, отражающих висотно-глубинное строение лицевого скелета (табл. 4): среднее значение индекса составило $107,55 \pm 1,968$, при этом среднее значение высоты лица (or-gn) было $90,65 \pm 4,133$, а глубины (ss'-cc') — $84,3 \pm 3,827$. При тенденции к горизонтальному типу роста значение индекса № 1 уменьшается, при этом наблюдается уменьшение высоты лица ($84,8 \pm 5,653$) и незначительное увеличение ее глубины ($85,45 \pm 4,807$) в сравнении с группой с нейтральным («идеальным») типом роста. При тенденции к вертикальному типу роста наблюдается увеличение индекса № 1 ($117,05 \pm 3,455$) по сравнению с нейтральным и горизонтальными типами. В сравнении с нейтральным типом роста происходит увеличение высоты лица

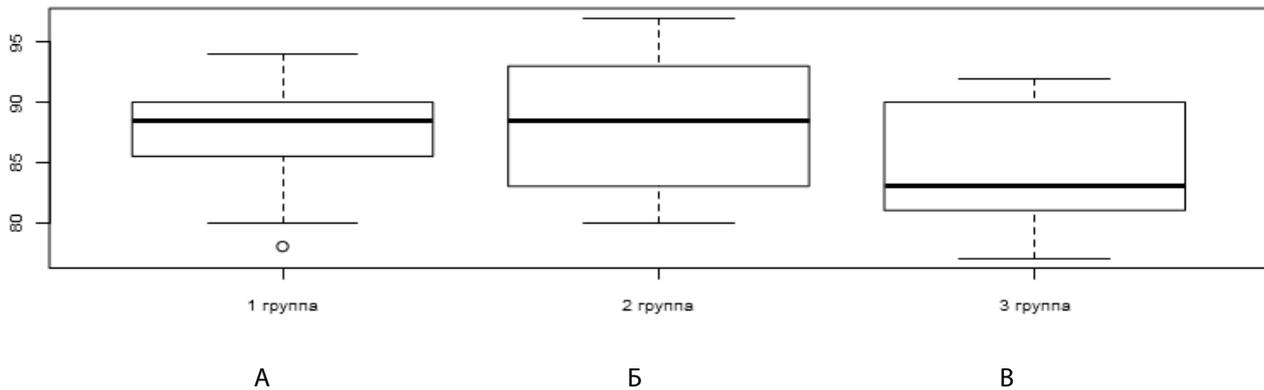


Рис. 3. Распределение значений глубины лица (co(n-pg)) в индексе № 2 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета.

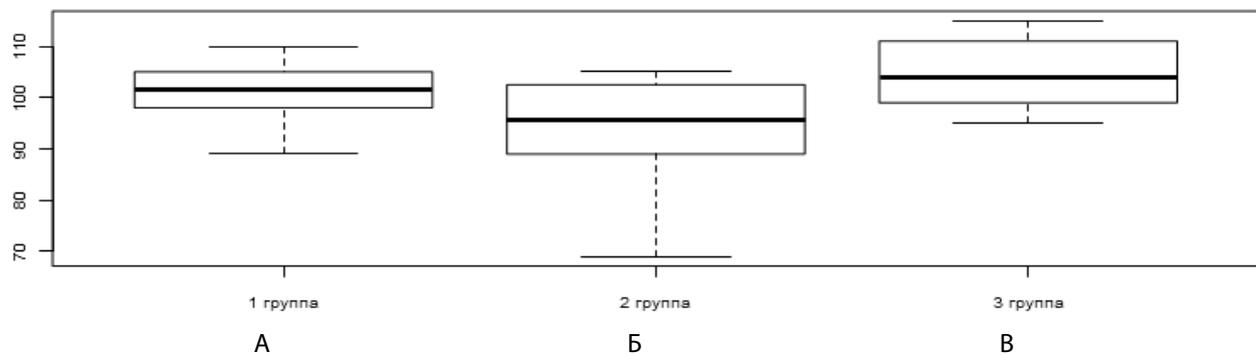


Рис. 4. Распределение значений высоты лица (icm(n-se)) в индексе № 2 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета.

(95,43±5,482) и уменьшение его глубины (81,76±4,679) (рис. 1, 2.).

При ортогнатическом прикусе в сочетании с нейтральным типом роста индекс № 2 имеет значение 86,91±0,9239, среднее значение общей глубины лица (co(n-pg)) составило 87,75±4,204, а высоты лица (icm(n-se)) — 101±5,429. При изменении значений индекса от нейтрального к горизонтальному типу роста в индексе № 2 (среднее значение индекса 94,44±5,883) мы наблюдали незначительное увеличение глубины лица (88,1±5,739) при значимом уменьшении его высоты (94,2±8,954). При тенденции к вертикальному типу роста происходило уменьшение индекса № 2 (среднее значение индекса 81,15±2,949), при этом увеличение высоты лица (104,7±6,357) сопровождалось уменьшением ее глубины (84,9±4,918) (рис. 3, 4.).

При анализе группы лиц с нейтральным типом роста индекс № 3 показал среднее значение равное 89,85±0,9055, при этом значение глубины лица (or(co-go)) составило 73,9 ± 4,191, а высоты лица (or(me-com)) 82,25 ± 4,587. При изменении индекса от нейтрального

к вертикальному типу роста мы наблюдали уменьшение средних его значений (85,00±1,). При этом высота и глубина лица менялись незначительно. При тенденции к горизонтальному типу роста наблюдается значительное увеличение индекса № 3 (95,21±3,846) и высоты лица в сравнении с нейтральным типом роста (87,33 ± 5,199) (рис. 5, 6.).

При анализе индекса № 4 было установлено, что при нейтральном типе роста среднее значение индекса составило 173,91±2,368, при этом средние значения глубины средней зоны лица (co(n-ss)) и ее высоты (fn(n-se)) составили 88,85±4,727 и 51,1±2,864 соответственно. При тенденции к вертикальному и горизонтальному типам роста наблюдается уменьшение (164±5,053) и увеличение (184,2±5,403) его среднего значения. Однако анализ значений РЦМ-параметров, входящих в индекс № 4, не показал значимых различий в высоте и глубине средней зоны лица между группами с нейтральным типом роста и тенденцией к вертикальному, группами с нейтральным типом роста и тенденцией к горизонтальному, а группы с тенденцией к горизонтальному и вертикальному типам роста были различимы лишь по высоте средней зоны лица.

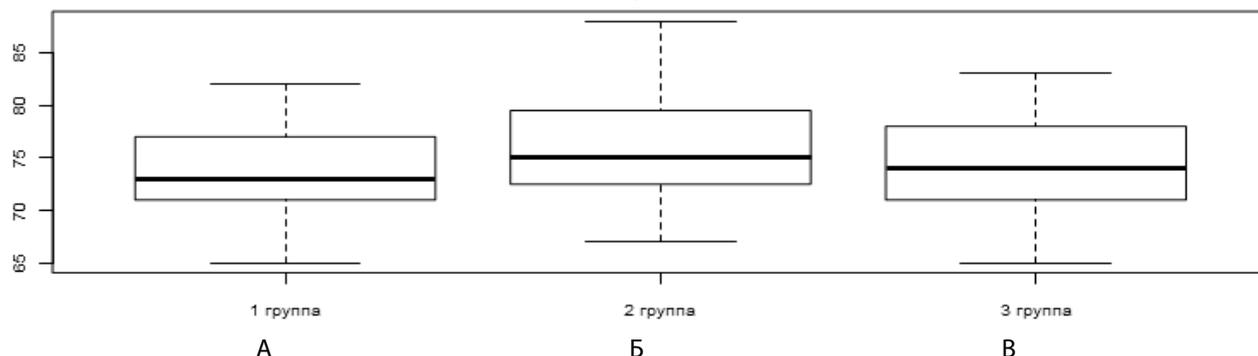


Рис. 5. Распределение значений глубины лица (or(co-go)) в индексе № 3 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета.

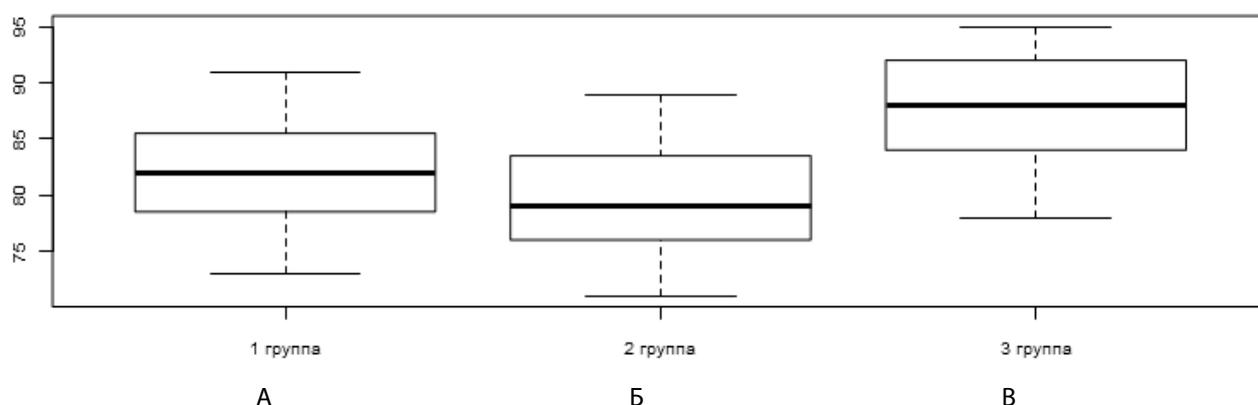


Рис. 6. Распределение значений высоты лица (or(me-com)) в индексе № 3 при нейтральном (А), горизонтальном (Б) и вертикальном (В) типах роста лицевого скелета.

Анализ индекса № 5 при ортогнатическом прикусе показал увеличение средних его значений при тенденции к горизонтальному типу роста ($75,99 \pm 1,774$) и уменьшение при тенденции к вертикальному ($68,53 \pm 3,189$) в сравнении с нейтральным ($72,43 \pm 0,6306$). РЦМ-параметры, входящие в индекс № 5, показали значительное увеличение высоты среднего отдела гнатической части (fn (me-com)) лицевого скелета при вертикальном типе роста в сравнении с нейтральным и горизонтальным.

Анализ индексов с использованием метода Краскела — Уоллиса показал, что группы с нейтральным, тенденцией к горизонтальному и тенденцией к вертикальному типам роста отличаются друг от друга по индексу № 1, высоте лица по Бимлеру (or-gn), индексу № 2, высоте лица (icm(n-se)), индексу № 3, высоте лица (or(me-com)), индексу № 4, высоте средней зоны лица (fn (n-se)), индексу № 5, высоте среднего отдела гнатической части лица (fn (me-com)) ($p < 0,012$).

Для определения степени отличия лиц с идеально-нейтральным, тенденцией к горизонтальному и вертикальному типам роста мы провели попарное срав-

нение групп с использованием критерия Манна-Уитни (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что обследуемые лица с нейтральными и тенденцией к горизонтальному типу роста различимы по индексам № 1–5, высоте лица (or-gn, icm (n-se)), высоте средней зоны лица (fn (n-se)). Группы лиц с нейтральным типом роста и тенденцией к вертикальному типу роста различимы по индексам № 1–5, высоте лица (or-gn, or (me-com)), а группы с тенденцией к горизонтальному типу роста и тенденцией к вертикальному различимы между собой по индексам № 1–5, и параметрам, отражающим высоту лица (or-gn, icm (n-se), or (me-com), fn (n-se), fn (me-com)).

На основании проведенного нами анализа индексной оценки типов роста лицевого скелета можно сделать вывод о том, что при ортогнатическом прикусе наблюдаются достаточно выраженные отклонения в высотно-глубинном строении лицевого скелета. Однако эти изменения происходят в основном за счет увеличения и уменьшения различных параметров, характеризующих прежде всего высотные размеры лица.

Таблица 4. Значение критерия Манна-Уитни при сравнении индексов № 1–5 и РЦМ-параметров

Сравниваемые параметры	Группы сравнения					
	нейтральный тип роста и тенденция к горизонтальному типу роста		нейтральный тип роста и тенденция к вертикальному типу роста		тенденция к горизонтальному типу роста и тенденция к вертикальному типу роста	
	Критерий Манна-Уитни	Уровень достоверности (p)	Критерий Манна-Уитни	Уровень достоверности (p)	Критерий Манна-Уитни	Уровень достоверности (p)
Индекс № 1	400	<0,001***	0	<0,001***	0	<0,001***
or-gn	315	0,002**	100	0,004**	38,5	<0,001***
Индекс № 2	0	<0,001***	420	<0,001***	420	<0,001***
icm (n-se)	295,5	0,01*	147,5	0,1	70,5	<0,001***
Индекс № 3	0,5	<0,001***	420	<0,001***	420	<0,001***
or (me-com)	264	0,085	98,5	0,004**	62	<0,001***
Индекс № 4	0	<0,001***	420	<0,001***	420	<0,001***
fn (n-se)	286	0,02*	144,5	0,088	70	<0,001***
Индекс № 5	0	<0,001***	420	<0,001***	420	<0,001***
fn (me-com)	265,5	0,078	139,5	0,067	77	<0,001***

Таблица 5. Рентгеноцефалометрические параметры при ортогнатическом прикусе и различных типах роста лицевого скелета

РЦМ-показатели	Тип роста лицевого скелета					
	Нейтральный (n=20)		Тенденция к горизонтальному типу роста (n=20)		Тенденция к вертикальному типу роста (n=21)	
	Среднее+ станд. отклонение	Станд. ошибка среднего	Среднее+ станд. отклонение	Станд. ошибка среднего	Среднее+ станд. отклонение	Станд. ошибка среднего
sna-snp	51,63±4,33	0,63	54,44±3,48	1,22	51,38±4,84	1,63
me-go	74,17±4,88	0,76	75,32±3,96	0,81	76,35±3,95	0,63
gn-co	116,8±6,36	1,22	114,33±6,35	1,11	118,6±5,35	1,28
me-com	64,18±4,96	0,73	67,12±4,88	1,44	67,01±3,38	1,13
sna-snp/n-se	10,03±2,54	1,10	9,99±2,55	1,03	8,98±2,01	0,96
sna-snp/or-po	12,35±2,36	0,99	11,35±2,96	1,15	10,36±2,55	0,97
me-go/n-se	25,78±5,75	0,77	19,88±3,95	1,24	29,26±3,64	1,22
me-go/or-po	26,5±5,85	0,85	20,38±3,54	1,15	28,69±4,05	1,33
is-ms/n-se	15,3±2,35	1,05	14,99±2,38	0,96	15,66±2,01	1,54
sna-me	66,05±4,97	0,74	60,46±4,2	1,25	70,05±2,59	0,87
sna-snp/me-com	21,44±3,44	0,54	16,03±3,88	1,22	23,88±3,55	1,3
ais/sna-snp	5,66±2,18	0,34	3,99±1,88	0,58	8,3±3,65	1,22
ams/sna-snp	5,96±1,85	0,26	5,3±2,14	0,65	7,8±2,34	0,79
aII/me-com	18,17±2,55	0,39	15,98±1,45	0,45	19,35±2,07	0,68
ami/me-com	13,55±3,02	0,45	11,98±1,99	0,6	13,65±1,95	0,69
is/or-po	69,18±5,74	0,85	72,23±4,55	1,44	64,65±7,03	2,34
ms/or-po	38,32±5,12	0,78	41,22±4,05	1,26	32,44±6,36	2,13
ii/or-po	67,22±5,65	0,82	69,9±4,71	1,49	61,35±7,23	2,41
mi/or-po	39,77±4,8	0,71	43,88±3,88	1,23	34,39±6,99	2,33
n-ba/pt-gn	91,55±2,55	0,38	98,56±1,98	0,59	88,46±1,95	0,65

Изучение закономерностей строения челюстно-лицевой области при ортогнатическом прикусе и различных типах роста позволило получить следующие результаты (табл. 5).

При тенденции к горизонтальному типу роста размер верхней челюсти оставался в пределах допустимой нормы (sna-snr), но с уменьшением высоты альвеолярного отростка в переднем отделе (ais/sna-snr). Кроме того, мы наблюдали увеличение длины тела нижней челюсти (me-com) и более переднее положение подбородка. Укорочение же высоты его альвеолярного отростка наблюдалось как в переднем (ami/me-com) так и в заднем (ams/me-com) отделах. Уменьшение угла наклона нижней челюсти к основанию черепа (me-com/n-se) и франкфуртской горизонтали (me-com/or-po) сопровождалось уменьшением межчелюстного угла (sna-snr/me-com). Наряду с этим имело место снижение высоты нижней трети лица (sna-me) и увеличение лицевого угла Риккетса (n-ba/pt-gn).

При ортогнатическом прикусе с тенденцией к вертикальному типу роста наблюдается незначительное уменьшение размера верхней челюсти (sna-snr) с увеличением высоты ее альвеолярного отростка в переднем (ais/sna-snr) и заднем (ams/sna-snr) отделах. Увеличение размера нижней челюсти мы наблюдали, в основном, за счет увеличения ее тела (me-go). Увеличение наклона нижней челюсти к основанию черепа (me-go/n-se) и франкфуртской горизонтали (me-go/or-po) сопровождается более низким положением подбородочного отдела в лицевом скелете (me/Y).

Обсуждение

Полученные нами результаты изучения особенностей развития лицевого скелета при ортогнатическом прикусе показали достаточно выраженную вариабельность в строении его структур. На основании полученных данных мы пришли к выводу о том, что уже при ортогнатическом прикусе наблюдается изменение

типа роста лицевого скелета от идеально-нейтрального с тенденцией к горизонтальному или вертикальному, при которых происходят достаточно выраженные, подтвержденные статистическими данными, изменения в высотно-глубинном строении лицевого скелета. При крайних типах роста с тенденцией к вертикальному и горизонтальному еще сохраняется ортогнатическое соотношение зубных рядов. Эти изменения в строении лицевого скелета свидетельствуют прежде всего о том, что несмотря на тенденцию к изменению типа роста лицевой скелет проявляет компенсаторные изменения, обеспечивающие сохранение правильного, т.е. ортогнатического соотношения зубных рядов. Схожие данные были получены Пестриковой В.Н. [9]. Однако, в работе автора не показаны крайние формы ортогнатического прикуса, не проведен детальный анализ высотно-глубинного строения лицевого скелета [9].

Полученные нами данные имеют решающее значение для точной диагностики аномалий зубочелюстной системы.

Заключение

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. ортогнатический прикус характеризуется достаточно выраженной вариабельностью структур, отражающих высотно-глубинное строение лицевого скелета;
2. для ортогнатического прикуса характерно преобладание нейтрального типа роста, при котором, однако, наблюдаются крайние формы строения лицевого скелета, отражающие тенденции к изменению в сторону горизонтального и вертикального типов его роста;
3. изменения высотно-глубинного строения лицевого скелета при ортогнатическом прикусе свидетельствуют о существовании компенсаторных явлений, обеспечивающих сохранение ортогнатического соотношения зубных рядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аболмасов Н.Г. Ортодонтия: учебное пособие / Н.Г. Аболмасов, Н.Н. Аболмасов. — М.: МЕДпресс-информ, 2008. — 424 с.
2. Жулев Е.Н. Ортопедическая стоматология: учебник / Е.Н. Жулев. — М.: МИА (Медицинское информационное агентство), 2012. — 824 с.: ил.
3. Жулев Е.Н., Николаева Е.Ю., Голдобина П.В. Патент РФ № 2717273/ 19.03.2020 Способ оценки типа роста лицевого скелета [Текст]: пат. 2717273 Рос. Федерация. № 2717273 С1: МПК А61В6/14.
4. Персин Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник / Л.С. Персин [и др.]. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 640 с.: ил.
5. Трезубов В.Н. Ортодонтия: учебное пособие / В.Н. Трезубов, А.С. Щербakov, Р.А. Фадеев. — М: Медицинская книга, Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. — 148 с.
6. Фадеев Р.А. Выявление корреляционных связей между различными рентгеноцефалометрическими параметрами / Р.А. Фадеев, А.Н. Исправникова // Институт стоматологии. — 2009. — № 2. — С. 22–24.

7. Фадеев Р.А. Цефалометрическая диагностика зубочелюстных аномалий: учебное пособие / Р.А. Фадеев, В.В. Тимченко, Ю.П. Литовченко; Министерство здравоохранения Российской Федерации, Северо-Западный государственный медицинский университет имени ИИ. Мечникова. — Санкт-Петербург: Эко-Вектор, 2017. — 92, с.: ил.
8. Хорошилкина, Ф.Я. Соотношение основного направления роста лицевого отдела черепа при физиологической окклюзии, дистоокклюзии и врожденных типах профиля лица / Ф.Я. Хорошилкина, Л.П. Набатчикова, А.Г. Чобанян, А.А. Манучарян // Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. — 2011. — № 1. — С. 128–137.
9. Пестрикова В.Н. Рентгеноцефалометрическая диагностика и лечение дистальной окклюзии зубных рядов: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / В.Н. Пестрикова; науч. рук. Е.Н. Жулев. — Н. Новгород, 1999. — 187 с.
10. Отмахова Е.А. Рентгеноцефалометрическая диагностика и лечение мезиальной окклюзии: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.21 / Отмахова Елена Александровна. — Тверь, 2003. — 197 с.: ил.
11. Булекова О.В. Пределы ортодонтического вмешательства при лечении аномалий зубочелюстной системы: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.21 / Булекова Ольга Валентиновна. — Тверь, 2007. — 198 с.: ил.

© Жулев Евгений Николаевич, Голдобина Полина Владимировна, Николаева Елена Юрьевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Приволжский Исследовательский Медицинский Университет

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГЕРИАТРИЧЕСКИХ СИНДРОМОВ У ЛИЦ 65 ЛЕТ И СТАРШЕ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ НА УРОВНЕ ПЕРВИЧНОГО ЗВЕНА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

PREVALENCE OF GERIATRIC SYNDROMES AMONG PEOPLE AGED 65 YEARS AND OLDER WITH HYPERTENSION AT PRIMARY HEALTH CARE LEVEL

A. Zakharova

Summary. The analysis and assessment of the prevalence of geriatric syndromes in 399 patients with hypertension who received outpatient-polyclinic consultative medical care at the outpatient department of the Krasnoyarsk Regional Hospital for War Veterans at the age of 65–96 years (mean age 76.8 ± 8.0 years; 58.9% women). All patients underwent diagnostics of frailty syndrome using the questionnaire “Age is not a hindrance”. The average score on the “Age is not a hindrance” questionnaire in patients ≥ 65 years old with hypertension was 3.5 ± 0.1 points. The preliminary diagnosis of frailty syndrome was established in $70.7 \pm 2.3\%$, including in persons aged 65–79 years — $59.3 \pm 3.2\%$, 80 years and older — $86.3 \pm 2.7\%$, this category of patients is recommended a consultation of geriatrician. The most common geriatric syndromes were sensory deficits (visual and hearing impairments), cognitive impairments, anxiety-depressive disorders, more than half of the patients noted the presence of difficulties associated with walking.

Keywords: geriatric syndromes, arterial hypertension, older age groups, age is not a hindrance, primary health care.

Захарова Алёна Сергеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Красноярский
государственный медицинский университет имени
профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России,
Красноярск
as_zakharova@bk.ru

Аннотация. Проведены анализ и оценка распространенности гериатрических синдромов (ГС) у 399 пациентов с артериальной гипертензией (АГ), получивших амбулаторно-поликлиническую консультативную медицинскую помощь в поликлиническом отделении КГБУЗ «Красноярский краевой госпиталь для ветеранов войн» в возрасте 65–96 лет (средний возраст $76,8 \pm 8,0$ лет; 58,9% женщин). Всем пациентам проведена диагностика синдрома старческой астении (ССА) с использованием опросника «Возраст не помеха». Средний балл по опроснику «Возраст не помеха» у лиц ≥ 65 лет с АГ составил $3,5 \pm 0,1$ балла. Предварительный диагноз ССА установлен у $70,7 \pm 2,3\%$, в т.ч. у лиц в возрасте 65–79 лет — $59,3 \pm 3,2\%$, 80 лет и старше — $86,3 \pm 2,7\%$, данной категории пациентов рекомендована консультация врача-гериатра. Наиболее распространенными ГС являлись сенсорные дефициты (нарушения зрения и слуха), когнитивные нарушения, тревожно-депрессивные расстройства, более половины пациентов отмечали наличие трудностей, связанных с ходьбой.

Ключевые слова: гериатрические синдромы, артериальная гипертензия, старшие возрастные группы, возраст не помеха, первичное звено здравоохранения.

Введение

Доля лиц старших возрастных групп в общей популяции населения постоянно увеличивается. Организация медицинской, профилактической и реабилитационной помощи лицам данной категории населения является актуальным вопросом, стоящим перед здравоохранением в настоящее время [1]. Одной из ведущих причин снижения функциональных возможностей и смертности, помимо хронических неинфекционных заболеваний, лидирующим из которых является артериальная гипертензия (АГ), у лиц пожилого и старческого возраста является синдром старческой астении (ССА, синдром «хрупкости») [2].

По данным зарубежных исследований порядка 10%–10,7% людей старше 65 лет имеют ССА, который может увеличиваться у лиц старше 85 лет до 25–50% случаев [3–5]. Показатели могут варьироваться в зависимости от используемых методов оценки и определения самого понятия «хрупкости» [5]. По данным российских исследований среди населения г. Санкт-Петербурга (Колпино) 65 лет и старше распространенность данного синдрома в зависимости от подхода к его диагностике составляет от 21,1 до 43,9% [6].

Для выявления и предварительной оценки ССА в первичном звене здравоохранения на территории Российской Федерации в настоящее время утверждён

Таблица 1. Распространенность СА у лиц старших возрастных групп в зависимости от пола, %

Группа	Мужчины	Женщины	p для тренда
65–79 лет	47,7±4,8	69,7±4,2	<0,001
≥80 лет	76,4±5,7	91,2±2,7	0,009

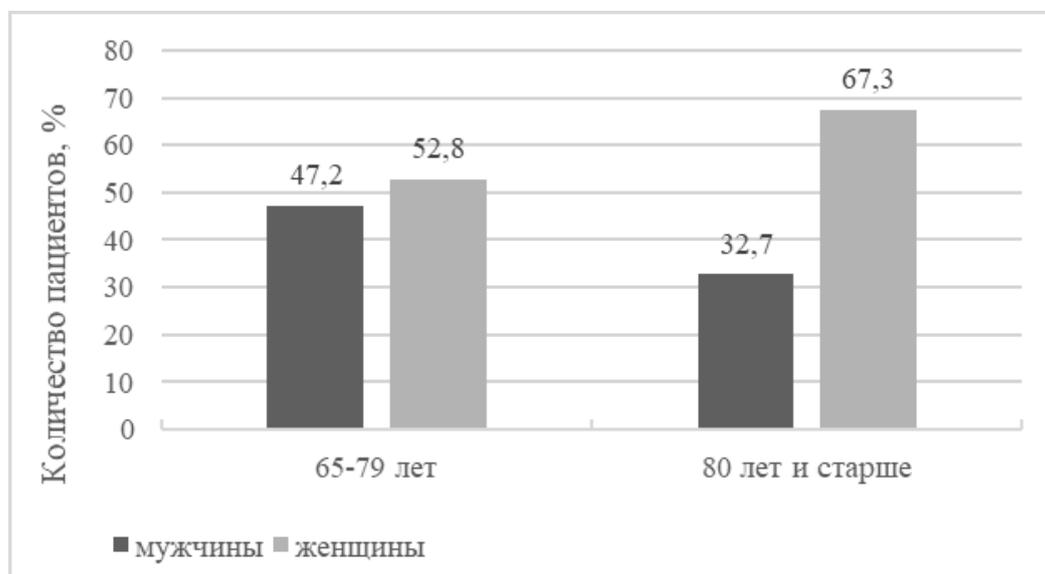


Рис. 1. Распределение пациентов по возрасту и полу (n=399).

и рекомендован к применению для всех пациентов 60 лет и старше валидный скрининговый опросник «Возраст не помеха», который состоит из 7 вопросов с двумя возможными вариантами ответа «Да», «Нет» [7].

Положительные ответы на любые три или более вопроса означают высокую вероятность наличия синдрома СА и с целью уточнения гериатрического статуса данная категория пациентов должна быть направлена в гериатрический кабинет для выполнения дополнительных тестов. Пациентам, набравшим 5 и более баллов, рекомендовано выполнение комплексной гериатрической оценки (КГО), пациентам, набравшим 3–4 балла, проведение краткой батареи тестов физического функционирования и/или динамометрии, а также теста Мини-ког с целью определения показаний для выполнения КГО, диагностики синдрома СА и разработки индивидуального плана ведения [8–9].

Цель исследования

Целью настоящей работы являлось изучение распространенности гериатрических синдромов (ГС) у лиц ≥65 лет с АГ на уровне первичного звена здравоохранения путем оценки данных валидированного скринингового опросника «Возраст не помеха».

Материалы и методы исследования

В исследование было включено 399 пациентов в возрасте от 65 до 96 лет (средний возраст составил $76,8 \pm 8,0$ лет; 95% доверительный интервал (ДИ) (76,1–77,6)), получивших амбулаторно-поликлиническую консультативную медицинскую помощь в поликлиническом отделении КГБУЗ «Красноярский краевой госпиталь для ветеранов войн» г. Красноярск с АГ I–III стадии (ВНОК-2019 и ESH/ESC-2018). Из них 163 мужчины — $40,9 \pm 2,5\%$ (средний возраст — $8,3 \pm 1,0$ года; ДИ (75,9–80,7)) и 234 женщины — $58,6 \pm 2,5\%$ (средний возраст — $77,6 \pm 1,1$ года; ДИ (76,6–77,1)). Пациенты были разделены на две возрастные группы в соответствии с классификацией старших возрастных групп, представленной Российским кардиологическим обществом в рекомендациях по АГ у взрослых (2020): 1А — пожилые пациенты (пациенты в возрасте от 65 лет до 79 лет) и 2А — очень пожилые пациенты (пациенты в возрасте ≥80 лет). Распределение пациентов по возрасту и полу представлено на рисунке 1.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета прикладных статистических программ IBM SPSS Statistics version 22. Описательные статистики представлены абсолютными

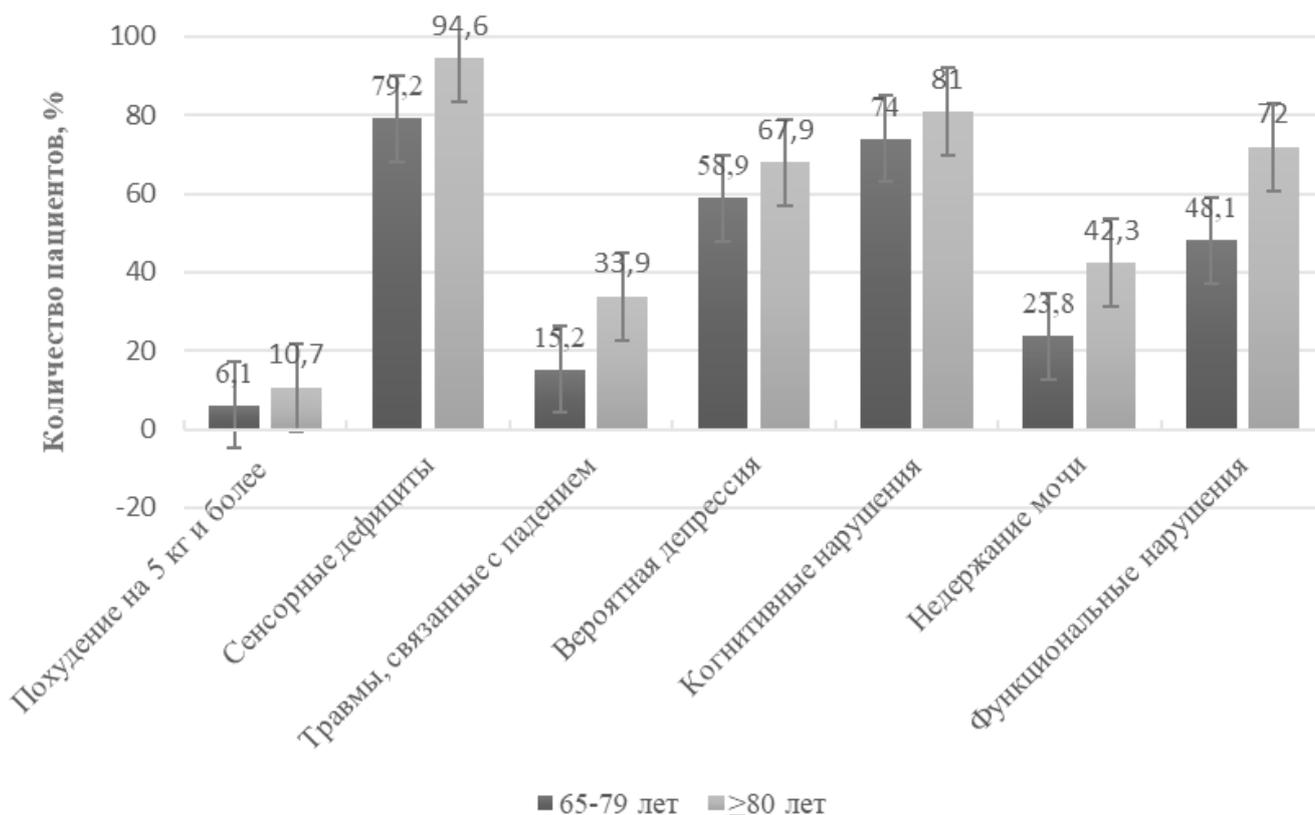


Рис. 2. Распространенность гериатрических синдромов у лиц ≥ 65 с АГ по скрининговому опроснику «Возраст не помеха»

и относительными значениями, средними величинами и 95% ДИ. Для сравнения относительных показателей использовали критерий χ^2 и точный критерий Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В обеих возрастных группах доля мужчин оказалась значимо ниже, чем женщин ($p = 0,004$). Средний балл по опроснику «Возраст не помеха» у лиц ≥ 65 лет с АГ составил $3,5 \pm 0,1$ балла. Предварительный диагноз ССА установлен у $70,7 \pm 2,3\%$, в т.ч. у лиц в возрасте 65–79 лет — $59,3 \pm 3,2\%$, 80 лет и старше — $86,3 \pm 2,7\%$ ($p < 0,001$), данной категории пациентов рекомендована консультация врача-гериатра. Распространенность ССА у лиц старших возрастных групп в зависимости от пола представлена в таблице 1.

Самым распространенным ГС у лиц ≥ 65 лет с АГ являлись сенсорные дефициты — ограничения в повседневной жизни из-за снижения зрения или слуха испытывали $85,7 \pm 1,8\%$ всех обследованных пациентов. Данный ГС встречался от $95,6 \pm 1,9\%$ женщин 80 лет и старше до $78,0 \pm 4,0\%$ мужчин 65–79 лет. Распростра-

ненность синдрома увеличивалась с возрастом, достоверно чаще ($p < 0,001$) сенсорные дефициты отмечали женщины 80 лет и старше ($95,6 \pm 1,9\%$) по сравнению с женщинами пожилого возраста с АГ ($80,3 \pm 3,6\%$), а также мужчины 80 лет и старше по сравнению с мужчинами 65–79 лет с АГ ($92,7 \pm 3,5$ и $78,0 \pm 4,0\%$ соответственно, $p = 0,018$). Следующим по распространенности ГС являлось наличие когнитивных нарушений. Наличие проблем с памятью, пониманием, ориентацией или способностью планировать указали $76,9 \pm 2,1\%$ пациентов. Данный ГС отметили от $81,4 \pm 1,9\%$ женщин 80 лет и старше до $72,5 \pm 2,1\%$ мужчин пожилого возраста. Достоверных различий между группами отмечено не было.

На вопрос: «Чувствуете ли Вы себя подавленным, грустным или встревоженным на протяжении последних недель?» положительно ответили $62,3 \pm 2,4\%$ пациентов, что указывает на наличие тревожно-депрессивных расстройств и вероятность наличия депрессии более чем у половины лиц старших возрастных групп с АГ. Наличие тревожно-депрессивных расстройств чаще отмечали женщины по сравнению с мужчинами старшего возраста с АГ ($71,5 \pm 3,0\%$ и $50,0 \pm 4,0\%$ соответственно, $p < 0,001$), достоверных различий между возрастными группами отмечено не было.

Функциональные нарушения испытывали 58,2±2,5% пациентов старших возрастных групп с АГ. Трудности в перемещении по дому или на улице отметили от 74,3±4,1% женщин 80 лет и старше до 40,0±4,7% мужчин пожилого возраста. Достоверно чаще трудности при ходьбе отмечали женщины 80 лет и старше по сравнению с женщинами пожилого возраста ($p=0,002$), а также мужчины 80 лет и старше по сравнению с мужчинами 65–79 лет (67,3±6,3% и 40,4±4,7% соответственно, $p=0,002$).

31,6±2,3% пациентов страдали недержанием мочи. От 48,7±4,7% женщин 80 лет и старше до 11,0±3,0% мужчин пожилого возраста с АГ. Достоверно чаще ($p<0,001$) недержание мочи отмечали женщины пожилого возраста (35,2±4,4%) по сравнению с мужчинами сопоставимого возраста (11,0±3,0%), а также женщины 80 лет и старше по сравнению с мужчинами сопоставимого возраста с АГ (48,7±4,6% и 29,1±6,2% соответственно, $p=0,016$).

Травмы, связанные с падением, отмечали 23,1±2,1% лиц старших возрастных групп с АГ — от 36,3±4,6%

женщин 80 лет и старше до 8,3±2,1% мужчин пожилого возраста. Достоверно чаще ($p=0,006$) наличие травм, связанных с падением, отмечали женщины пожилого возраста по сравнению с мужчинами сопоставимого возраста с АГ, а также женщины 80 лет и старше по сравнению с женщинами пожилого возраста с АГ ($p=0,012$).

Реже всего пациенты отмечали наличие похудения на 5 кг и более за последние 6 месяцев отмечают 8,0±1,7%. Достоверно значимых различий между группами выявлено не было. Распространенность гериатрических синдромов в соответствии с возрастом представлены на рисунке 2.

Заключение

С учетом высокой распространенности ССА, а также отдельных гериатрических синдромов у лиц старших возрастных групп с АГ рекомендован скрининг по опроснику «Возраст не помеха» на уровне первичного звена здравоохранения с целью проведения своевременной коррекции данных состояний, а также улучшения качества жизни лиц геронтологического возраста с АГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Which Frailty Scale for Patients Admitted via Emergency Department? A Cohort Study / E.T. Lewis, D.E. Elsa, H. Alkhoury [et al.] // Archives of Gerontology and Geriatrics. — 2019. — Vol. 80. — P. 104–114.
2. Hypertension and Frailty: A Systematic Review and Meta-Analysis / D.L. Vetrano, K.M. Palmer, G.L. Lucia [et al.] // BMJ Open. — 2018. — Vol. 8, № 12. — P. e024406.
3. Geroprotectors: A Role in the Treatment of Frailty / A.U. Trendelenburg, A.C. Scheuren, R.R. Muller [et al.] // Mechanisms of Ageing and Development. — 2019. — Vol. 180. — P. 11–20.
4. Physical Frailty: ICFSR International Clinical Practice Guidelines for Identification and Management / E. Dent, J.E. Morley, A.J. Cruz-Jentoft [et al.] // Journal of Nutrition Health and Aging. — 2019. — Vol. 23, № 9. — P. 771–787.
5. Determinants of Frailty in Primary Care Patients With COPD: The Greek UNLOCK Study / D. Ierodiakonou, M. Kampouraki, I. Poulonirakis [et al.] // BMC Pulmonary Medicine. — 2019. — Vol. 19, № 1. — P. 63.
6. Gurina, N.A. A Roadmap of Aging in Russia: The Prevalence of Frailty in Community-Dwelling Older Adults in the St. Petersburg District — The «Crystal» Study / N.A. Gurina, E.V. Frolova, J.M. Degryse // Journal of the American Geriatrics Society. — 2011. — Vol. 56, № 6. — P. 980–988.
7. Валидация опросника для скрининга синдрома старческой астении в амбулаторной практике / О.Н. Ткачева, Н.К. Рунихина, В.С. Остапенко [и др.] / Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2017. — Т. 30, № 2. — С. 236–242.
8. Ткачева О.Н. и соавт. Методические рекомендации по старческой астении. Методические указания. — М.: Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова. 2020 г. С. 56–57.
9. Эделева А.Н. Скрининг синдрома старческой астении среди пациентов участкового терапевта и пациентов отделений сестринского ухода / А.Н. Эделева, Т.П. Сабгайда // Социальные аспекты здоровья населения. — 2019. — Т. 65, № 5. — С. 2.

© Захарова Алёна Сергеевна (as_zakharova@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОТУЛОТОКСИНА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

CURRENT TRENDS IN THE USE OF BOTULINUM TOXIN IN CLINICAL PRACTICE

**E. Zakharyan
G. Kasaeva**

Summary. Currently, botulinum toxin (BT) preparations are widely used in cosmetology, plastic and reconstructive surgery, mainly for aesthetic reasons. BT injections are the most frequently performed cosmetic procedure all over the world, as they have the ability to quickly cope with the most common problem of a million women — age and expression wrinkles. However, the frequency of “unaesthetic” use of this drug has grown steadily over the past two decades and covers many specialties, including therapy, urology, dermatology, ophthalmology, otolaryngology, gynecology, general surgery and neurology. But, despite all the diversity of its application and effectiveness, the possibilities of BT in these areas, unfortunately, remain in the shadows, which is primarily associated with the active popularization of aesthetic medicine in general. That is why the purpose of this review was to consider the latest, unaesthetic indications for the use of BT with an emphasis on evidence-based medicine data. The German physician Justin Kerner (1786–1862) was the first to develop the idea of a possible therapeutic use of BT. In 1973, Scott first used botulinum toxin to treat strabismus at the Smith Kettewell Eye Research Center. In 2001, the UK approved BT for the treatment of axillary hyperhidrosis and Canada for the treatment of axillary hyperhidrosis and focal muscle spasticity. Since July 2004, BT has been approved by the US Food and Drug Administration for the treatment of severe primary axillary hyperhidrosis and chronic migraine [6].

Keywords: botox, botulinum toxin A, neurogenic detrusor hyperactivity, achalasia of the cardia, diabetic mononeuropathy, Covid-19.

Захарьян Елена Аркадьевна

К.м.н., доцент, Медицинская академия имени С.И. Георгиевского (структурное подразделение ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»)
locren@yandex.ru

Касаева Гульзара Рустемовна

Медицинская академия имени С.И. Георгиевского (структурное подразделение ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»)
gulzara.kasaeva@mail.ru

Аннотация. В настоящее время препараты ботулотоксина (БТ) нашли широкое применение в косметологии, пластической и реконструктивной хирургии преимущественно по эстетическим показаниям. Инъекции БТ являются наиболее часто выполняемой косметологической процедурой во всем мире, так как имеют свойство быстро справляться с самой распространенной проблемой миллиона женщин — возрастными и мимическими морщинами. Однако, частота «неэстетические» использования данного препарата в течение последних двух десятилетий неуклонно растет и охватывает множество специальностей, включая терапию, урологию, дерматологию, офтальмологию, отоларингологию, гинекологию, общую хирургию и неврологию. Но, несмотря на все разнообразие его применения и эффективность, возможности БТ в данных направлениях, к сожалению, остаются в тени, что в первую очередь связано с активной популяризацией эстетической медицины в целом. Именно поэтому целью данного обзора явилось рассмотрение новейших, неэстетических показаний к применению БТ с акцентом на данные доказательной медицины. Немецкий врач Юстин Кернер (1786–1862) первым развил идею о возможном терапевтическом применении БТ. В 1973 году Скотт в глазном исследовательском центре Смита Кеттевелла впервые применил ботулинический токсин для лечения косоглазия. В 2001 году Великобритания одобрила БТ для лечения подмышечного гипергидроза, а Канада — для лечения подмышечного гипергидроза и фокальной мышечной спастичности. С июля 2004 года БТ одобрен Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США для лечения тяжелого первичного подмышечного гипергидроза и хронической мигрени [6].

Ключевые слова: ботокс, ботулотоксин А, нейрогенная детрузорная гиперактивность, ахалазия кардии, диабетическая мононевропатия, Covid-19.

Введение

Ботулинический токсин — это мощный нейротоксиновый белок, полученный из бактерии *Clostridium botulinum*, который подавляет высвобождение ацетилхолина в нервно-мышечном соединении.

Семь его основных серотипов были охарактеризованы и обозначены как типы от А до G [1, 4]. Среди них типы А, В, Е, F были непосредственно связаны с индуцированием смертельных заболеваний человека [1, 5]. Структурно БТ состоит из легкой и тяжелой полипептидных цепей размером около 50–100 кДа, соединенных дисульфидным мостиком [3]. Тяжелая цепь связывается

со своими рецепторами на пресинаптических окончаниях холинергических нейронов и входит в цитоплазму путем рецептор-опосредованного эндоцитоза, где дисульфидная связь между двумя полипептидными цепями диссоциирует и приобретает активную форму [2, 3]. Легкая цепь связана с инактивацией белков, таких как синаптосомно-ассоциированный белок (SNAP-25), мембранный белок VAMP и синтаксин, которые отвечают за слияние нейромедиатора, содержащего везикулы, с липидным бислоем в синаптической щели, тем самым предотвращая высвобождение ацетилхолина (ACh) в холинергических, парасимпатических и постганглионарных симпатических нервных окончаниях. Считается, что БТ-опосредованная блокада высвобождения АХ и последующая остановка холинергического сигнального пути в синаптических соединениях вызывают сильнейший мышечный паралич и смерть [3]. Также известно, что БТ вызывает такие симптомы, как сухость во рту и глазах, задержка мочи, колебания кровяного давления, ненормальное сердцебиение, усталость и одышка [4]. Однако умеренное введение препарата в определенные мышцы в настоящее время используют в различных косметологических и терапевтических целях. Воздействие на целевые мышцы со временем уменьшается по мере регенерации SNAP-25, а нервно-мышечная сигнализация и сократительная способность мышц восстанавливаются [3]. Инъекция небольших количеств БТ в определенные мышцы вызывает их локальное расслабление, эффект которого развивается в течение двух недель и длится примерно около четырех месяцев [1].

Литературный обзор

Нейрогенная детрузорная гиперактивность.

Ботулотоксин обладает способностью избирательно нарушать и модулировать нейромедиацию, сенсорную функцию и активность желез, подавляет гиперактивность детрузора. В дополнение к моторным эффектам, БТ обладает сенсорными ингибирующими и противовоспалительными эффектами [9, 10]. После десятилетий клинических и фундаментальных научных исследований, клиническое применение ботулинического токсина А в урологии было распространено на нейрогенную детрузорную гиперактивность (НДО), идиопатическую детрузорную гиперактивность (ИДГ), рефрактерный гиперактивный мочевой пузырь (ГМП), интерстициальный цистит (ИЦ), болевой синдром мочевого пузыря (БСМП), доброкачественную гиперплазию предстательной железы и дисфункцию нижних мочевых путей у детей [7,8].

С 2004 года ботулотоксин используется для лечения ИЦ и БСМП на экспериментальном и практическом

уровнях [12]. Симптоматическое улучшение может быть достигнуто путем инъекции 100–200 ЕД онаботулинутоксина в 25–30 мест в основании мочевого пузыря. По данным исследования, проведенного Smith et al. (2004 г.), обнаружено, что введение препарата облегчает боль в мочевом пузыре у пациентов, не имевшим положительного результата от медикаментозного лечения [12]. Позже, Giannantoni et al. [13, 14] сообщили о субъективном улучшении у 80% пациентов после подслизистого введения 200 ЕД БТ в мочевой пузырь. Также, Ramsay et al. [15] сообщили об удовлетворительных результатах у пациентов, получавших от 200 до 300 ЕД препарата, сопровождавшихся значительным снижением уровня тревожности, депрессии и улучшением качества жизни при длительности терапии 3 месяца.

В рандомизированном контролируемом исследовании с участием пациентов с рефрактерной ИЦ/БСМП было обнаружено, что пациенты, получавшие субуретериальную инъекцию ботулотоксином (200 ЕД или 100 ЕД) вместе с цистоскопической гидродистензией, показали значительное улучшение в отношении функциональной оценки и снижении боли в мочевом пузыре через 3 месяца после лечения по сравнению с результатами у пациентов, получавших только цистоскопическую гидродистензию [16].

Таким образом, в настоящее время БТ одобрен для лечения НДО и ГМП. Результаты клинических исследований лечения ИЦ/БСМП сообщили о многообещающих эффектах, включая уменьшение боли в мочевом пузыре. Кроме того, обнаружена большая терапевтическая продолжительность при повторных инъекциях препарата в сравнении с его однократной инъекцией [11].

Ахалазия кардии

Положительные результаты применения ботулинического токсина типа А гемагглютинина доказаны в лечении больных с нервно-мышечными заболеваниями пищевода спастического характера. Введение препарата интрамурально является малотравматичной процедурой, которая не сопровождается серьезными осложнениями с существенным уменьшением выраженности или полной ликвидацией симптомов дисфагии и регургитации у 65–95% больных [17, 18].

Так, в исследование 2015 года вошли 144 пациентов с кардиоспазмом и длительностью заболевания от 2 до 6 лет, имеющих показания для эндоскопической терапии препаратами ботулинического токсина типа А.

Ботулотоксин вводился интрамурально в нижний пищеводный сфинктер с помощью гастродуоденоско-

па через инъектор, введенный в биопсийный канал. Действие токсина заключалось в расслаблении спазмированной кардии с последующим уменьшением симптомов дисфагии и регургитации. Введение разведенного в 4 мл физиологического раствора препарата проводилось интрасфинктерно, симметрично в четыре точки в зоне сужения области нижнего пищеводного сфинктера.

Суммарная доза препарата на один курс составила 60–100 Ед. Эффект от инъекции отмечался в течение первых суток с максимальным нарастанием в течение 4–7 суток. У 50 (36%) пациентов интрасфинктерное введение ботокса выполнено в виде первичной терапии без предшествующего лечения с хорошим результатом. У одного больного введение ботокса позволило отложить операцию и продолжить динамическое наблюдение с планированием очередных сеансов эндоскопической инъекционной терапии при появлении синдрома дисфагии.

При этом, пациенты отмечали: полное исчезновение симптомов дисфагии, эзофагита; удлинение безрецидивного периода с каждым повторным курсом терапии; отсутствие местных и системных побочных эффектов.

Использование эндоскопической инъекционной терапии ботоксом целесообразно в лечении нервно-мышечных заболеваний пищевода: в большинстве случаев достигается эффективная ремиссия, замедляется процесс формирования рубцовых изменений в зоне нижнего пищеводного сфинктера. При 2-й и 3-й стадии заболевания введение ботокса может стать ведущим способом лечения [19].

Диабетическая мононевропатия

Одной из причин изолированного паралича VI черепного нерва является диабетическая мононевропатия. Острое начало диплопии вызывает потерю производительности труда и требует, при благоприятном течении, до 4–6 месяцев для полного разрешения симптомов. Введение ботулинического токсина А в медиальную прямую мышцу антагониста предотвращает контрактуру и позволяет быстрее восстановить парализованную латеральную прямую мышцу [20]. Несмотря на долгую историю применения ботулинического токсина при параличе глазных мышц, доказательной базы, свидетельствующей о его эффективности и безопасности при диабетической мононевропатии, опубликовано крайне мало.

Так, в исследование, проведенное в высшей офтальмологической больнице в Коимбатуре, Южной Индии, и одобренное Институциональным комитетом по эти-

ке, вошел 131 пациент с острым началом паралича VI черепно-мозгового нерва, которым был введен ботулинический токсин А. Пациенты наблюдались в период с августа 2015 года по февраль 2018 года. Средняя доза инъекции составила 5 Ед (диапазон 3–6 Ед).

Пациенты были разделены на группы в зависимости от дозы препарата: 2,5–4 Ед (группа 1) и 4,1–6 Ед (группа 2). В соответствии с определенными критериями успешности (отклонение — $\leq 10\%$ D, отсутствие диплопии и улучшение на 2 балла в отведении на 60-е сутки наблюдения) у 83% пациентов лечение было успешным.

Таким образом, применение ботулотоксина в лечении изолированного паралича VI черепного нерва показывает хорошие результаты в динамическом наблюдении и применимо для лечения при диабетической мононевропатии [21, 24].

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19)

Вспышка новой коронавирусной инфекции (COVID-19), вызванная SARS-CoV-2, продолжает активно прогрессировать во многих странах и создает опасные для жизни клинические проблемы для глобального общественного здравоохранения. Помимо респираторных симптомов, у пациентов имеют место неврологический дефицит и нейродегенерация, что может повлечь за собой тяжелые и, порой, непредсказуемые осложнения [22, 23, 26].

Экспериментальные данные, полученные из образцов тканей как пациентов с COVID-19, так и соответствующих животных моделей, показали, что SARS-CoV-2 также может индуцировать невропатологические исходы, характерные и другим нейроинвазивным вирусам [25, 27, 29]. На основе данного исследования, в ходе анализа переболевших COVID-19 было выявлено большое количество неврологических нарушений, в особенности нарушение функционирования ствола мозга. Именно поэтому внедрение инъекций БТ является выдающейся клинической практикой для лечения двигательных расстройств при широком спектре неврологических нарушений [30, 31, 32]. Примечательно, что ботулотоксин также обеспечивает нейропротекцию против церебральных ишемических инсультов [36].

У значительной части пациентов с COVID-19 наблюдается лимфопения [33, 34, 35]. Терапевтические инъекции БТ повышают количество иммунных клеток, что способствует активации защитных сил организма в борьбе с SARS-CoV-2 за счет усиления презентации антигена и опосредованного макрофагами фагоцитоза [34, 36]. Особенности введения, диагностические меры и ожидаемые результаты у различных пациентов

с COVID-19 должны быть очерчены и обозначены в соответствии с установленными данными экспериментов и доклинических исследований в этой области для дальнейшей оптимизации подбора терапевтической дозы и разработки протоколов терапии на основе БТ, что является крайне актуальным в настоящее время [37, 39, 40].

Ботулинотерапия спастичности

Локальные инъекции БТА для лечения спастичности способны улучшать положение конечности, пассивные и активные движения, уменьшать спазмы, повысить качество жизни пациентов.

Современные тенденции назначения ботулинотерапии при спастичности включают: случаи развившейся спастичности; резистентность к другим методам лечения; раннее прогрессирование спастичности;

применение БТА с диагностическими целями (отличия истинной спастичности от анкилоза или мышечно-сухожильной контрактуры).

Так, целью исследования ULIS (Upper Limb International Survey) явился анализ терапевтического эффекта инъекций 500–800 ЕД ботулотоксина у 973 пациентов из 31 страны со спастичностью руки. К целям лечения относились улучшение активной функции в первые 3 месяца от начала спастичности и пассивной функции в хронической стадии (>3–3,5 месяцев) заболевания. Восстановление пассивной функции способствовало предотвращению контрактур, облегчению соблюдения гигиены и одевания. Улучшение активной функции проявлялось в сжатии кисти, освобождении «руки-помощника». Основная сопутствующая терапия была представлена физиотерапией, оккупационной терапией и шинированием. Для оценки ответа на лечение применялась пациент-ориентированная шкала достижения индивидуальных целей (Goal Attachment Scale).

В международном многоцентровом наблюдательном исследовании ULIS-II с российским участием был продемонстрирован высокий процент успешного ответа на терапию ботулинотоксином в лечении спастичности верхней конечности в повседневной реальной клинической практике [42, 43]. Результаты международного исследования позволили обобщить информацию о клинической практике применения БТА в лечении постинсультной спастичности руки и подтвердили эффективность данного вида терапии.

Таким образом, современная клиническая практика доказательно демонстрирует высокий терапевтиче-

ский потенциал БТА в виде отчетливого уменьшения уровня спастичности, улучшения функциональных возможностей и повышения качества жизни больных с благоприятным профилем безопасности.

Ботулинический токсин для лечения трудноизлечимого феномена Рейно

Феномен Рейно (ФР) — это состояние, характеризующееся вазоспазмом в пальцах конечностей, которое может оказать значительное негативное влияние на качество жизни. Это может привести к боли, изъязвлению и возможной потере пальцев. Существуют различные терапевтические подходы, однако ФР часто может быть рефрактерным к традиционным методам лечения, заставляя рассматривать альтернативные подходы (хирургия, инъекционная терапия).

Ботулинический токсин А считается эффективным методом лечения благодаря механизму его действия. Взаимодействие токсина со скелетной мышцей включает связывание белков SNAP-25 (25kDa), ответственных за везикулярный транспорт ацетилхолина и его высвобождение на пресинаптическом конце нервно-мышечного перехода, что приводит к временному мышечному параличу, а также предотвращает увеличение альфа-2 рецепторов гладкой мускулатуры, вызывающих сужение сосудов [44].

Начало паралича обычно наступает через 1–4 дня после воздействия и продолжается в течение 2–4 месяцев, что составляет время, необходимое для ресинтеза инактивированных белков SNAP-25. Этот процесс принимает непосредственное участие в облегчении симптомов ФР.

Многообещающие результаты терапии ботулиническим токсином А наблюдались у пациентов с ФР различной этиологии, в том числе с его рефрактерными формами [45].

Доказано, что пациенты с интенсивной болевой синдромом и уже имеющимися трофическими расстройствами лучше всего реагируют на введение БТ. Каждую инъекцию 2 мл (10 Ед Онаботулиnum-токсина или 30 Ед Аботулиnum-токсина) следует проводить на ладонной стороне руки.

Применение препарата для лечения ФР, рефрактерного к медикаментозному лечению, показало благоприятные исходы, основанные на современных исследованиях. Терапия ботулиническим токсином А является безусловной альтернативой в ситуациях, когда показано проведение симпатэктомии. Клинические решения должны приниматься в каждом конкретном случае

с учетом различных факторов, включая предшествующее лечение, этиологию ФР, потенциальные побочные эффекты и противопоказания, а также влияние симптомов заболевания на качество жизни пациента [45, 46].

Исследования применения ботулотоксина в России

Первое российское рандомизированное клиническое исследование, посвященное безопасности и эффективности препарата ботулотоксина А «Релатокс» при спастичности руки после ишемического инсульта занимает особое место в ряду проведенных исследований препаратов ботулотоксина у пациентов со спастичностью верхней конечности. В шести крупных медицинских центрах РФ (от 15 до 35–40 пациентов в каждом) проведено мультицентровое рандомизированное исследование, в которое было включено 160 пациентов со спастичностью верхней конечности вследствие ишемического инсульта. Все пациенты завершили участие в исследовании.

Среди пациентов было 107 (66%) мужчин и 53 (34%) женщины в возрасте от 27 до 73 лет (средний возраст — $55,9 \pm 10,2$ года). Все пациенты методом рандомизации были распределены на две группы: 1-я группа — 80 пациентов: 50 (62,5%) мужчин и 30 (37,5%) женщин, средний возраст — $54,2 \pm 9,6$ года, получали инъекции «Релатокса»; 2-я группа — 80 пациентов: 57 (71%) мужчин и 23 (29%) женщины, средний возраст — $57,3 \pm 10,6$ года получали инъекции Ботулотоксина «Ботокс». После инъекции при оценке по шкале Эшворта в обеих группах отмечалось достоверное снижение спастичности.

Опыт, полученный в первом мультицентровом исследовании на территории РФ, будет успешно рекомендован в практическое здравоохранение и внедрен в схемы реабилитации больных со спастичностью верхней конечности после ишемического инсульта [47].

Заключение

Перечисленные патологические состояния, при которых эффективно применение ботулинического токсина, являются лишь небольшой частью широкого спектра его применения. Все исследования, изучающие целесообразность назначения препарата при различных заболеваниях, доказывают результативность как монотерапии, так и ее сочетания с основной терапией. Это доказывает тот факт, что ботулотоксин является не только всем известным косметологическим, но и эффективным терапевтическим препаратом, применяемом в неврологии, общей хирургии, терапии, урологии и других областях медицины. Развитие применения ботулотоксина особенно актуально в России. Это связано с тем, что во многих зарубежных странах ботулотоксин уже применяют в практической медицине, тогда как в России разностороннее применение БТ находится на стадии экспериментальных исследований. Для разработки методических рекомендаций и внедрения в практическую медицину терапии ботулотоксином необходимо дальнейшее изучение данного вопроса, и проведение более объемных исследований, что может привести к совершенствованию терапевтических подходов заболеваний, устойчивых к традиционным методам лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rebecca Small, M.D., University of California—San Francisco, San Francisco, California Botulinum Toxin Injection for Facial Wrinkles Am Fam Physician. 2014 Aug 1;90(3):168–175.
2. Hema Sundaram, M.D., Massimo Signorini, M.D., Steven Liew, M.B.B.S., M.D., Ada R. Trindade de Almeida, M.D., Yan Wu, M.D., André Vieira Braz, M.D., Steven Fagien, M.D., Greg J. Goodman, M.D., Gary Monheit, M.D., and Hervé Raspaldo, M.D. Global Aesthetics Consensus: Botulinum Toxin Type A — Evidence-Based Review, Emerging Concepts, and Consensus Recommendations for Aesthetic Use, Including Updates on Complications Plast Reconstr Surg. 2016 Mar; 137(3): 518–529.
3. Pirazzini M., Rossetto O., Eleopra R., Montecucco C. Botulinum Neurotoxins: Biology, Pharmacology, and Toxicology. Pharmacol Rev. 2017;69:200–235
4. Zhang S., Masuyer G., Zhang J., Shen Y., Lundin D., Henriksson L. Identification and characterization of a novel botulinum neurotoxin. Nat Commun. 2017;8:14130
5. Bagus Komang Satriyasa, A for reducing the appearance of facial wrinkles: a literature review of clinical use and pharmacological aspect 2019; 12: 223–228.
6. Abdolreza Rouientan, Hamidreza Alizadeh Otaghvar, Hossein Mahmoudvand, and Adnan Tizmaghz Rare Complication of Botox Injection: A Case Report World J Plast Surg. 2019 Jan; 8(1): 116–119.
7. Clinical application of intravesical botulinum toxin type A for overactive bladder and interstitial cystitis Jing-Liang Chen and Hann-Chorng Kuo Investig Clin Urol. 2020 Feb; 61(Suppl 1): S33–S42
8. Yoshida M., Miyamae K., Iwashita H., Otani M., Inadome A. Management of detrusor dysfunction in the elderly: changes in acetylcholine and adenosine triphosphate release during aging. Urology. 2004;63 (3 Suppl 1):17–23.
9. Sun Y., Chai T.C. Up-regulation of P2X3 receptor during stretch of bladder urothelial cells from patients with interstitial cystitis. J Urol. 2004;171:448–452.
10. Apostolidis A., Brady C.M., Yiangou Y., Davis J., Fowler C.J., Anand P. Capsaicin receptor TRPV1 in urothelium of neurogenic human bladders and effect of intravesical resiniferatoxin. Urology. 2005;65:400–405.

11. Sahai A., Khan M.S., Dasgupta P. Efficacy of botulinum toxin-A for treating idiopathic detrusor overactivity: results from a single center, randomized, double-blind, placebo controlled trial. *J Urol.* 2007;177:2231–2236.
12. Smith C.P., Radziszewski P., Borkowski A., Somogyi G.T., Boone T.B., Chancellor M.B. Botulinum toxin a has antinociceptive effects in treating interstitial cystitis. *Urology.* 2004;64:871–875.
13. Kuo H.C. Preliminary results of suburothelial injection of botulinum A toxin in the treatment of chronic interstitial cystitis. *Urol Int.* 2005;75:170–174.
14. Giannantoni A., Costantini E., Di Stasi S.M., Tascini M.C., Bini V., Porena M. Botulinum A toxin intravesical injections in the treatment of painful bladder syndrome: a pilot study. *Eur Urol.* 2006;49:704–709.
15. Ramsay A.K., Small D.R., Conn I.G. Intravesical botulinum toxin type A in chronic interstitial cystitis: results of a pilot study. *Surgeon.* 2007;5:331–333
16. Kuo H.C., Chancellor M.B. Comparison of intravesical botulinum toxin type A injections plus hydrodistention with hydrodistention alone for the treatment of refractory interstitial cystitis/painful bladder syndrome. *BJU Int.* 2009;104:657–661.
17. Sigal E.I., Burmistrov M.V., Ivanov A.I., Haziev R.A. Rezul'taty jendohirurgicheskogo lechenija ahalazii kardii. *Prakticheskaja medicina.* 2013. № 2 (67). S. 38–41.
18. Murav'ev V. Ju., Burmistrov M.V., Ivanov A.I. Jendoskopicheskoe lechenie ahalazii kardii. *Jendoskopija.* 2013. № 2. S. 2–6.
19. В.И. Давыдкин, Л.В. Квашнина, О.М. Кияйкина, Эндоскопическая инъекционная терапия ахалазии кардии препаратами комплекса ботулинического токсина типа а — гемагглютинаина. 2015 № 3 (17) 139–141.
20. Patel S.V., Mutyala S., Leske D.A., Hodge D.O. Incidence, associations, and evaluation of sixth nerve palsy using a population-based method. *Ophthalmology.* 2004;111:369–75.
21. Sandra Ganesh, Sasikala Elizabeth Anilkumar, and Kalpana Narendran. Botulinum toxin A in the early treatment of sixth nerve palsy in type 2 diabetes. *Indian J Ophthalmol.* 2019 Jul; 67(7): 1133–1136.
22. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol.* 2020;5:536–544.
23. Zhou P., Yang X.-L., Wang X.-G., Hu B., Zhang L., Zhang W. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature.* 2020; 579:270–273.
24. Park J., Park H.J. Botulinum Toxin for the Treatment of Neuropathic Pain. *Toxins (Basel).* 2017 Aug 24;9(9).
25. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395:497–506. doi: 10.1016/S0140–6736(20)30183–5.
26. Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J. China; *JAMA:* 2020. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan.
27. Chen T., Wu D., Chen H., Yan W., Yang D., Chen G. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ.* 2020;368: m1091. doi: 10.1136/bmj.m1091.
28. Bergmann C.C., Lane T.E., Stohlman S.A. Coronavirus infection of the central nervous system: host-virus stand-off. 2006;4:121–132. doi: 10.1038/nrmicro1343.
29. Herd C.P., Tomlinson C.L., Rick C., Scotton W.J., Edwards J., Ives N., Clarke C.E., Sinclair A. Botulinum toxins for the prevention of migraine in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018 Jun 25;6: CD011616.
30. C.H.F. Camargo, H.A.G. Teive, Use of botulinum toxin for movement disorders, *Drugs Context.* 8 (2019)10.
31. He F., Deng Y., Li W. Coronavirus disease 2019: What we know? *J Med Virol.* 2020
32. Poyiadji N., Shahin G., Noujaim D., Stone M., Patel S., Griffith B. COVID-19-associated Acute Hemorrhagic Necrotizing Encephalopathy: CT and MRI Features. *Radiology.* 2020;201187
33. Patel A.B., Verma A. 2020. COVID-19 and Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors and Angiotensin Receptor Blockers: What Is the Evidence?
34. L. Tan, Q. Wang, D. Zhang, J. Ding, Q. Huang, Y.-Q. Tang, Q. Wang, H. Miao, Lymphopenia predicts disease severity of COVID-19: a descriptive and predictive study, *Signal Transduct Target Ther.* 5 (2020)10.1038/s41392–020–0148–4.
35. Antonucci F., Cerri C., Maya Vetencourt J.F., Caleo M. Acute neuroprotection by the synaptic blocker botulinum neurotoxin E in a rat model of focal cerebral ischaemia. *Neuroscience.* 2010;169:395–401.
36. S.Y. Chiu, B. Patel, M.R. Burns, J. Legacy, A.W. Shukla, A. Ramirez-Zamora, W. Deeb, I.A. Malaty, High-dose Botulinum Toxin Therapy: Safety, Benefit, and Endurance of Efficacy, *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 10 (2020)10.7916/tohm.v0.749.
37. Mahesh Kandasamy Perspectives for the use of therapeutic Botulinum toxin as a multifaceted candidate drug to attenuate COVID-19. *Med Drug Discov.* 2020 Jun; 6: 100042. Published online 2020 Apr 29.
38. P. Keith, M. Day, L. Perkins, L. Moyer, K. Hewitt, A. Wells, A novel treatment approach to the novel coronavirus: an argument for the use of therapeutic plasma exchange for fulminant COVID-19, *Crit Care.* 24 (2020)10.1186/s13054–020–2836–4.
39. Caly L., Druce J.D., Catton M.G., Jans D.A., Wagstaff K.M. The FDA-approved Drug Ivermectin inhibits the replication of SARS-CoV-2 in vitro. *Antiviral Res.* 2020;104787
40. S.Y. Chiu, B. Patel, M.R. Burns, J. Legacy, A.W. Shukla, A. Ramirez-Zamora, W. Deeb, I.A. Malaty, High-dose Botulinum Toxin Therapy: Safety, Benefit, and Endurance of Efficacy, *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 10 (2020)10.
41. Bakheit A.M., Zakine B., Maisonobe P. et al. The profile of patients and current practice of treatment of upper limb muscle spasticity with botulinum toxin type A: an international survey // *Int. J. Rehabil. Res.* 2010. Vol. 33 (3). P. 199–204.
42. Хатькова С.Е., Хасанова Д.Р., Коренко Л.А. и соавт. Результаты исследования эффективности одного курса инъекций ботулинического токсина типа А у пациентов с постинсультной спастичностью верхней конечности ULIS-II: анализ российской подгруппы пациентов // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2015. Т. 115. № 7. С. 89–97.

43. Theodoroff K., Ashford S., Jacinto J. et al. Factors influencing goal attainment in patients with post-stroke upper limb spasticity following treatment with botulinum toxin A in real-life clinical practice: sub-analyses from the Upper Limb International Spasticity (ULIS)-II Study // *Toxins*. 2015. Vol. 7 (4). P. 1192–1205.
44. Neumeister M.W. Botulinum toxin type a in the treatment of Raynaud's phenomenon. *J Hand Surg Am*. 2010; 35: 2085–2092
45. Merritt W.H. Role and rationale for extended periarterial sympathectomy in the management of severe Raynaud syndrome: techniques and results. *Hand Clin*. 2015; 31: 101–120
46. Jose E. Gallegos, BS, Dani C. Inglesby, BS, Zachary T. Young, MD, Fernando A. Herrera, MD. Botulinum Toxin for the Treatment of Intractable Raynaud Phenomenon Volume 46, Issue 1, P54–59, January 01, 2021.
47. Хатькова Светлана Евгеньевна, Костенко Е.В., Похабов Д.В., Густов А.В., Калягин А.Н., Жукова Н.Г. Оценка безопасности и эффективности российского препарата ботулотоксина А Релатокс в сравнении с Ботоксом при спастичности руки после ишемического инсульта (мультицентровое рандомизированное исследование). *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2017;9(1):71–77

© Захарьян Елена Аркадьевна (losren@yandex.ru), Касаева Гульзара Рустемовна (gulzara.kasaeva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Медицинская академия имени С.И. Георгиевского

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОСТРОЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ И АРРОЗИВНЫХ КРОВОТЕЧЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМИ ГНОЙНО-СЕПТИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

SOME ASPECTS OF ACUTE RESPIRATORY FAILURE AND ARROSIVE BLEEDING IN PATIENTS WITH SEVERE PURULENT-SEPTIC DISEASES OF THE MAXILLOFACIAL REGION

V. Zubritsky
A. Oganessian
D. Petrash
D. Tischkov

Summary. The archival materials of 6352 patients of the Department of Maxillofacial Surgery of the Kursk Regional Clinical Hospital for 2000–2007 are considered. Clinical data were analyzed to determine the signs of acute respiratory failure according to the classification of D. Skinner (1997). Signs of acute respiratory failure were diagnosed in 119 patients (1.87%). It should be noted that the mixed nature of acute respiratory failure in each specific septic patient is associated with the presence of several mechanisms for the implementation of respiratory failure and a mandatory concomitant factor of intoxication, significant difficulties in the treatment of patients with multiple organ failure, the development of which was provoked by gas exchange disorders.

Keywords: odontogenic infection, respiratory failure, severe complications, purulent process, maxillofacial region.

Зубрицкий Владислав Феликсович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
zubvlad2009@yandex.ru

Оганесян Арман Аршакович

Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»
oganesyan@bsu.edu.ru

Петраш Денис Александрович

Доцент, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Тишков Денис Сергеевич

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
den-tishkov@yandex.ru

Аннотация. Исследованы архивные материалы 6352 пациентов отделения челюстно-лицевой хирургии Курской областной клинической больницы за 2000–2007 годы. Клинические данные проанализированы с целью определения признаков острой дыхательной недостаточности по классификации Д. Скиннера (1997). Признаки острой дыхательной недостаточности диагностированы у 119 пациентов (1,87%). Следует отметить, что смешанный характер острой дыхательной недостаточности у каждого конкретного септического больного связан с наличием нескольких механизмов реализации дыхательной недостаточности и обязательным сопутствующим фактором интоксикации, значительными трудностями в лечении пациентов с полиорганной недостаточностью, развитие которой было спровоцировано нарушениями газообмена.

Ключевые слова: одонтогенная инфекция, дыхательная недостаточность, тяжелые осложнения, гнойный процесс, челюстно-лицевая область.

Актуальность темы

Дыхательная недостаточность характерна для всех форм сепсиса, а в 40% случаев выступает, как один из ведущих признаков сепсиса [1, 2, 4, 8, 9, 10, 11]. У 79,1% септических больных отмечается нарушение частоты и режима дыхания, а у 36,8% из них рентгенологически подтверждается наличие септических пневмоний. У 89,1% больных сепсисом рО₂ артериальной крови ниже нормальных значений и в среднем составляет 76,1 мм. рт. ст. [4].

По данным В.И. Лященко (1970) и соавт., дыхательная недостаточность послужила причиной смерти у 58–69% больных сепсисом [5, 6].

Под острой дыхательной недостаточностью (ОДН) в настоящее время понимают синдром, при котором максимальное напряжение всех компенсаторных систем организма неспособно обеспечить его адекватное насыщение кислородом и выведение углекислого газа [6, 7]. Острую дыхательную недостаточность разделяют на первичную и вторичную, вентиляционную и паренхиматозную [6, 7].

В зависимости от выраженности и наличия гипоксемии, гипо- или гиперкапнии: гипоксемическая, гиперкапническая типы дыхательной недостаточности [6, 7].

Вторичные аррозивные кровотечения из крупных сосудов причисляются многими авторами к редким, но крайне опасным осложнениям распространенного воспалительного процесса шеи и средостения [2, 3, 4].

Кровотечения при гнойно-воспалительных процессах челюстно-лицевой области и шеи могут быть отнесены к артериальным или венозным, возникающим вследствие аррозии, вторичным ранним или вторичным поздним, острым. Специальной классификации для таких кровотечений в доступной литературе не обнаружено.

Цель исследования

Охарактеризовать острую дыхательную недостаточность и аррозивные кровотечения у больных с одонтогенным сепсисом

Материалы и методы

Рассмотрены архивные материалы 6352 пациентов отделения челюстно-лицевой хирургии Курской областной клинической больницы за 2000–2007 гг. Клинические данные проанализированы с целью опреде-

ления признаков ОДН по классификации Д. Скиннера (1997) [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Признаки ОДН диагностированы у 119 пациентов (1,87%). Ниже представлены основные причины развития ОДН у больных с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области и шеи:

1. ОДН, связанная с повреждением или заболеваниями дыхательного аппарата — 15 пациентов с пневмониями, развившимися на фоне сепсиса (12,6%);
2. ОДН, связанная с обструкцией дыхательных путей — 76 пациентов с распространенными флегмонами различной этиологии, локализующимися в области дна полости рта и/или шеи; обструкция дыхательных путей (63,9%);
3. ОДН смешанного типа: при септическом шоке связанная с развитием респираторного дистресс-синдрома — 18 пациентов (15,1%).

Другие причины: ОДН, связанная с фактором интоксикации (токсическое повреждение легочной паренхимы, нарушение синтеза сурфактанта); обострение сопутствующей соматической патологии (астматический статус, отек Квинке), болевой синдром и нарушение функции грудной клетки вследствие ограничения ее подвижности при распространении гнойно-воспалительного процесса в средостение, плевральные полости, перикард, «детренированность» дыхательной мускулатуры в результате длительной ИВЛ, гемическая гипоксия при развитии выраженной анемии, циркуляторная гипоксия как результат циркуляторных нарушений, ассоциируемых с сепсисом (10 больных).

Таким образом, отмечается высокий уровень распространенности ОДН у больных с осложненными гнойно-воспалительными процессами челюстно-лицевой области и шеи.

Следует отметить смешанный характер ОДН у каждого конкретного септического больного, связанный с наличием одновременно нескольких механизмов реализации дыхательной недостаточности и обязательным сопутствующим фактором интоксикации, а также значительные сложности при лечении пациентов с полиорганной недостаточностью, развитие которой провоцировалось нарушениями газообмена.

Важное значение в патогенезе ОДН имеет обструкция верхних дыхательных путей на фоне распространенного гнойно-воспалительного процесса.

Таблица 1. Общая характеристика ОДН

Септический процесс	Количество больных / степень ОДН			Всего
	1	2	3	
Сепсис	31	14	3	48
Тяжелый сепсис	14	10	6	30
Септический шок	4	10	27	41
Итого	49	34	20	119

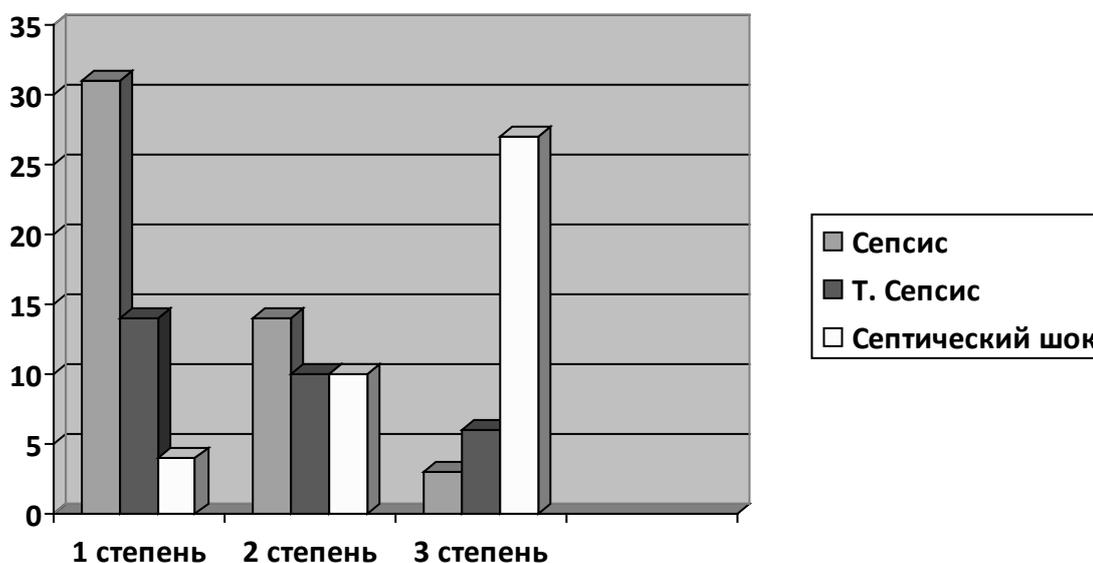


Диаграмма 1. ОДН у септических больных

Характеристика степени ОДН в зависимости от тяжести септического процесса представлена в Таблице 1, Диаграмме 1.

Закономерно, что ОДН первой степени тяжести чаще наблюдается у так называемых больных с «сепсисом без органной недостаточности», а ОДН третьей степени — у «шоковых» пациентов.

Анализ архивного материала выявил три пациента с вторичными кровотечениями из сосудов крупного, среднего калибра на фоне гнойно-воспалительных заболеваний лица и шеи: флегмон дна полости рта и шеи, осложненных тотальными медиастинитами, сепсисом. Все больные с аррозивными кровотечениями в данном исследовании являлись мужчинами молодого и среднего возраста.

Источниками кровотечений являлись щитовидные артерии (анастомозы), внутренняя яремная вена

и вены-анастомозы, впадающие в подключичную вену. Непосредственные причины развития осложнений: одонтогенный воспалительный процесс, перфорация ротоглотки инородным телом с последующим развитием флегмоны шеи. Летальность — 66,7%. Все кровотечения наружные, вторичные поздние, острые. Фоновой соматической патологии в данной группе не выявлено.

Обозначенные закономерности подтверждают распространенность патологии среди пациентов с одонтогенным сепсисом. Длительные сроки лечения и высокая летальность отражают значимость проблемы в социально-экономическом, демографическом, моральном и других аспектах.

Данная проблема требует дальнейшего всестороннего исследования, целью которого является оптимизация диагностики, повышение эффективности лечения и снижение летальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белобородов В.Б. Сепсис. М., 2000. — 13 с.
2. Будаев А.П. Диагностика и лечение сепсиса у челюстно-лицевых больных на фоне сопутствующей патологии. Дис. канд. мед. наук Воронеж, 2001. — 139 с.
3. Воложин А.И. Осложненное течение острого воспалительного процесса: ранняя диагностика и принципы лечения // Стоматология. — 1995. — Т. 74. — № 1. — С. 34–37.
4. Граменицкий А.Б. Хирургический сепсис. Ярославль, 2001. — 299 с.
5. Гологорский В.А., Багдатов В.Е., Гельфанд Б.Р. и др. Изменение метаболической функции легких и содержание биологически активных веществ в крови больных респираторным дистресс-синдромом // Анестезиология и реаниматология — 1992. — № 1. — С. 20–22.
6. Кассиль В.Л., Золотокрылина Е.С. Острый респираторный дистресс-синдром. — М.: Медицина, 2003. — 224 с.
7. Радушкевич В.Л., Барташевич Б.И., Караваев Ю.Н. Реанимация и интенсивная терапия в практике скорой медицинской помощи. — Воронеж, 2000. — 390 с.
8. Bone R.C., Spring C.L., Sibbald W.G. Difinitions for sepsis and organ failure // Crit. Care Med. — 1992. — Vol. 6. — P. 724–726.
9. Bone R. The sepsis syndrome: Definition and general approach to management // Clinics in Chest Medicine. — 1996. — Vol. 17. — N2. — P. 175–181.
10. Marin H. Kollef. Epidemiology and risk factors for nosocomial pneumonia. Clinics in Chest Medicine V.120, N.3, Sep., 1999, P. 653–670.
11. Sessler C.N., Bloomfield G.L., Fowler A.A. Current concepts of sepsis and acute lung injury // Clinics in chest medicine. — 1996. — Vol. 17. — № 2. — P. 213–235.

© Зубрицкий Владислав Феликсович (zubvlad2009@yandex.ru), Оганесян Арман Аршакович (oganesyan@bsu.edu.ru),
Петраш Денис Александрович (gromov.alexandr2011@yandex.ru), Тишков Денис Сергеевич (den-tishkov@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный университет пищевых производств

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУПИРОВАНИЯ РАННЕГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У ПАЦИЕНТОВ СТАРШИХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF RELIEF OF EARLY PAIN SYNDROME AFTER SURGICAL INTERVENTIONS ON THE LOWER JAW IN PATIENTS OF OLDER AGE GROUPS

N. Maksimova

Summary. The article analyzes a comparative study of the effectiveness of the use of the drug Ketorol-express and ibuprofen in 32 patients aged 68 to 77 years with no teeth in the lower jaw. The patients participating in the study underwent surgery to increase the depth of the vestibule of the mouth. The assessment of the physiological state was carried out on the basis of clinical examination methods and the assessment of the severity of pain syndrome on a scale of pain with various facial expressions — Faces pain scale — revised (FPS–R).

Purpose. Comparative analysis of the efficacy and safety of the use of Ketorol-express in the early postoperative period in patients of older age groups after surgical interventions on the mandible with complete adentia.

Methods. In 32 patients of older age groups in the early postoperative period, their physiological state was assessed based on clinical examination methods and the severity of pain syndrome was assessed using a pain scale with different facial expressions — Faces pain scale — revised (FPS–R).

Results and Summary. Thus, analyzing the data of the study, we can say that the use of the dispersible form of the Ketorol-express drug in the initial period of the onset of early pain syndrome after surgery can significantly reduce the severity of initial surgical pain, it is safe and does not aggravate general somatic diseases of patients in older age groups.

Keywords: non-steroidal anti-inflammatory drugs, deepening of the vestibule of the mouth, postoperative pain relief, complete adentia, elderly and old age.

Максимова Наталья Владимировна
ФГБОУ ВО «Рязанский медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства
здравоохранения Российской Федерации (г. Рязань)
natali2411@bk.ru

Аннотация. В статье проведён анализ сравнительного исследования эффективности применения лекарственного препарата Кеторол-экспресс и ибупрофена у 32 пациентов в возрасте от 66 до 78 лет с отсутствием зубов в области нижней челюсти. Пациентам, участвующим в исследовании, провели оперативные вмешательства по поводу увеличения глубины преддверия рта.

Цель. Сравнительный анализ эффективности и безопасности применения Кеторол-экспресс в раннем послеоперационном периоде у пациентов старших возрастных групп после хирургических вмешательств на нижней челюсти с полной адентией.

Материал и методы. У 32 пациентов старших возрастных групп в раннем послеоперационном периоде проводилась оценка их физиологического состояния на основании клинических методов обследования и оценка выраженности болевого синдрома по шкале боли с различными выражениями лиц — Faces pain scale — revised (FPS–R).

Результаты и выводы. Таким образом, анализируя данные исследования можно сказать о том, что применение диспергируемой формы препарата Кеторол-экспресс в начальном периоде наступления раннего болевого синдрома после хирургического вмешательства в значительной степени может снижать выраженность начальной оперативной боли, безопасно и не усугубляет общесоматические заболевания пациентов старших возрастных групп.

Ключевые слова: нестероидные противовоспалительные препараты, углубление преддверия рта, послеоперационное обезболивание, полная адентия, пожилой и старческий возраст.

По данным Росстата со ссылкой на британское издание The Spectator Index, в 2019 году в России были зарегистрированы 14% россиян, перешагнувших 65-летний рубеж и страдающих не только соматическим здоровьем, но и здоровьем полости рта [1]. Одной из наиболее распространённой патологии зубочелюстной системы людей, достигших пожилого и старческого возраста, представляет собой полная утрата зубов. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что большая доля людей старше 65 лет для замещения отсутствующего зубного ряда нуждаются в протезировании полными съёмными протезами. С возрастом и длительным отсутствием зубов ухудшаются условия, необходимые для фиксации протезов в полости рта. В связи с этим, обязательным условием, осуществляемым на этапе предпротезной подготовки, является хирургическая подготовка тканей протезного ложа на беззубой челюсти для проведения качественного этапа ортопедического лечения.

Специализированная хирургическая тактика лечения челюстей с отсутствием зубов включает в себя большое количество манипуляций, которые неизбежно сопровождаются болевым синдромом в раннем постоперационном периоде.

С точки зрения пациента период, который он переживает после операции характеризуется болью различной степени выраженности, сопровождающимся отёком мягких тканей. Организм на ранний болевой синдром реагирует серьезными нарушениями гомеостаза, заключающихся в метаболических, гормональных, респираторных и других расстройствах [3,4]. Неотъемлемой частью медикаментозной терапии в ранний послеоперационный период является адекватная терапия боли [2]. На сегодняшний день достаточно широк выбор препаратов для послеоперационного обезболивания, но учитывая пожилой и старческий возраст пациентов, наличие у них разнообразной соматической патологии и большое количество ежедневно принимаемых лекарственных препаратов, круг обезболивающих средств значительно сужается.

Поиск препаратов, которые в ранний послеоперационный период оказывают быстрое и мощное обезболивание в минимальных дозах, что делает его использование безопасным для пациентов данной возрастной группы, остается актуальным.

Цель исследования

Сравнительный анализ эффективности и безопасности применения диспергируемой формы препарата Кеторол-экспресс в раннем послеоперационном периоде

у пациентов старших возрастных групп после хирургических вмешательств на нижней челюсти с полной адентией.

Материал и методы исследования

В проведенном проспективном рандомизированном сравнительном клиническом исследовании анализировалось течение раннего послеоперационного периода 32 пациентов в возрасте от 66 до 78 лет, прооперированных по поводу углубления преддверия рта в области нижней челюсти при полной адентии. По гендерному признаку соответственно было 19 женщин и 13 мужчин. Соответственно критериям включения, для участия в исследовании были отобраны пациенты старших возрастных групп с полной адентией и сложными клиническими условиями протезного ложа, относящиеся ко 2–3 типу беззубой челюсти по Оксману. Все пациенты нуждались в повторном ортопедическом лечении полными съёмными пластиночными протезами. Критериями исключения из клинического исследования были: тяжелая соматическая патология в стадии декомпенсации и отказ от хирургического этапа лечения перед протезированием. До операции все пациенты направлялись на консультацию к лечащим врачам соответствующего профиля в связи с наличием у них соматических заболеваний. После получения заключения, об отсутствии противопоказаний к хирургическому вмешательству в полости рта и подписания добровольного информированного согласия на хирургическое вмешательство, проводилась операция.

Независимо от распределения на группы исследования: основную, состоящую из 16 пациентов и группу сравнения, также включающую 16 пациентов, проводили операции по поводу углубления преддверия рта открытыми методиками. По данным ряда ранее проведенных исследований установлено, что максимальная интенсивность болевого синдрома проявляется через 1–2 часа после операции. Основываясь на данные проведенных исследований, пациентам основной группы первый прием диспергируемой формы препарата Кеторол-экспресс в дозировке 10 мг (1 таблетка) назначался непосредственно после перенесённой операции по мере ослабления действия анестетика. В дальнейшем, пациенты основной группы принимали препарат Кеторол-экспресс по мере наступления боли, но не более 3-х таблеток в день. Пациенты группы сравнения в качестве препарата, снижающего боль, принимали Ибупрофен по 1 таблетке не более 3-х раз в день.

Важность постоянной оценки степени выраженности послеоперационного болевого синдрома опреде-

ляется, в первую очередь, тем, что данный период является неотъемлемой частью клинического комплекса симптомов, отражая динамику состояния пациента.

Выраженность боли оценивалась с периодичностью в 4–8 часов и зависела от интенсивности болевого синдрома и качества обезболивания при использовании анальгетиков. Боль, испытываемая пациентом после операции, являлась субъективным моментом исследования, но несмотря на это, именно самооценка боли признана наиболее ценным инструментом.

Выраженность испытываемой боли в области хирургической раны в ранний период на основе субъективных болевых ощущений пациента оценивалась по шкале боли с различными выражениями лиц — Faces pain scale — revised (FPS–R). Состояние пациентов контролировалось путем клинического наблюдения в течение первого часа после окончания операции, на 2-е и 5-е сутки. До начала оперативного вмешательства проводилось измерение общеклинических показателей — артериального давления и уровень частоты сердечных сокращений. Повторное измерение данных показателей проводилось через 15–20 минут после приёма анальгезирующих препаратов в постоперационный период.

Путем устного опроса, согласно FPS–R, характер болевых ощущений пациент оценивал по шкале от 1 до 10, где 0 означает «нет боли» и 10 — «очень сильная боль» или использовал мимику от довольного выражения лица до огорченного. В случае отсутствия боли состояние пациента оценивалось как 0 (ноль) баллов. Анализировалось состояние пациента по мере окончания действия местной анестезии, в первые сутки, на 2-е и 5-е сутки. Об эффективности лечения судили по срокам устранения болевых ощущений, а также по развитию побочных эффектов, возникших при приеме лекарств. Измерение исходного уровня выраженности боли проводили через 30 минут после ослабления действия анестетика.

Результаты исследования

В результате исследования общее состояние пациентов основной группы в послеоперационном периоде не страдало, пациенты не отметили увеличения интенсивности болевого синдрома в этот период и обострения основного соматического заболевания. Рекомендовалась мягкая, не вызывающая раздражения пища, употребляемая в привычном режиме питания. Путем исследования установлено, что эффективность ранней анальгезии после хирургических стоматологических вмешательств у пациентов, применявших Кеторол-экс-

пресс в виде диспергируемой таблетки, во всех случаях (16 человек) оценивалась как «нет боли» и «слабая боль». Касаемо пациентов группы сравнения, принимавшие в качестве препарата, снижающего боль, Ибупрофен, то 64% от общего количества пациентов данной группы, на указывали на сохранение умеренных болей, в среднем по 4 балла по вербальной рейтинговой описательной шкале боли в течение первых 2-х суток после операции и у 36% пациентов данной группы сохранялись боли слабой интенсивности в течение 3-х суток после оперативного вмешательства. К 3-м суткам после операции интенсивность боли не превышала 1 балла по шкале боли с различными выражениями лиц.

Клинически оценивая ранний послеоперационный период установлено, что на 2-е сутки после операции у всех пациентов, независимо от группы исследования наблюдался незначительный коллатеральный отёк окружающих мягких тканей; температуры тела в обеих группах была в пределах физиологической нормы. При последующем посещении на 5-е сутки после операции конфигурация лица всех пациентов была не нарушена, температура тела в норме.

До проведения хирургической операции существенных различий при измерении артериального давления и частоты сердечных сокращений в обеих группах не выявлено. В ранний постоперационный период на фоне приёма Кеторол-экспресс в основной группе не зафиксированы изменения в динамике подъёма артериального давления и усиления частоты сердечных сокращений. В группе сравнения у 3-х пациентов наблюдалось повышение артериального давления на фоне ослабления действия анестетика. При проведении устного опроса пациентов по поводу развития возможных диспепсических явлений на фоне приема нестероидных противовоспалительных препаратов в группе сравнения у 3-х пациентов, принимавших препарат Ибупрофен по 3 таблетке в день на протяжении 3-х дней, наблюдались незначительные боли в эпигастральной области.

Вывод

Таким образом, анализируя данные исследования можно сказать о том, что применение диспергируемой формы препарата Кеторол-экспресс в начальном периоде наступления раннего болевого синдрома после хирургического вмешательства в значительной степени может снижать выраженность начальной оперативной боли, безопасно и не усугубляет общесоматические заболевания пациентов старших возрастных групп. Таким образом, можно рекомендовать Кеторол-экспресс как препарат первого выбора для предотвращения послеоперационной боли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иорданишвили А.К. и др. Стоматологический статус людей пожилого и старческого возраста // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23. № 4. С. 644–651.
2. Костина И.Н. Терапия послеоперационной боли в амбулаторной практике стоматолога // Проблемы стоматологии. 2011. № 2. С. 27–29.
3. Лучихин Л.А., Господарь М.А., Кононова Н.А., Аксенова О.В. Применение кеторола в ЛОР-практике // Вестн. оториноларингологии. 2004. № 5. С. 42–45.
4. Овечкин А.М., Гнездилов А.В., Кукушкин М.Я. Профилактика послеоперационной боли: патогенетические основы и клиническое применение // Анестезиология и реаниматология. 2000. № 5. С. 71–76.

© Максимова Наталья Владимировна (natali2411@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Рязанский государственный медицинский университет имени И.П. Павлова

ТАКТИКА ЛЕЧЕНИЯ ГИГАНТСКИХ ГРЫЖ ПЕРЕДНЕЙ БРЮШНОЙ СТЕНКИ

TACTICS OF GIANT HERNIAS OF THE ANTERIOR ABDOMINAL WALL TREATMENT

**S. Rozhnov
O. Pervova**

Summary. The authors of the article consider the problem of choosing the tactics of surgical treatment of patients with anterior abdominal wall giant hernias. Various variants of non-tensioned hernioplasty, as well as the choice of tactics in patients with concomitant diseases, in children, were analyzed. As a result, it was concluded that the choice of tactics should be carried out on an individual basis, taking into account such factors as age, health status, etc.

Keywords: giant hernias, hernioplasty, treatment tactics, anterior abdominal wall.

Рожнов Сергей Викторович

Ординатор, Красноярский государственный
медицинский университет имени профессора
В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения
Российской Федерации
serg.rojnoff@icloud.com

Первова Ольга Владимировна

Д.м.н., профессор, Красноярский государственный
медицинский университет имени профессора
В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения
Российской Федерации

Аннотация. Авторы статьи рассматривают проблему выбора тактики хирургического лечения пациентов с гигантскими грыжами передней брюшной стенки. Проанализированы различные варианты ненатяжной герниопластики, а также выбор тактики у пациентов с сопутствующими заболеваниями, у детей. В результате был сделан вывод, что выбор тактики должен осуществляться на индивидуальной основе с учетом таких факторов как возраст, состояние здоровья и др.

Ключевые слова: гигантские грыжи, герниопластика, тактика лечения, передняя брюшная стенка.

На сегодняшний день хирургическое лечение грыж передней брюшной стенки остается актуальной проблемой. Это обусловлено, прежде всего, широкой распространенностью данной патологии — по некоторым данным грыженосительство встречается у 4–7% населения Земли и тенденции к снижению количества таких больных не отмечается (Асланов А.Д. и др., 2020). Отчасти этот факт, по мнению специалистов, обусловлен все более активной хирургической тактикой в лечении ряда заболеваний органов брюшной полости. В итоге, от 7,5% до 24% случаев осложняются послеоперационными вентральными грыжами. Особой сложностью отличаются гигантские послеоперационные грыжи, доля которых среди всех вентральных грыж достигает 25% (Ермолов А.С. и др., 2018; Кулиев С.А. и др., 2020). Еще больше утяжеляет ситуацию преобладание в данной категории больных лиц пожилого и старческого возраста с тяжелыми сопутствующими заболеваниями — их доля достигает 80–85%. В свою очередь, отягчающие сопутствующие заболевания обуславливают высокую летальность таких пациентов — она составляет около 7–10%, а при осложненном течении заболевания достигает 35% (Егивев В.Н. и др., 2018).

Учитывая вышесказанное становится очевидной необходимость разработки эффективных методов хирургического лечения гигантских грыж. Между тем, традиционные методы аутопластики приводят к рецидивам в 20–60% наблюдений. При этом имеются сведения об увеличении на 10% частоты рецидивов при повторных операциях по поводу рецидивных послеоперационных вентральных грыж (Ермолов А.С. и др., 2017). В этой связи, для решения проблемы лечения гигантских грыж передней брюшной стенки все чаще стали использовать различные методы ненатяжной герниопластики, которые не способствуют повышению внутрибрюшного давления. В настоящее время лидирующее место занимают протезирующие методики герниопластики, поскольку их использование позволило существенно сократить частоту рецидивных грыж до 5–10%, а по некоторым данным — даже до 4%. (Гогия Б.Ш. и др., 2016). Однако, в обширном обзоре В.А. Паршиковой (2019) показано, что у значительной доли больных, перенесших имплантацию сетчатых эндопротезов, развиваются осложнения, особое место среди них занимают гнойно-септические. Это ставит перед специалистами задачу усовершенствования применяемых методик протезирующей герниопластики.

В настоящее время применяется несколько методов пластики передней брюшной стенки с использованием эндопротезов: on lay, in lay, sub lay, ретроперитонеально и интраперитонеально. Ряд специалистов отмечает, что при использовании интраперитонеального метода длительность операции сокращается, также как и объем рассечения тканей, что выгодно отличает его от других методов (Гогия Г.Ш. и др., 2016). Между тем, по данным С.Е. Гуменюка с соавт. (2017) onlay, inlay способы герниопластики характеризуются лучшими показателями физического здоровья в позднем послеоперационном периоде. Способы sublay-пластики оказывают большее влияние на здоровье пациента в послеоперационном периоде. Однако, показатели психического здоровья превосходят более простые методики герниопластики.

Что касается методик, то сегодня применяются в основном две методики пластики брюшной стенки с использованием эндопротезов: открытая и лапароскопическая. Каждая из них имеет недостатки, особенно при пластике грыжевых ворот у больных большими и гигантскими послеоперационными грыжами (грыжевые ворота > 10 см в диаметре). Следует также отметить, что наряду со снижением частоты рецидивирования грыж, процент послеоперационных местных осложнений остается высоким (от 17 до 50%). Значительная доля осложнений связана с необходимостью выполнения большого разреза с обширным рассечением тканей. Это стимулирует специалистов к поиску новых, более эффективных и безопасных методов лечения.

Например, в работе Б.Ш. Гогия с соавт. (2017) изложен опыт применения гибридной методики герниопластики у больных с гигантскими грыжами передней брюшной стенки. Эта методика представляет собой комбинацию открытой и лапароскопической техник. Следует отметить, что лапароскопическая методика герниопластики имеет ряд преимуществ по сравнению с открытым доступом — снижение интенсивности болевого синдрома в послеоперационном периоде, уменьшение количества койко-дней, снижение частоты послеоперационных осложнений. Однако, при развитии гигантских грыж лапароскопический доступ непросто осуществить, поскольку у пациентов нередко отмечается спаечный процесс, что повышает риск перфорации кишечника. В этой связи авторы прибегли именно к гибриднему методу. Для пластики брюшной стенки применялись комбинированные эндопротезы. В результате было установлено, что активизация всех пациентов произошла на 1–2-й день послеоперационного периода.

А.Д. Асланов с соавт. (2020) изучили эффективность ненатяжной герниопластики в сравнительном

аспекте с традиционной тактикой лечения гигантских грыж передней брюшной стенки. В результате проведенного исследования были выявлены преимущества именно ненатяжной герниопластики перед пластикой местными тканями. Эти преимущества заключались в меньшем количестве койко-дней, более ранней активизации пациентов, низкой частоте и небольшой тяжести осложнений при использовании указанного подхода. Кроме того, при анализе отдаленных результатов ненатяжной герниопластики было установлено, что рецидив у пациентов данной группы наблюдался лишь в 3% случаев, тогда как после использования натяжного метода — у 17,8% больных, т.е. значительно чаще. Авторы также отметили, благодаря использованной ими методике пришивания лоскута грыжевого мешка или сальника на питающей ножке к висцеральной стороне сетчатого протеза, удалось таких осложнений как деструкция протеза с последующей миграцией его фрагментов в просвет пищеварительного тракта, а также формирование кишечных свищей. В качестве ведущего преимущества этого типа операций авторы называют отсутствие натяжения тканей, что позволяет избежать повышения внутрибрюшного давления при вправлении содержимого грыжевого мешка в брюшную полость и, соответственно, развития ряда тяжелых осложнений. В целом, можно отметить, что использование ненатяжной герниопластики позволяет достичь хорошего клинического эффекта, а также существенно снизить затраты на лечение больных с гигантскими грыжами.

В свою очередь А.С. Ермолов с соавт. (2019), отмечают, что у пациентов с гигантскими грыжами, с относительным объемом грыжи при рентгеновской компьютерной герниоабдоминометрии более 18% показано проведение протезирования брюшной стенки с применением корригирующей пластики по методике submuscular-inlay. При этом окончательное решение о методике коррекции принимают по результатам комплексного интраоперационного мониторинга и выбора оптимального заданного диастаза, позволяющего минимизировать интраабдоминальную гипертензию. Хорошие безрецидивные результаты были получены авторами при хирургическом лечении пациентов с гигантскими грыжами, полученные при использовании модифицированной корригирующей пластики по типу задней сепарации.

Возможности применения задней сепарационной пластики в лечении пациентов с гигантскими грыжами передней брюшной стенки посвящена статья И.С. Малкова с соавт. (2017). Авторы провели сравнительный анализ эффективности указанного подхода (TAR-пластика в модификации Ю. Новицкого) с традиционной ненатяжной inlay пластикой. В результате было уста-

новлено, что задняя сепарационная пластика брюшной стенки в модификации Ю. Новицкого является безопасной и эффективной методикой, что позволило авторам рекомендовать ее к применению у пациентов с гигантскими послеоперационными вентральными грыжами. Практически аналогичные результаты были получены и авторами другого исследования, посвященного оценке эффективности этой методики у пациентов с гигантскими грыжами передней брюшной стенки (Самарцев В.А. и др., 2017). Исследователи отметили низкую частоту развития осложнений в послеоперационном периоде (7,4%) и отсутствие летальных исходов. В то же время, они акцентируют внимание на том, что выбор способа сепарационной пластики передней брюшной стенки при послеоперационных гигантских вентральных грыжах должен быть индивидуален для каждого пациента. В свою очередь, В.Н. Егиев с соавт. (2017) отмечают, что после выполнения задней сепарационной пластики при лечении пациентов с гигантскими послеоперационными вентральными грыжами и тяжелой сопутствующей патологией отмечены достаточно редкое развитие раневых осложнений, низкий процент рецидива грыж и улучшение качества жизни в отдаленном периоде.

В то же время, в работах ряда авторов было показано, что и передние ненапряжные комбинированные протезирующие способы герниопластики являются эффективными при лечении больных с гигантскими грыжами (Белоконев В.И. и др., 2018). При их применении отмечается увеличение объема брюшной полости за счет разворота передних листков влагалищ прямых мышц живота, что снижает риск развития абдоминального компартмент-синдрома. Авторы обращают особое внимание, что при строгом соблюдении техники выполнения оперативных вмешательств частота осложнений и рецидивов при использовании передних ненапряжных комбинированных протезирующих способов герниопластики может быть сведена к минимуму.

Между тем, А.Э. Павлов с соавт. (2020) обращают внимание на такой феномен при хирургическом лечении гигантских грыж как повышение внутрибрюшного давления. Авторы напоминают, что ведущей причиной смерти у больных с гигантскими грыжами является развитие тяжелой сердечно-легочной недостаточности в раннем послеоперационном периоде из-за резкого повышения внутрибрюшного давления после пластики грыжевых ворот местными тканями и развития синдрома интраабдоминальной гипертензии. Это связано с потерей домена у данной группы пациентов. С целью профилактики этого явления они предлагают накладывать прогрессивный пневмоперитонеум пациентам с грыжами, сопровождающимися потерей домена, для облегчения пластики грыжевых ворот. По мнению авто-

ров, это позволяет подготовить пациентов к умеренной степени абдоминальной гипертензии, которую они переносят легче.

Весьма важным аспектом обсуждаемой проблемы является хирургическая тактика в отношении гигантских грыж у пациентов детского возраста. В настоящее время мнения специалистов о возможности использования имплантационных материалов для закрытия больших мышечно-апоневротических дефектов передней брюшной стенки у детей весьма сильно расходятся. Это обусловлено, с одной стороны, возрастными особенностями детского организма, которые ограничивают использование синтетических материалов. С другой стороны, у детей отмечается недостаток массива мягких тканей, чтобы укрыть имплант. В последние годы в серии экспериментальных работ была обоснована возможность применения у данного контингента пациентов материалов на основе коллагена (Горский В.А. и др., 2016). Так, в исследовании А.Ю. Разумовского с соавт. (2017) авторы применяли биологический материал (porcine dermal collagen), который представляет собой поперечносвязанный чистый бесклеточный коллаген и эластин. Это обуславливает отсутствие у него антигенных свойств и развитие минимальной воспалительной реакции. Следует отметить, что наблюдения авторов за эффективностью и безопасностью этого материала у детей пока ограничены несколькими клиническими случаями, что не позволяет сделать достоверные выводы.

Следует отметить, что, хотя большинство хирургов сегодня и отдают предпочтение эндопротезированию в лечении пациентов с гигантскими грыжами, все же не прекращаются попытки усовершенствовать методику аутопластики. Так, А.А. Ботезату с соавт. (2017) предлагают в качестве альтернативы эндопротезированию собственные методы ненапряжной герниопластики, который сочетает в себе функционально обоснованные способы аутопластики с аутодермопластикой. Первый метод подразумевает применение разработанного авторами способа фиксации медиальных краев прямых мышц — формирование общего футляра прямых мышц по средней линии с последующей консолидацией аутопластики и замещением параректальных дефектов однослойными аутодермальными трансплантатами. Второй способ представляет собой сочетание операции O. Ramirez с операцией H. Welti. За счет четырех релаксирующих разрезов апоневроза по спигелиевым линиям и передних стенок влагалищ прямых мышц живота происходит максимальное увеличение объема брюшной полости. Консолидация аутопластики, замещение параректальных дефектов и срединного дефекта влагалищ прямых мышц живота осуществляется однослойными аутодермальными трансплантатами.

Клиническая апробация этих методов позволила авторам установить, что частота осложнений в послеоперационном периоде составила всего 15,3%, а доля осложнений (при катamnестическом наблюдении в течение 15 лет) — 2,8%.

Проблему хирургического лечения пациентов с одновременным наличием гигантской грыжи и сопутствующими заболеваниями попытались решить О.Ю. Гербали и А.В. Косенко (2019) с помощью симультанных вмешательств. Авторы считают необходимым применять дифференцированный подход к определению тактики лечения подобных пациентов. В частности, у пациентов с гигантскими грыжами, ожирением и желчно-каменной болезнью они использовали различные варианты герниопластики (как натяжную, так и ненатяжную) с симультанной лапароскопической хо-

лецистэктомией и традиционной абдоминопластикой. В итоге, хотя частота осложнений и достигала 30,5%, но они были преимущественно нетяжелыми, что позволило авторам оценить использованную ими тактику как высокоэффективную.

Таким образом, актуальность выбора тактики хирургического лечения пациентов с гигантскими грыжами передней брюшной стенки обусловлена, с одной стороны, их широкой распространенностью, а с другой — с неудовлетворительными результатами ранее применявшихся методик. На основании анализа литературных данных можно прийти к выводу, что выбор тактики хирургического лечения данного контингента пациентов должен осуществляться на индивидуальной основе — с учетом возраста, наличия сопутствующих заболеваний, риска развития осложнений и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланов А.Д., Логвина О.Е., Сахтуева Л.М. и др. Сравнительная оценка эффективности ненатяжной и традиционной герниопластики // Московский хирургический журнал. — 2020. — вып. 2 (72). — С. 61–68
2. Асланов А.Д., Логвина О.Е., Калибатов Р.М. и др. Ненатяжная герниопластика и абдоминопластика у пациентов с морбидным ожирением // Московский хирургический журнал. — 2020а. — № 2 (72). — С. 45–53
3. Белоконев В.И., Пономарева Ю.В., Пушкин С.Ю. и др. Передняя протезирующая герниопластика комбинированным способом при больших и гигантских вентральных грыжах // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2018. — № 5. — С. 45–50
4. Ботезату А.А., Райляну Р.И., Маракуца Е.В., Монул С.Г. Функционально обоснованные методы аутопластики в сочетании с аутодермопластикой при лечении больших и гигантских срединных грыж // Вестник Приднестровского университета / Серия: медико-биологические и химические науки. — 2017. — вып. 2 (56). — С. 12–18
5. Гербали О.Ю., Косенко А.В. Симультанные вмешательства у больных с осложненными формами послеоперационных вентральных грыж и деформаций передней брюшной стенки. // Кубанский научный медицинский вестник. — 2019. — вып. 26(1). — С. 88–93
6. Гогия Б.Ш., Аляутдинов Р.Р., Кармазановский Г.Г. Гибридные технологии в лечении послеоперационных вентральных грыж // Высотехнологическая медицина. — 2017. — № 3. — С. 4–9
7. Гогия Б.Ш., Аляутдинов Р.Р., Копыльцов А.А., Токарева Т.В. Современный взгляд на лечение послеоперационных грыж брюшной стенки // Consilium medicum. Хирургия. — 2016. — № 2. — С. 6–8
8. Горский В.А., Сивков А.С., Титков Б.Е. и др. Опыт интраабдоминального использования однослойной коллагеновой пластины у больных вентральными грыжами // Иппова. — 2016. — № 2 (3). — С. 30–34
9. Гуменюк С.Е., Губиш А.В., Попов А.Ю. и др. Сравнительный анализ качества жизни пациентов при различных вариантах герниопластики в лечении грыж живота // Кубанский научный медицинский вестник. — 2017. — № 2 (163). — С. 61–64
10. Егиев В.Н., Кулиев С.А., Евсюкова И.В. Опыт выполнения передней сепарационной пластики у пациентов пожилого и старческого возраста // Клиническая геронтология. — 2018. — № 7–8. — С. 14–16
11. Егиев В.Н., Кулиев С.А., Евсюкова И.В. Результаты задней сепарационной пластики у пациентов со срединными вентральными грыжами // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского. — 2017. — № 2. — С. 29–32
12. Ермолов А.С., Благовестнов Д.А., Алексеев А.К. и др. Хирургическое лечение пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2019. — № 9. — С. 38–43
13. Ермолов А.С., Корошвили В.Т., Благовестнов Д.А. Послеоперационные вентральные грыжи — нерешенные вопросы хирургической тактики. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2018. — № 10. — С. 81–86
14. Ермолов А.С., Корошвили В.Т., Благовестнов Д.А. и др. Послеоперационные грыжи живота: распространенность и этиопатогенез. Хирургия. Журнал Хирургия им. Н.И. Пирогова. // 2017. — № 5. — С. 76–82.
15. Кулиев С.А., Протасов А.В., Коссович М.А. Факторы риска, влияющие на развитие осложнений у пациентов с гигантскими послеоперационными вентральными грыжами // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. — 2020. — Т. 8, № 1 (27). — С. 7–11.
16. Малков И.С., Филиппов В.А., Шаймарданов Р.Ш. и др. Опыт выполнения задней сепарационной пластики при гигантских послеоперационных вентральных грыжах // Казанский медицинский журнал. — 2017. — Т. 98, № 4. — С. 636–640

17. Павлов А.Э., Воронов А.В., Ухожанский В.А. и др. Опыт применения методики прогрессивного пневмоперитонеума у пациентов с гигантскими грыжами // *Здравоохранение Дальнего Востока*. — 2020. — № 4. — С. 76–80
18. Паршикова В.А. Воспалительные осложнения протезирующей пластики брюшной стенки: диагностика, лечение и профилактика (обзор) // *Современные технологии в медицине*. — 2019. — вып. 11 (3). — С. 158–178
19. Разумовский А.Ю., Смирнов А.Н., Дронов А.Ф. и др. Лечение обширных грыжевых дефектов передней брюшной стенки у детей // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. — 2017. — № 4. — С. 46–50
20. Самарцев В.А., Гаврилов В.А., Паршаков А.А., Кузнецова М.В. Задняя сепарационная герниопластика TAR при послеоперационных вентральных грыжах W3 // *Пермский медицинский журнал*. — 2017. — Т. XXXIV, № 1. — С. 35–38

© Рожнов Сергей Викторович (serg.rojnoff@icloud.com), Первова Ольга Владимировна.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Красноярский Государственный Медицинский Университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О НЕХИМИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЯХ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ПАТОГЕНЕЗ, ПУТИ КОРРЕКЦИИ (ОБЗОР)

MODERN CONCEPTS OF NONCHEMICAL DEPENDENCES: CLASSIFICATION, PATHOGENESIS, WAYS OF CORRECTION (OVERVIEW)

S. Rudenko
T. Pogodina
A. Suslov
A. Zanozin

Summary. The study is devoted to modern concepts of non-chemical addictions that have a negative impact on the development of a person's personality. Unlike chemical addictions, where the object of addiction is a surfactant, with nonsubstantial (non-chemical) addictions, it becomes a behavioral pattern. The article systematizes various classifications of non-chemical dependencies, highlights their place in ICD10. It is revealed that genetic, social, psychological, biological and neurophysiological risk factors are distinguished in the pathogenesis of their occurrence and development. Thus, the neurophysiological mechanism of the formation of non-chemical dependence is based on the fact that a "failure" of the positive reinforcement system occurs, as a result of which a large amount of dopamine is released, the stress system and impulsive behavior are activated. The result of the formation of non-chemical addictions for the subject can be the development of various disorders and personality deformations, such as destruction of the system of motives, values and individual morality, exacerbation of accentuations, an increase in anxiety, aggressiveness, etc. All this can lead to the development of social maladjustment. It has been established that the ways of correction include psychotherapy, psychopharmacotherapy or their combination. Understanding the mechanisms underlying dominant motivation and decision-making is key to successfully treating non-chemical addictive disorders.

Keywords: non-chemical addictions, behavioral addictions, addiction, mechanisms of formation, correction.

Руденко Сергей Вячеславович

Ассистент, ФГКОУ ВО «Нижегородская Академия
Министерства Внутренних Дел Российской
Федерации»
na@mvd.gov.ru

Погодина Татьяна Григорьевна

Профессор, ФГКОУ ВО «Нижегородская Академия
Министерства Внутренних Дел Российской
Федерации»

Суслов Александр Геннадьевич

Доцент, ФГКОУ ВО «Нижегородская Академия
Министерства Внутренних Дел Российской
Федерации»

Занозин Андрей Владимирович

Доцент, ФГКОУ ВО «Нижегородская Академия
Министерства Внутренних Дел Российской
Федерации»

Аннотация. Исследование посвящено современным представлениям о нехимических аддикциях, которые оказывают негативное влияние на развитие личности человека. В отличие от химических, где объектом зависимости является ПАВ, при несубстантивных (нехимических) им становится поведенческий паттерн. В статье систематизированы различные классификации нехимических зависимостей, выделено их место в МКБ 10. Выявлено, что в патогенезе их возникновения и развития выделяют генетические, социальные, психологические, биологические и нейрофизиологические факторы риска. Так, нейрофизиологический механизм формирования нехимической зависимости основан на том, что происходит «сбой» системы положительного подкрепления, вследствие чего высвобождается большое количество дофамина, происходит активация системы стресса и импульсивного поведения. Результатом формирования нехимических аддикций для субъекта может стать развитие различных расстройств и деформации личности, таких как разрушения системы мотивов, ценностей и индивидуальной морали, обострение акцентуаций, рост тревоги, агрессивности и т.д. Всё это может приводить к развитию социальной дезадаптации. Установлено, что пути коррекции включают в себя психотерапию, психофармакотерапию или их комбинацию. Понимание механизмов, лежащих в основе формирования доминирующей мотивации и принятия решений, является ключом к успешному лечению нехимических аддиктивных расстройств.

Ключевые слова: нехимические зависимости, поведенческие зависимости, аддикция, механизмы формирования, коррекция.

Введение

Зависимость канонически относится к злоупотреблению психоактивными веществами, однако с 1990-х годов этот термин был расширен и теперь включает поведение, которое может привести к вознаграждению (например, азартные игры, еда или покупки). Часть исследователей данной проблемы рассматривают ее развитие как результат приспособления лица к особым жизненным условиям, дающий возможность не только справиться с психоэмоциональным напряжением, но и получить удовольствие, изменившись таким образом. То есть развитие аддикции – это сложный процесс, имеющий, казалось бы, не предвещающее опасности начало, течение с постепенным усложнением симптоматики и логичное завершение в виде сформировавшегося зависимого поведения. Зависимость в наркологии часто определяется как навязчивое употребление психоактивных веществ, несмотря на негативные последствия. Аддикция развивается не у каждого человека, который неоднократно подвергался воздействию вызывающего привыкание вещества. Имеет значение сочетание генетической предрасположенности и факторов окружающей среды. Как и зависимость, аддикция связана с изменениями в мозге, которые влияют на те анатомические области, которые связаны с вознаграждением и мотивацией. Они заставляют людей ценить вызывающее привыкание вещество и получать непревзойденное удовольствие или счастье при его потреблении [1]. Таким образом, зависимость можно определить как изменение толерантности к чему-либо, что психологически или физически вызывает привыкание [2]. Поведенческая зависимость подразумевает постоянное участие в определенной деятельности, несмотря на связанные с ним негативные последствия. Первоначальным был поиск удовольствия и удовлетворения, однако затем с течением времени она стала необходимой, чтобы чувствовать себя просто физически нормально [3].

Соответственно, отдельные виды деятельности имеют потенциал развития привыкания (например, участие в азартных играх, Интернет, компьютерные игры, работа, упражнения, сексуальная активность, переедание). При этом некоторые из них относятся к естественным гомеостатическим потребностям (например, прием пищи). Термины, которые, как правило, используются для характеристики аддиктивного расстройства — это «зависимость» и «принуждение». Зависимость включает в себя повторяющийся паттерн поведения, направленный на достижение приятного внутреннего состояния через удовлетворение потребностей. В терминологии теории обучения и поведения процесс, посредством которого удовлетворение зависимости мотивирует поведение, называется положительным подкреплением.

Принуждение включает попытку уклониться или избежать неприятного, то есть вызывающего отвращение внутреннего состояния (например, беспокойства, горя, вины, стыда, ярости). Это соответствует парадигме негативного подкрепления, при которой учитываются негативные последствия. Среди отличительных черт аддиктивных расстройств — сочетание удовлетворения и избегания внутреннего дискомфорта. Следовательно, понятие зависимости представляет собой синтез зависимости и принуждения [4].

Цель исследования

Изучить взгляды современных отечественных и зарубежных авторов на патогенез, классификацию и пути коррекции нехимических аддикций.

Материалы и методы исследования

Теоретический анализ и синтез отечественных и зарубежных трудов по теме нехимических аддикций, позволяющие выделить и сгруппировать основные их характеристики.

Результаты исследования

На сегодняшний день большинство экспертов выделяют два типа зависимости:

1. Химическая зависимость. Имеется в виду зависимость, связанная с употреблением определенных веществ.
2. Поведенческая (нехимическая) зависимость, которая включает компульсивное поведение. Это постоянное, повторяющееся поведение, которое выполняется субъектом, даже если оно не приносит реальной пользы. Термином «поведенческая зависимость» принято считать формирование потребности в особой деятельности, связанной с ощущением естественного вознаграждения, то есть к особому поведению, являющимся для субъекта желательным, несмотря на неблагоприятные последствия. Параклинические данные показали, что заметная дизрегуляция дофамина и получение удовольствие от длительного вознаграждения вызывает те же изменения в центральной нервной системе, ту же нейропластичность, что и наркомания [5]. В настоящее время проблема нехимических аддикций изучена не в той мере, чтобы формулировать практические рекомендации по первичной профилактике. Наркологами, прежде всего рассматриваются факторы, формирующие пристрастие к химическим веществам – алкоголизму, наркомании, токсикомании [6].

В МКБ — 10 также нет раздела, посвященного не-субстантивным зависимостям, но отдельные нехимические аддикции все же рассматриваются в следующих рубриках:

F63.0 Патологическое влечение к азартным играм или гемблинг.

F64 Расстройства половой идентификации

F65 Расстройства сексуального предпочтения или сексуальные аддикции.

F50.0 Нервная анорексия, булимия, которые могут быть отнесены в группу пищевых аддикций [7].

Другие формы аддиктивного поведения не упоминаются в действующей классификации, так как их трудно отнести к классическим расстройствам, диагностические критерии их не определены. Они не являются нормой, но и не признаются патологией.

Попытки выделить поведенческие зависимости в отдельную группу аддиктивных расстройств заставляют по-новому оценивать импульсивность и расстройства волевого контроля на разных этапах формирования, как поведенческих зависимостей, так и связанных с употреблением психоактивных веществ. На наш взгляд, многим существующим моделям аддиктивной патологии поведенческого характера уделяется незаслуженно мало внимания, что в итоге приводит к неверной оценке данных зависимостей. В связи с этим следует все же изменить раздел F63 «Расстройства привычек и влечений», включив туда отдельную рубрику «Нехимические зависимости» или «Поведенческие расстройства».

В настоящее время известно несколько классификаций поведенческих зависимостей.

Так, Ц.П. Короленко выделяет гемблинг (азартные игры), любовную аддикцию, аддикцию избегания, рабочеголизм, страсть к трате денег, ургентную аддикцию, а также аддикции связанные с едой (переедание и голодание). В настоящее время в связи с развитием науки и техники появились новые формы зависимостей.

Так, О.Ф. Ерышев пишет о существовании кроме компьютерной или интернет-зависимости, кибераддикцию, телевизионные аддикции, аддикцию к мобильным телефонам. Реже встречаются аддикции спортивных упражнений, аддикции духовного поиска, зависимость от вождения автомобиля и др. [8].

Основополагающий аддиктивный процесс — это, по сути, компульсивная зависимость от инициируемого

и самоконтролируемого внешнего воздействия с целью регулирования внутреннего состояния. Поведенческие и химические аддикции похожи друг на друга тем, что у зависимых есть побуждение продолжать и регулировать свою поведенческую деятельность. Более того, они испытывают дискомфорт, если им мешают завершить ее, что приводит к появлению признаков влечения и синдрома отмены. Некоторые симптомы абстиненции (например, тревога) идентичны у определенных поведенческих аддиктов и химических наркоманов [9].

Янг Х. предложил рассматривать семь свойств нехимических аддикций:

1. способность процесса действия влиять как инструментальное средство усиления влечения,
2. приобретенная толерантность, то есть повторное использование деятельности может привести к снижению эффективности данной активности,
3. развитие зависимости как итог многократного повторения, если действие недоступно или деятельность не может быть продолжена. При этом возникают симптомы отмены, которые мотивируют дальнейшее использование той же деятельности.
4. аффективный контраст: деятельность в начале вызывает развитие положительного аффективного состояния (эйфорию), за которым следует противоположный отрицательный эмоциональный фон (дисфория),
5. способность действия работать как эффективный безусловный стимул развития рефлекса по И.П. Павлову,
6. способность различных состояний (общее возбуждение, стресс, боль, настроение) влиять на процесс участия в соответствующей деятельности,
7. поведенческие зависимости могут быть вызваны как внутренними сигналами, такими как скука, депрессия или благополучие, так и внешними стимулами, такими как определенные места или люди. Индивидуальные сигналы могут изменяться в зависимости как от конкретного субъекта, так и от поведенческого типа зависимости [10].

В рамках современного общества Ю.В. Афанасьев выделяет также следующие виды зависимостей:

1. Внутриличностная зависимость, к которой относятся религиозная зависимость; духовный поиск, зависимость от навязанных идей, смыслов;
2. Предметная зависимость в виде Интернет аддикции; телевизионной и пищевой зависимости;
3. Межличностная зависимость, к которой относятся созависимость и зависимость от иждивенчества;

4. Аффективная зависимость, куда кроме алкогольной и любовной относят сексуальную зависимость.
5. Зависимость от разного рода деятельности — гемблинг или зависимость от азартных игр; трудоголизм или работоголизм; спортивная зависимость; компульсивный шопинг [11].

Как уже было нами упомянуто выше, поведенческие аддикции связаны с особым функционированием и изменением структур мозга, при этом акцент делается на «патологическом стремлении к вознаграждению».

Существует ряд моделей патогенеза зависимого поведения. Развитие его связывают с наличием целого ряда предпосылок, среди которых выделяют генетические, социальные, психологические и биологические или нейрофизиологические.

Так, основой формирования зависимости в психологической модели является потребность лица с низким порогом адаптации избежать травмирующей реальности путем изменения психического состояния через переживание других интенсивных эмоций [12].

Сложность в том, что нехимические зависимости не порицаются обществом открыто. Такое поведение считается социально приемлемым, что является социальной предпосылкой формирования патологии.

В настоящее время мы можем наблюдать стресс цивилизации, который все усиливается по мере усложнения системы ценностей, накопления общих проблем и отдельных глобальных потрясений [13].

П.К. Анохин (1975) создал концепцию функциональных систем, в соответствии с которой основой деятельности организма человека является единство нервно-психических, соматических и висцеральных систем. Взаимодействие их происходит на многих уровнях центральной нервной системы и нейроинформационного пространства. Основная роль в формировании зависимого поведения отводится дисбалансу системы принятия решения, программы действий и акцептору результата деятельности [14].

Стресс, как целый ряд универсальных реакций организма на воздействие различных неблагоприятных факторов (физических или психологических), нарушающих внутреннюю среду, играет решающую роль в патогенезе психических расстройств. На молекулярном уровне стрессовые факторы вызывают выработку и секрецию связанных со стрессом гормонов, таких как катехоламины, глюкокортикоиды и дофамин (как часть адаптационной реакции организма).

Главным нейротрансмиттером в системе вознаграждения является дофамин. Когда в результате стимулирующих, приятных занятий его выделяется достаточно, человек испытывает эйфорию и мотивацию повторения действия. Именно система дофамина (DA) играет ключевую роль в развитии зависимости, так как при выполнении определенной аддиктивной деятельности мозг вырабатывает большее количество этого вещества, при этом в ответ на нормальные триггеры его начинает вырабатываться меньше. На фоне повышенной подверженности стрессам, у человека происходит сбой системы вознаграждения. При этом она по-прежнему нуждается в том же количестве дофамина, чтобы функционировать должным образом.

Таким образом, основой патогенеза зависимости с точки зрения нейрофизиологии является расстройство системы положительного подкрепления. Этот механизм един как для химических, так и нехимических аддикций. В его основе воздействие на катехоламиную нейромедиацию, где центральным звеном является мезо кортиколимбическая дофаминовая система.

К примеру, исследования влияния азартных игр на мозг показывают, что они активируют систему вознаграждения так же, как это делают наркотики, высвобождая большее количество дофамина. То есть, идет нарушение работы тех нейронов, которые ответственны за синтез дофамина, что приводит к его неконтролируемому высвобождению [15]. Фиксируется также высокий уровень кортизола и адреналина. Это указывает на нарушение регуляции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, отвечающей за импульсивное поведение. Таким образом, подтверждается гипотеза об активации стресс- системы в процессе азартных игр [16].

Бугаева Н.М. развитие несубстантивных зависимостей связывает с генетическим дисбалансом физиологических процессов в ЦНС, а кроме этого, указывает на значение в их формировании детских психотравм, нарушенных детско-родительских отношений и развитие «супер-эго» [17].

Недостаточно решенной проблемой современной аддиктологии является дифференциальная диагностика нехимических аддикций и других проявлений избирательного отношения лица к определенным предметам или видам деятельности (увлечений, привычек и т.п.). Если применить к нехимическим аддикциям критерии синдрома зависимости (МКБ-10), то их признаками, кроме уже названных, является негативное психофизическое состояние вследствие невозможности или отказа от выполнения аддиктивных действий, постепенное

увеличение времени и интенсивности такой деятельности, потеря альтернативных интересов и продолжение подобного поведения несмотря на негативные последствия [18].

А.Ю. Егоров акцентирует, что главной характеристикой аддикции является застревание на определенных переживаниях, ассоциированных с конкретным видом деятельности. Как следствие появляется сверхценное отношение к объекту фиксации и потребность в повторении подобного эмоционального опыта [19].

В.Д. Менделевич (2003) выделяет такую важную составляющую аддикции как отсутствие борьбы мотивов при обращении к объекту аддикции и пребывании в состоянии измененного сознания при таких действиях. Следствием зависимого поведения может быть астения, занимающая центральное звено в формировании как психических, так и психосоматических расстройств [20].

В соответствии с диагностическим и статистическим руководством по психическим расстройствам пятого издания (DSM-5), в основе диагностики зависимости лежит выявление таких признаков как нарушения контроля, социальных связей, а также рост толерантности и симптомы отмены. Такие же критерии применимы и к поведенческим зависимостям.

При этом аддикт не может изменить особенности поведения, несмотря на негативные последствия [21].

Субъект испытывает негативное состояние при невозможности выполнять необходимые действия, что приводит его к социальной дезадаптации. От неаддиктивных увлечений и привязанностей, которые тоже могут вызывать особое удовольствие, занимать значительное количество времени и ресурсов и конкурировать с другими видами деятельности, аддикции отличает отсутствие сознательного решения и борьбы мотивов в начале активности, а также контроля за продолжительностью и последствиями. От вредных привычек — наличие особых переживаний или измененного состояния сознания в процессе аддиктивной активности и избирательное отношение к ней как к ценности [22].

Результатом сформированного зависимого поведения могут быть различные соматические расстройства, деформации личности из-за разрушения системы ценностей, мотивов, роста тревожности. Как правило присутствует социальная дезадаптация в виде вынужденного одиночества, утраты работы, привычного окружения, семьи, а порой и девиантное или даже делинквентное поведение [23].

Однако, в отличие от химических зависимостей, проявления нехимических аддикций не всегда охватывают все аспекты личностного развития и образа жизни человека, что редко приводят к разрушению организма и психических процессов. В некоторых случаях развитие аддиктивного поведения может приостановиться на одном из этапов. Человек может адаптироваться к жизни в условиях аддикции, защищаясь с ее помощью от разрушительного влияния других проблем. Кроме того, по мнению ряда исследователей, социально приемлемые формы аддиктивного поведения могут быть безопасной альтернативой химическим зависимостям для лиц, склонных к аддикции [24]. Это доказывает необходимость внедрения социальной работы с целью реабилитации и реадaptации лиц, которым свойственны нехимические зависимости, однако указывает на необходимость применения подходов, отличных от тех, что используют при работе с зависимыми от психоактивных веществ.

Поведенческая зависимость оказывает такое же влияние на отношения, как и зависимость от психоактивных веществ, которой часто пренебрегают в пользу аддиктивного поведения, подрывая доверие и оказывая давление на партнеров и других членов семьи, чтобы они скрывали и компенсировали трудности, возникающие из-за зависимости.

При этом, нехимическая зависимость является расстройством, поддающимся лечению, которое, по мнению исследователей, должно включать когнитивно-поведенческую терапию (КПТ), индивидуальное или семейное консультирование, медикаментозную терапию, групповую терапию и группы самопомощи. Наиболее распространенной в работе с зависимыми является когнитивно-поведенческая терапия, в основе которой выявление паттернов, вызывающих компульсивное поведение, ориентирующая на изменении образа жизни. Она является краткосрочным видом психотерапии, при которой число сеансов варьирует от пяти до двадцати. Проводят выявления проблемы, учат узнаванию и изменению ассоциативного ряда с ней связанного. Как правило, она помогает полностью или частично справиться с этим заболеванием без лекарств. При использовании для лечения зависимостей КПТ пациент фокусируется на систематической записи мыслей, связанных с ними чувств и событий.

Это позволяет оценить поведение, которое осуществляется в результате этих мыслей и эмоций. Как только это произойдет, можно начать изменять автоматические процессы, саботирующие усилия по изменению поведения. КПТ помогает людям оценить шаблоны мыслей и чувств, которые они постоянно испытывают. Со временем они могут начать их менять, сознательно рассма-

тривая ситуации более реалистично, без негативных эмоций, приводящих к циклам вредного поведения.

Лекарственных средств одобренных для лечения исключительно нехимических зависимостей в настоящее время не существует, но могут применяться некоторые препараты, используемые для лечения химических аддикций [25].

Выводы

Подытоживая современные воззрения, отметим, что аддикция может проявляться в периодическом или постоянном переживании зависимым человеком неутомного и безудержного влечения к определенной

активности и приводит к ее осуществлению в таких пределах, которые имеют разрушительный характер. Единой теории патогенеза в настоящее время не существует. Формирование ее может быть связано с генетической предрасположенностью, нарушением психофизиологических процессов, детскими психотравмами. При этом почти любой привычный вид деятельности таит опасность развития зависимости, разрушающей личность.

Четко выстроенной системы, единой классификации зависимого поведения и алгоритмов лечения не существует. Дальнейшее изучение патогенеза и совершенствование системы диагностики является основой успешной профилактики нехимических аддиктивных расстройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thorens G., Achab S., Billieux J., Khazaal Y., Khan R., Pivin E., Gupta V., Zullino D. Characteristics and treatment response of self-identified problematic Internet users in a behavioral addiction outpatient clinic // *Journal of Behavioral Addictions*. 2014. vol. 3. no. 1. P. 78–81.
2. Chun J., Shim H., Kim S. A Meta-Analysis of Treatment Interventions for Internet Addiction Among Korean Adolescents. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2017. vol. 20. no. 4. P. 225–231.
3. Jäger S., Müller K.W., Ruckes C., Wittig T., Batra A., Musalek M., Mann K., Wöfling K., Beutel M.E. Effects of a manualized short-term treatment of internet and computer game addiction (STICA): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2012. vol. 27. no. 13. P. 13–43.
4. Billieux J. Gambling and problem gambling in Switzerland. *Addiction*. 2016. vol. 111. no. 9. P. 1677–1683.
5. Bubnova I.S., Tereshchenko A.G. Organizing the prevention of addictive forms of behavior among college students. *Bulletin of Omsk University. Series: Psychology*. 2016. no. 2. P. 4–11.
6. Park J.H., Lee Y.S., Sohn J.H., Han D.H. Effectiveness of atomoxetine and methylphenidate for problematic online gaming in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder // *Human Psychopharmacology*. 2016. no. 31 (6). P. 427–432.
7. Evren C., Dalbudak E., Evren B., Demirci A.C. High risk of Internet addiction and its relationship with life time substance use, psychological and behavioral problem among 10(th) grade adolescents // *Psychiatr Danub*. 2014. vol. 26. no. 4. P. 330–339.
8. Ерышев О.Ф. Химические и нехимические зависимости. М.: СпецЛит, 2018. 851 с.
9. Zou Z., Wang H., d'Oleire Uquillas F., Wang X., Ding J., Chen H. Definition of Substance and Non-substance Addiction // *Substance and Non-substance Addiction*. — Springer, Singapore. 2017. P. 21–41.
10. Yang X., Zhu L., Chen Q., Song P., Wang Z. Parent marital conflict and Internet addiction among Chinese college students: The mediating role of mother-child, mother-child, and peer attachment // *Computers in Human Behavior*. 2016. no. 59. P. 221–229.
11. Афанасьев Ю.В., Матвеева Ю.А. Методическое пособие «Нехимическая зависимость» // Методический материал по проекту «Защита» Череповец. 2017. № 5. С. 58.
12. Кибитова А.О. Генетические основы этиологии и патогенеза болезней зависимости от психоактивных веществ // *Наркология*. 2016. Т. 15. № 6 (174). С. 84–104.
13. Анохина И.П., Шамакина И.Ю. Фундаментальные механизмы зависимости от психоактивных веществ // Национальное руководство. *Наркология*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. С. 96–115.
14. Пережогин Л.О. Интернет-зависимость в фокусе биологической психиатрии. Итоги 20 лет нейробиологических исследований // *Психическое здоровье*. 2018. № 12. С. 75–83.
15. Зарецкая, О.В. Компьютерная и интернет-зависимость: анализ и систематизация подходов к проблеме // *Психолого-педагогические исследования*. 2017. Т. 9. № 2. С. 145–165.
16. Ворошилин С.И. Поведенческие нехимические аддикции: пороки, грехи, соблазны или болезни. Екатеринбург: УГМУ, 2014. 459 с.
17. Аракелян Л.К. Проблема пристрастия молодых людей к социальным сетям. *Бюллетень Совета молодых ученых и специалистов*. 2014. vol. 1. П. 5–6.
18. Бугаева Н.М. Психологические закономерности развития аддикций в онтогенезе // *Проблемы общей и педагогической психологии*. 2010. т. XII, ч. 4. С. 48–57.
19. Пережогин, Л.О. Нехимические зависимости в детской психиатрической практике // *Российский психиатрический журнал*. 2009. № 4. С. 86–91.
20. Егоров А.Ю. Нехимические (поведенческие) аддикции (Обзор) // *Аддиктология*. 2005. № 1. С. 65–77.
21. Lee H., So M.J., Choi T. Home Daily Magazine Effect writing in Korean adolescents with reliance on smartphones // *Journal of Korean Medical Science*. 2016. vol. 31 (5). P. 764–769.

22. Егоров А.Ю. Социально-приемлемые поведенческие зависимости. — Saarbrücken: Lambert, 2016. 113 с.
23. Худяков А.В., Урсу А.В., Старченкова А.М. Компьютерная игровая зависимость, клиника, динамика и эпидемиология // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. 2015. N4(33). С. 10
24. Меликова Н.Д. Влияние интернета на психику детей // Univsum: психология и образование. 2015. № 11/12.
-

© Руденко Сергей Вячеславович (na@mvd.gov.ru), Погодина Татьяна Григорьевна,
Сулов Александр Геннадьевич, Занозин Андрей Владимирович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Нижний Новгород

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЫШЦ ТАЗОВОГО ДНА У ЖЕНЩИН

ACTUAL ASPECTS OF FAILURE PELVIC FLOOR MUSCLES IN WOMEN

F. Salpagarova

Summary. To date, there is no generally accepted definition of pelvic floor muscle incompetence, a unified classification, a standardized diagnostic algorithm and clear therapeutic tactics. The article discusses the main risk factors for the failure of the pelvic floor muscles. The questions of etiopathogenesis, approaches to the classification and diagnosis of the disease are analyzed. Various options for conservative and surgical treatment are discussed. Pelvic floor muscle failure is a multifactorial disease and requires an interdisciplinary approach.

Keywords: failure of the pelvic floor muscles, pelvic organ prolapse, risk factors, diagnostics, treatment.

Салпагарова Фарида Хаджи-Магаметовна
Аспирант, Ставропольский Государственный
Медицинский Университет
fsalpagarova@list.ru

Аннотация. На сегодняшний день отсутствуют общепринятое определение несостоятельности мышц тазового дна, единая классификация, стандартизированный алгоритм диагностики и четкая лечебная тактика этого заболевания. В статье рассмотрены основные факторы риска несостоятельности мышц тазового дна. Проанализированы вопросы этиопатогенеза, подходы к классификации и диагностике заболевания. Обсуждены различные варианты консервативного и хирургического лечения. Несостоятельность мышц тазового дна является мультифакториальным заболеванием и требует междисциплинарного подхода.

Ключевые слова: несостоятельность мышц тазового дна, пролапс тазовых органов, факторы риска, диагностика, лечение.

Актуальность проблемы несостоятельности мышц тазового дна (НМТД) обусловлена высокой частотой заболевания, значимым снижением качества жизни женщин и тенденцией к «омоложению» этой патологии. Распространенность заболевания у женщин репродуктивного возраста колеблется от 26% до 63,1% [5]. Известно, что НМТД является основой развития пролапса тазовых органов. Вместе с тем, на сегодняшний день отсутствуют общепринятое определение НМТД, единая классификация, стандартизированный алгоритм диагностики и четкая лечебная тактика при различных степенях выраженности заболевания.

Малевич Ю.К. и Мороз Н.В. определяют НМТД как клинко-анатомический симптомокомплекс, который проявляется недостаточным участием промежности в смыкании половой щели, обеспечении нормального биоценоза влагалища, нормальном положении внутренних половых органов, половой жизни и биомеханизме родов [7]. Согласно другому определению, НМТД представляет собой дефект тазового дна на генетическом, гистохимическом и функциональном уровнях [14]. С современных позиций НМТД является полиэтиологическим процессом, в развитии и прогрессировании которого имеют значение разные факторы: возраст, хроническое повышение внутрибрюшного давления, акушерские травмы, нарушения биоценоза влагалища, генетическая предрасположенность [25]. Установлено, что устранение или снижение негативного действия на организм жен-

щины модифицируемых факторов риска НМТД, таких как масса тела, уровень физической активности, травмы тканей промежности и др., позволяет замедлить прогрессирование заболевания, а также уменьшить частоту рецидивов после хирургического лечения [2]. В последние годы активно изучается роль дисплазии соединительной ткани в развитии НМТД. Высказывается предположение, что субстратом структурных изменений, приводящих к НМТД, является изменение внутриклеточного метаболизма фибробластов на молекулярном уровне в результате оксидативного стресса с последующим нарушением функции фибробластов и гладкомышечных клеток [9].

Малевич Ю.К. и Мороз Н.В. предлагают разделять НМТД по причине возникновения на органическую, функциональную и смешанную, а по времени развития — на первичную (врожденную) и вторичную (приобретенную) [7]. По длительности процесса можно выделить стадии компенсации заболевания (до патологии промежности), субкомпенсации (при наличии опущения стенок влагалища) и декомпенсации (при выпадении половых органов) [3]. В случае пролапса тазовых органов, сопровождающегося недержанием мочи, используют классификацию Baden-Walker или классификацию Pop-Q (Pelvic Organ Prolapse Quantification) [22].

Во многих случаях НМТД протекает практически бессимптомно, что значительно затрудняет своевременную диагностику заболевания [24]. Часто клиниче-

ские проявления определяются уже при развитии генитального пролапса и включают симптомы со стороны нижних мочевых путей и толстой кишки, сексуальные расстройства, хронические рецидивирующие неспецифические вульвовагиниты, цервициты, бактериальный вагиноз [17]. С урологическими и проктологическими симптомами нередко женщины обращаются к врачам смежных специальностей, что также может способствовать запоздалому установлению диагноза НМТД.

К настоящему времени предложено большое число методов диагностики НМТД, как клинических, так и инструментальных. Однако, в основном, данные методы позволяют определить уже имеющийся пролапс гениталий и не позволяют диагностировать заболевание на ранних стадиях. Тем не менее, тщательно собранный анамнез, анализ жалоб и грамотный гинекологический осмотр во многих случаях позволяют определить степень НМТД. Простым, не требующим специального оборудования и достаточно информативным клиническим методом диагностики НМТД является оценка состояния промежности с присвоением промежностного индекса [7]. Сократительную способность мышц тазового дна оценивают с помощью различных моторных методов с измерительными устройствами [26]. Разработаны ультразвуковые критерии оценки состояния тазового дна, которые могут быть применены не только для верификации заболевания, но и после хирургического лечения с целью оценки качества проведенной операции [10]. Имеются данные о применении магнитно-резонансной томографии в диагностике НМТД [23].

Следует отметить, что четкие объективные критерии выбора метода лечения НМТД отсутствуют. По мнению Малевич Ю.К. и Мороза Н.В., в случае функциональной и первичной НМТД следует применять консервативные методы лечения, а при органической и вторичной — оперативное лечение [7]. Однако у определенной части женщин с НМТД имеются противопоказания к хирургическому лечению. Главным образом, это пациентки старшей возрастной группы с отягощенным коморбидным фоном. В этой категории больных лечение ограничивается только консервативными методами. Консервативное лечение включает изменение образа жизни, тренировку мышц тазового дна, применение пессариев, использование метода биологической обратной связи (БОС) [6]. Имеется достаточно большое количество исследований, изучающих эффективность того или иного консервативного метода лечения НМТД по отдельности или в комплексе [4, 18]. В литературе приводятся данные об эффективности применения при НМТД физиотерапевтических методов лечения НМТД [28], контактной диатермии [19], комбинации портативной электромиостимуляции мышц промежности и радиоволнового лифтинга тканей вульвы [1].

На сегодняшний день предложено более 400 вариантов оперативного лечения НМТД. К основным методам хирургического лечения относят лапароскопическую или лапаротомную сакрокольпопексию, а также различные варианты влагалищных операций с применением аутоканей и синтетических материалов, направленных на фиксацию мышц тазового дна [27]. Однако зачастую результаты операции оказываются неудовлетворительными, о чем свидетельствует достаточно большой процент рецидивов (до 40%) и послеоперационных осложнений [11]. Это стимулирует поиск новых модификаций и альтернативных способов хирургической коррекции НМТД [21]. Нерешенным остается вопрос выбора метода хирургического лечения НМТД. Некоторые авторы предлагают при определении объема операции ориентироваться на наличие недифференцированной дисплазии соединительной ткани как фактора риска рецидива заболевания и развития послеоперационных осложнений [20].

В хирургическом лечении пролапса гениталий в последние годы широко стали применяться операции с применением сетчатых имплантов. В то же время на сегодняшний день накапливаются данные о высокой частоте осложнений при их использовании. По данным Food and Drug Administration (FDA) тяжелые осложнения развиваются в 3,4% случаев операций, а легкие — в 14,8%. Основные осложнения представлены эрозией сетчатого протеза, инфекционными осложнениями, mesh-ассоциированной ретракцией, диспареунией, хроническим тазовым болевым синдромом [8]. В этой связи FDA реклассифицировала применение сетчатых имплантов для чрезвлагалищной коррекции генитального пролапса из класса II в класс III рекомендаций [16]. Предпринимаются попытки разработать более четкие критерии применения синтетических имплантов [13]. Перспективным направлением хирургического лечения НМТД является использование ткане-инженерных имплантов (графтов), созданных на основе биологических материалов и позволяющих восстановить не только анатомическую структуру мышечно-фасциального комплекса, но и биологические функции ткани, а именно ее регенерацию [12]. Однако на сегодняшний день применение биологических имплантов в рутинной клинической практике ограничено в связи с небольшой доказательной базой об их эффективности и безопасности, а также высокой стоимостью данной технологии [15].

Таким образом, несмотря на достаточно большое количество исследований, посвященных изучению различных аспектов НМТД, некоторые вопросы остаются нерешенными и требуют дальнейшего изучения. Проблема НМТД является междисциплинарной и для ее решения необходимо продуктивное взаимодействие акушеров-гинекологов, урологов, проктологов, а также специалистов по реабилитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доброхотова Ю.Э., Нагиева Т.С., Слободянюк Б.А. Новый подход к послеродовой реабилитации пациенток с дисфункцией тазового дна // Акушерство и гинекология. 2018. № 7. С. 75–82.
2. Зиганшин А.М., Кулавский В.А. Метод прогнозирования факторов риска развития пролапса тазовых органов // Таврический медико-биологический вестник. 2016. Т. 19. № 2. С. 65–68.
3. Использование современных MESH-систем («Линтекс», Россия) в лечении пролапса тазовых органов у женщин / В.Е. Радзинский [и др.] // Медицинский совет. 2012. № 7. С. 75–77.
4. Клиническая эффективность вагинального тренажера в лечении несостоятельности мышц тазового дна у женщин пожилого возраста / О.С. Короткевич [и др.] // Фундаментальная и клиническая медицина. 2018. Т. 3. № 4. С. 32–38.
5. Кулавский В.А., Зиганшин А.М., Кулавский Е.В. Несостоятельность мышц тазового дна // Мать и дитя в Кузбассе. 2012. № 3(50). С. 8–14
6. Луценко Н.С., Мазур О.Д., Евтерева И.А. Пролапс гениталий как проявление несостоятельности тазового дна: современный взгляд на проблему и возможности консервативной коррекции // Охрана материнства и детства. 2016. № 1 (27). С. 100–104.
7. Малевич Ю.К., Мороз Н.В. Несостоятельность тазового дна, определение, классификация, тактика // Медицинский журнал. 2015. № 3(53). С. 25–29
8. Mesh-ассоциированные осложнения. Факторы риска / Ищенко А.И. [и др.]. // Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева. 2014. № 1(2). С. 4–7.
9. Молекулярная морфология стенки влагалища при несостоятельности тазового дна / М.З. Оразов [и др.]. // Молекулярная медицина. 2018. Т. 16. № 6. С. 56–59.
10. Мороз Н.В. УЗИ в оценке тазового дна // Вестник ВГМУ. 2015. Т. 14. № 2. С. 31–37.
11. Новые возможности хирургической коррекции тазового пролапса с использованием синтетических имплантов: пути профилактики послеоперационных осложнений / В.Ф. Беженарь [и др.]. // Акушерство, гинекология и репродукция. 2012. № 6(2). С. 6–13.
12. Применение современных биотехнологий в хирургическом лечении пролапса тазовых органов / Я.Ю. Сулина [и др.]. // Российский вестник акушера-гинеколога. 2016. № 2. С. 46–52.
13. Прогностические факторы возникновения рецидива пролапса гениталий / В.Б. Филимонов [и др.]. // Экспериментальная и клиническая урология. 2019. № 2. С. 152–157.
14. Современные представления о проблеме несостоятельности мышц тазового дна / М.З. Оразов [и др.]. // Трудный пациент. 2018. Т. 16. № 8–9. С. 25–29.
15. Сравнительная эффективность некоторых видов биологически материалов при различных дефектах тазового дна / А.Г. Ящук [и др.] // Вестник современной клинической медицины. 2018. Т. 11. № 3. С. 82–88.
16. Стрижаков А.Н., Давыдов А.И., Белоцерковцева Л.Д. Возвращение к истокам: FDA реклассифицирует использование MESH-технологий // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2017. № 16(3). С. 47–50.
17. Тигиева А.В. Несостоятельность тазового дна у женщин репродуктивного возраста. Автореф. дисс. канд. мед.наук. М.: 2014. 20 с.
18. Ткаченко Л.В., Свиридова Н.И., Гриценко И.А. Современные возможности консервативной коррекции перинеального птоза // Лечение и профилактика. 2020. Т. 10. № 2. С. 34–37.
19. Ультрасонографические характеристики тканей тазового дна как патогенетическое обоснование применения направленной контактной диатермии при пролапсе тазовых органов / М.З. Оразов [и др.]. // Доктор Ру. 2017. № 13 (142)–№ 14 (143). С. 19–26.
20. Эффективность персонализированной терапии пролапса половых органов в зависимости от наличия недифференцированной дисплазии соединительной ткани / Н.А. Лысов [и др.]. // Вестник медицинского института «Реавиз». 2020. № 5. С. 77–83.
21. Chirurgische Therapie des urogenitalen Deszensus [Surgical treatment of pelvic organ prolapse] / L. Karapanos [et al.]. // Aktuelle Urol. 2018. Vol.49. No 1. P. 52–59. German.
22. Cortesse A., Cardot V. Comité d'Urologie et de Pelvi-périnéologie de la Femme Association Française d'Urologie. Recommandations pour l'évaluation clinique d'une incontinence urinaire féminine non neurologique [Recommendations for the clinical evaluation of non-neurological female urinary incontinence] // Prog Urol. 2007. Vol.17. Suppl 2. P. 1242–51. French.
23. Fitzgerald J., Richter L.A. The Role of MRI in the Diagnosis of Pelvic Floor Disorders // Curr Urol Rep. 2020. Vol.21. No 7. P. 26.
24. Hagen S., Stark D. Conservative prevention and management of pelvic organ prolapse in women // Cochrane Data base Syst Rev. 2011. Vol. 12. CD003882.
25. Mezzadri M. Physiopathologie des prolapsus génitaux [Pelvic organ prolapse physiopathology] // Rev Prat. 2019. Vol. 69, No 4. P. 385–386. French.
26. Pelvic floor muscle function and EMG in nulliparous women of different ages: a cross-sectional study / D.A.S. Bocardi [et al.]. // Climacteric. 2018. Vol.21. No 5. P. 462–466.
27. Surgical management of pelvic organ prolapse in women / Ch. Maher [et al.]. // Cochrane Database Syst. Rev. 2013. No 4. CD004014.
28. Wallace S.L., Miller L.D., Mishra K. Pelvic floor physical therapy in the treatment of pelvic floor dysfunction in women // Curr Opin Obstet Gynecol. 2019. Vol.31. No 6. P. 485–493.

© Салпагарова Фариды Хаджи-Магаметовна (fsalpagarova@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ПРОЛАПСА ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЖЕНЩИН

INFLUENCE OF PELVIC ORGAN PROLAPSE ON THE QUALITY OF LIFE OF WOMEN

**A. Ustyuzhina
S. Pakhomov
O. Altukhova**

Summary. Pelvic organ prolapse has great role in the modern world, because it has a negative impact on the social life of women, leading to limitation of physical activity, participation in social activities, the ability to travel. Pelvic organ prolapse has an effect on emotional state of women.

Keywords: pelvic organ prolapse, pelvic floor disorders, genital prolapse, women.

Устюжина Александра Сергеевна

Врач акушер-гинеколог, ОГБУЗ БОКБ Святителя
Иоасафа, г. Белгород

alexandrashevchenko@yandex.ru

Пахомов Сергей Петрович

Д.м.н., профессор, НИУ «БелГУ», г. Белгород

pacchomw@yandex.ru

Алтухова Оксана Борисовна

Д.м.н., доцент, ОГБУЗ БОКБ Святителя Иоасафа,
г. Белгород

kristalinka@yandex.ru

Аннотация. Пролапс тазовых органов имеет большое значение в современном мире, т.к. может вызывать нарушение мочеиспускания, дефекации и сексуальные проблемы, оказывая негативное влияние на социальную жизнь женщин, приводя к ограничению физических нагрузок, участию в социальных мероприятиях, возможности путешествовать, а также влияет на общее эмоциональное состояние женщин, страдающих пролапсом.

Ключевые слова: пролапс тазовых органов, опущение и выпадение матки и стенок влагалища, пролапс гениталий, женщины.

Пролапс тазовых органов у женщин имеет важное социальное значение, в настоящее время женщины стараются как можно дольше сохранять общественную активность, путешествовать, принимать участие в различных мероприятиях, заниматься физическими нагрузками [2]. Несмотря на то, что пролапс гениталий не оказывает прямой угрозы для жизни, он приводит к ограничению в физическом, психологическом, профессиональном, бытовом и сексуальном плане [7]. Наряду с увеличением продолжительности жизни, число женщин, стремящихся как можно дольше не снижать качества жизни, также возрастает [3].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет качество жизни как «восприятие людьми своего положения в жизни в зависимости от культурных особенностей и системы ценностей и в связи с их целями, ожиданиями, стандартами, заботами». Это комплексное понятие, подверженное сложному воздействию таких факторов, как физическое здоровье человека, его психологическое состояние, степень независимости, общественные отношения, личные убеждения и их зависимость от особенностей окружающей среды.

По данным современных исследований, около половины женщин старшего и пожилого возраста отмечают признаки пролапса тазовых органов [5].

Уже после первых родов пролапс гениталий может вызывать дискомфорт во влагалище или промежности, недержание мочи, дизурические расстройства, хроническое воспаление. Эти симптомы вызывают социальные, психологические и сексуальные проблемы у женщин, отрицательно влияя на их повседневную деятельность и качество жизни. С возрастом симптомы, связанные с пролапсом тазовых органов, постепенно прогрессируют, а качество жизни постепенно снижается [4].

По данным современных авторов, наиболее частые симптомы, которые отмечают женщины, страдающие пролапсом гениталий,— это неполное опорожнение мочевого пузыря, хроническая задержка мочи, прерванное или затрудненное мочеиспускание, а также необходимость продолжать мочеиспускание, задействуя брюшное давление, или необходимость изменить положение тела, чтобы помочиться [1, 7].

Таблица 1. Влияние пролапса тазовых органов на социальную жизнь женщин по результатам опроса PFDI-7

Как часто симптомы связанные с →→→→ Влияют на ↓	Мочевым пузырем или мочой	Кишечником или прямой кишкой	Выпавшей маткой или тазом
1. Способность выполнять домашнюю работу (готовить пищу, убирать дом, стирать)	Никогда — 43% Редко — 24% Часто — 29% Очень часто — 4%	Никогда — 68% Редко — 22% Часто — 10% Очень часто — 0%	Никогда — 51% Редко — 20% Часто — 29% Очень часто — 0%
2. Способность ходить, плавать или выполнять физические упражнения	Никогда — 44% Редко — 20% Часто — 34% Очень часто — 2%	Никогда — 82% Редко — 11% Часто — 7% Очень часто — 0%	Никогда — 56% Редко — 12% Часто — 32% Очень часто — 0%
3. Способность посещать кинотеатры, концерты	Никогда — 50% Редко — 35% Часто — 15% Очень часто — 0%	Никогда — 81% Редко — 13% Часто — 6% Очень часто — 0%	Никогда — 69% Редко — 13% Часто — 18% Очень часто — 0%
4. Способность ездить на машине, автобусе более 30 мин от дома	Никогда — 49% Редко — 31% Часто — 20% Очень часто — 0%	Никогда — 82% Редко — 15% Часто — 3% Очень часто — 0%	Никогда — 58% Редко — 35% Часто — 7% Очень часто — 0%
5. Участие в общественных мероприятиях вне дома	Никогда — 59% Редко — 28% Часто — 13% Очень часто — 0%	Никогда — 77% Редко — 20% Часто — 3% Очень часто — 0%	Никогда — 62% Редко — 29% Часто — 9% Очень часто — 0%
6. Эмоциональное благополучие (нервозность, депрессия и т.д.)	Никогда — 43% Редко — 38% Часто — 19% Очень часто — 0%	Никогда — 76% Редко — 20% Часто — 3% Очень часто — 1%	Никогда — 52% Редко — 24% Часто — 22% Очень часто — 2%
7. Ощущение неудовлетворенности	Никогда — 51% Редко — 33% Часто — 16% Очень часто — 0%	Никогда — 78% Редко — 22% Часто — 0% Очень часто — 0%	Никогда — 46% Редко — 33% Часто — 21% Очень часто — 0%

Для оценки характера жалоб и влияния пролапса гениталий на социальную жизнь женщин, в настоящее время используют опросники Pelvic Floor Distress Inventory (PFDI-7), Pelvic Floor Distress Inventory (PFDI-20), Pelvic Floor Impact Questionnaire (PFIQ-7), и Pelvic Organ Prolapse/Urinary Incontinence Sexual Questionnaire (PISQ-12) [6].

Задачей нашего исследования явилось изучение симптомов пролапса тазовых органов и их влияния на социальную жизнь среди женщин Белгородской области, направленных на оперативное лечение по поводу пролапса. Исследование проводилось в гинекологическом отделении ОГБУЗ БОКБ Святителя Иоасафа.

Всего была обследована 91 женщина с признаками пролапса тазовых органов. В исследование были включены женщины в возрасте старше 45 лет. Средний возраст женщин составил 62 года, средняя масса тела — $75,59 \pm 13,57$ кг, рост — $162,15 \pm 5,74$ см. Среднее число родов у женщин с пролапсом тазовых органов составило $2,06 \pm 0,98$.

Стадия пролапса тазовых органов определялась по системе POP-Q. Так, среди исследуемых женщин была выявлена 2 стадия ПТО у 20 женщин (21,9%), 3 стадия — у 36 женщин (39,5%), 4 стадия — у 35 женщин (38,4%). Среди исследованных женщин изолированный пролапс задней стенки влагалища встречался у 3 (3,3%) пациенток, пролапс передней и задней стенок влагалища без признаков выпадения шейки и тела матки был у 8 (8,8%) пациенток. У одной пациентки ранее была выполнена экстирпация матки, при осмотре было выявлено выпадение культи влагалища. У остальных 79 женщин отмечался сочетанный пролапс матки и стенок влагалища, среди них наиболее дистально расположенной точкой пролапса у 72,2% была шейка матки, у остальных 27,8% — передняя стенка влагалища.

Все женщины заполняли русскоязычную версию опросника PFDI-20. Согласно полученным данным, наиболее частыми симптомами явились учащенное мочеиспускание (95% женщин), чувство выпадения инородного тела из влагалища (78%), эпизоды недержания газов (78%), чувство давления в нижних отделах

живота (67%), боль или дискомфорт в нижних отделах живота или области половых органов (66%), чувство неполного опорожнения мочевого пузыря (65%), тяжесть в области таза (63%), чувство неполного опорожнения кишечника после дефекации (56%), недержание мочи вследствие сильного позыва к мочеиспусканию (56%), необходимость сильного натуживания для опорожнения кишечника (52%).

Для определения влияния пролапса тазовых органов на социальную жизнь женщин использовался опросник PFDI-7. Результаты опроса PFDI-7 представлены в Таблице 1.

Было установлено, что женщинам с пролапсом тазовых органов больший дискомфорт доставляли выпадение матки и изменение анатомии и функции

мочевого пузыря при ходьбе, плавании, выполнении упражнений, езде на машине или автобусе более 30 минут от дома. Негативное влияние нарушения функции мочевого пузыря на эмоциональное благополучие отметили 57% женщин, выпадение матки — 48% женщин с признаками пролапса. На ощущение неудовлетворенности в 49% случаев оказывало влияние нарушение функции мочевого пузыря, а в 54% случаев — выпадение матки.

Таким образом, пролапс гениталий ограничивает социальную жизнь женщин, их возможность участвовать в общественных мероприятиях, путешествовать, выполнять физические упражнения, домашнюю работу, оказывает негативное влияние на эмоциональное благополучие, что в итоге снижает качество жизни женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дикке Г.Б. Ранняя диагностика и консервативное лечение пролапса гениталий / Г.Б. Дикке // Главный врач Юга России. — 2017. — № 1 (53). — С. 21–25.
2. Радзинский В.Е. Перинеология. Эстетическая гинекология / В.Е. Радзинский, М.Р. Оразов, Л.Р. Токтар [и др.]; под ред. В.Е. Радзинского. — Москва: StatusPraesens, 2020. — 413 с. — ISBN978–5–907218–12–3.
3. Токтар Л.Р. Женская пролаптология: от патогенеза к эффективности профилактики и лечения / Л.Р. Токтар // Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение. — 2017. — № 3. — С. 98–107.
4. Hadizadeh-Talasaz Z. The Experiences of Women who Live with Pelvic Floor Disorders: A Qualitative Study / Z. Hadizadeh-Talasaz, T. Khadivzadeh, H. Ebrahimipour, N. Khadem Ghaebi // Int. J. Community Based Nurs Midwifery. — 2021. — № 9(2). — P.159–171.
5. Iglesia C.B. Pelvic organ prolapse / C.B. Iglesia, K.R. Smithling // Am. Fam. Physician. — 2017. — Vol. 96, № 3. — P. 179–185.
6. Mattsson N.K. Validation of the short forms of the Pelvic Floor Distress Inventory (PFDI-20), Pelvic Floor Impact Questionnaire (PFIQ-7), and Pelvic Organ Prolapse/Urinary Incontinence Sexual Questionnaire (PISQ-12) in Finnish / N.K. Mattsson, K. Nieminen, A.-M. Heikkinen [et al.]. — DOI: 10.1186/s12955–017–0648–2 // Health Qual. Life Outcomes. — 2017. — Vol. 15, № 1. — Art. 88. — URL: <https://hql.o.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12955–017–0648–2> (date of the application: 25.02.2021).
7. Sánchez-Sánchez B. Quality of life in POP: validity, reliability and responsiveness of the prolapse quality of life questionnaire (P-QoL) in Spanish women / B. Sánchez-Sánchez, M.J. Yuste-Sánchez, B. Arranz-Martín [et al.]. — DOI: 10.3390/ijerph17051690 // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2020. — Vol. 17, № 5. — Art. 1690. — URL: <https://www.mdpi.com/1660–4601/17/5/1690/htm> (date of the application: 25.02.2021).

© Устюжина Александра Сергеевна (alexandrashevchenko@yandex.ru),

Пахомов Сергей Петрович (pachomw@yandex.ru), Алтухова Оксана Борисовна (kristalinka@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2021.06.40

ОЦЕНКА РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ У ПАЦИЕНТОВ С РЕВМАТОИДНЫМ АРТРИТОМ

ASSESSMENT OF ANTERIOR FOOT RECONSTRUCTION IN PATIENTS WITH RHEUMATOID ARTHRITIS

Abdul Basith Shahul Hameed
L. Makinyan
G. Airapetov
F. Aude
K. Shindiev
Abo Zaalan Wessam

Summary. Seventeen patients (27 feet) who underwent surgery to reconstruct the forefoot with the help of arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint, resection of the lateral metatarsal heads, and correction of deformities of the small toes were retrospectively examined.

The results were classified as excellent for 17 feet, good for two, fair for four, and poor for two. The average score on the AOFAS scale was 70 points; 21 feet (78%) were asymptomatic; and six feet (22%) had any symptoms. Three feet were found to have pseudarthrosis, one of them was successfully revised arthrodesis.

Keywords: rheumatoid arthritis, foot lesions, forefoot surgery, hallux valgus.

Шахул Хамид Абдул Баситх

К.м.н., Российский университет дружбы народов
drabdulbasi@gmail.com

Макинян Левон Гагикович

К.м.н., доцент, Российский университет дружбы
народов, Москва; Заведующий отделением, ГКБ 13,
Москва

dr.makinyan@gmail.com

Айрапетов Георгий Александрович

К.м.н., доцент, Ставропольский государственный
медицинский университет
airapetovga@yandex.ru

Ауде Фади Салимович

К.м.н., врач травматолог-ортопед, ГКБ № 31,
Москва, Dr.awde.fs@gmail.com

Шиндиев Курбан Ахмедович

К.м.н., Российский университет дружбы народов,
Москва

Kurban-Shindiev@mail.ru

Абу Заалан Вессам

К.м.н., Российский университет дружбы народов,
Москва

wsameeexx@gmail.com

Аннотация. Ретроспективно обследовано семнадцать пациентов (27 стоп), перенесших операцию по реконструкции переднего отдела стопы с помощью артропластики первого плюснефалангового сустава, резекции головок латеральных плюсневых костей и коррекции деформаций малых пальцев стопы.

Результаты были классифицированы как отличные для 17 стоп, хорошие для двух, удовлетворительные для четырех и плохие для двух. Средний балл по шкале AOFAS составил 70 баллов; 21 стопа (78%) оказалась бессимптомной; и шесть стоп (22%) имели какие-то симптомы. На трех стопах обнаружен псевдоартроз, на одной из них успешно проведена ревизия артродеза.

Ключевые слова: ревматоидный артрит, поражение стопы, хирургия переднего отдела стопы, вальгусная деформация большого пальца стопы.

Ревматоидный артрит — это хроническое и прогрессирующее системное заболевание, которое проявляется инвалидизирующими проявлениями в опорно-двигательной системе и может поражать стопу и голеностопный сустав почти в 90% случаев. Половина из них расположена в переднем отделе стопы [1, 2]. Поражение переднего отдела стопы характеризуется хроническим синовитом плюснефаланговых суставов, растя-

жением капсулы и потерей целостности коллатеральных связок [3]. Наличие хронической капсульно-связочной нестабильности, разрушение суставного хряща и реабсорбция субхондральной кости приводят к типичным деформациям переднего отдела стопы. Вальгусная деформация первого пальца стопы — наиболее частое заболевание первого луча. Прогрессирование уродств также приводит к дистальной миграции подошвенной площадки и способ-

ствуется появлению пяточной боли, изъязвления и болезненных подошвенных мозолей [1, 3], которые вызывают трудности при ходьбе и в использовании обычной обуви.

Хирургическое лечение показано, когда консервативные меры не помогают облегчить симптомы, и его основные цели заключаются в уменьшении боли, вызванной синовитом и разрушением суставов, исправлении деформаций, улучшении походки и адаптации ступни к обуви [1, 3, 4–7].

Исторически было описано множество процедур для лечения ревматоидных артритов переднего отдела стопы, и они, как правило, включали коррекцию деформаций сустава МТР меньших пальцев ног посредством резекционной артропластики головок плюсневых костей или основания проксимальной фаланги, или того и другого. Деформации малых пальцев стопы можно исправить резекцией дистального отдела проксимальной фаланги, артрорезом проксимального межфалангового сустава или закрытыми манипуляциями и интрамедуллярной фиксацией. Варианты коррекции вальгусной деформации большого пальца стопы включают резекционное эндопротезирование головки плюсневой кости или проксимальной фаланги большого пальца стопы; замена сустава металлическими или силиконовыми имплантатами; и артропластику большого пальца стопы [1, 3, 8, 9].

Одним из наиболее часто используемых методов является метод Клейтона-Хоффмана на малых пальцах стопы, который часто используется одновременно со спондилодезом первого плюснефалангового сустава (МТР).

Целью данной работы является анализ результатов хирургического лечения метода Клейтона-Хоффмана на малых пальцах стопы.

Методы

В это исследование были включены семнадцать пациентов (27 стоп) с диагнозом ревматоидный артрит и тяжелая деформация переднего отдела стопы. У всех этих пациентов были тяжелые деформации большого пальца стопы, связанные с болью, ригидными деформациями меньших пальцев стопы и болью при переносе плюсневых костей на головках боковых плюсневых костей. Исключались пациенты, которым проводилась хирургическая коррекция по исследуемой методике, но у которых послеоперационное наблюдение составило менее 12 месяцев. Четыре пациента были мужчинами и 13 женщинами. Средний возраст на момент операции составлял 52 года (диапазон: 20–75 лет).

Тяжелая вальгусная деформация большого пальца стопы, связанная с инкапситурующей болью, ригид-

ными деформациями меньших пальцев стопы и метатарзальным переносом боли на головки боковых плюсневых костей, привела к хирургическому показанию.

Пациенты оценивались посредством личных интервью и клинических обследований. Их спросили, есть ли у них боль в передних ногах; могут ли они использовать обычную закрытую обувь. При клиническом осмотре мы отметили выравнивание, положение стопы при нагрузке и наличие или отсутствие деформации большого пальца стопы. После этого, когда пациент сидел на столе для осмотра, мы исследовали наличие плюсневой боли и боли в медиальном возвышении большого пальца стопы. Медицинские карты были проанализированы, чтобы установить предоперационные жалобы, локализацию боли, тяжесть деформаций и наличие ранних или поздних послеоперационных осложнений.

Рентгенологические исследования выполнялись в дорзоподошвенном и боковом проекциях на переднюю часть стопы с нагрузкой. Предоперационные рентгенограммы были взяты из рентгенографических. Изображения оценивали на предмет наличия или отсутствия консолидации и типа фиксации, используемой при артрорезе МТР большого пальца стопы. Вальгусный угол большого пальца стопы (HVA) [10], то есть угол, образованный между линиями, разделяющими диафиз проксимальной фаланги и диафизом первой плюсневой кости, и углом между первой и второй плюсневыми костями (межплюсневый угол I–II (IMA I–II)), то есть угол, образованный между линиями, которые делят пополам диафизы первой и второй плюсневых костей).

Функциональная шкала AOFAS [11] использовалась для количественного измерения послеоперационных результатов с целью оценки сустава большого пальца стопы. Эта шкала варьируется от 0 до 100 баллов и учитывает пункты, касающиеся боли, уровня активности, деформации и подвижности. Мы разделили результаты на две группы: оценки меньше 70 баллов и оценки больше или равные 70 баллам. Мы сравнили эти группы по возрасту на момент операции; исходная степень деформации (оценивается путем измерения HVA и IMA I–II); наличие или отсутствие уплотнения на текущих рентгенограммах.

Хирургия

Полная артропластика переднего отдела стопы, описанная Тиллманом ревматоидной стопы, включает модификацию резекционной артропластики сустава МТР I по Хетеру [12] и Майо [13, 14] в сочетании с модифицированной артропластикой резекции МТР суставов II–V по Хоффманну [15, 16]. Артропластика переднего отдела стопы по Тиллману состоит из резекции голов-

Таблица 1. Средняя угловая коррекция у пациентов с ревматоидным артритом, перенесших реконструкцию переднего отдела стопы с помощью артрореза плюснефалангового сустава большого пальца стопы.

Параметр	До операции (среднее)	Послеоперационный финал	Уровень исправления угла
HVA	41	17	24
IMA I-II	15	11?	4

ки плюсневой кости из подошвенного доступа, подошвенной капсулоррафии, тенолиза и перенаправления сухожилий. Для сустава МТР I используется дорсомедиальный доступ, прежде чем выполняется разреженная резекция головки плюсневой кости, скорректированная по длине второго сустава МТР, чтобы создать правильное положение первого пальца. Если необходимо для выравнивания и корректировки длины, Тиллманн рекомендует добавить резекцию проксимального основания фаланги. Кроме того, производится резекция сесамоидов. После резекции измененная форма головки плюсны закрывается спинным капсульным лоскутом, включающим короткое сухожилие-разгибатель. Артропластика МТР суставов II–V требует поперечного подошвенного доступа с использованием эллиптического иссечения мозолей кожи и подкожной клетчатки, включая бурсу. Дистальный аспект подошвенного разреза изгибается в соответствии с естественным каскадом головки плюсневой кости. Проксимальный разрез создается для адекватного иссечения любых подошвенных мозолей, но может иметь неправильную форму, чтобы максимально увеличить длину лоскута.

Резекция головок плюсневых костей выполняется с правильным выравниванием и длиной относительно друг друга, что позволяет исправить деформацию и контрактуры мягких тканей. Культия плюсны закругляется, а затем стягивается подошвенная капсула. После этого выполняется подошвенное затягивание большеберцовой капсулы меньшего пальца стопы для дополнительного выравнивания. Для длительной коррекции и хорошей подвижности артропластика должна противостоять эластической дистракции от 6 до 8 мм между реконструированными головками плюсневых костей и проксимальными фалангами без потери фиксации и коррекции швов. В случаях сгибательных контрактур проксимальных или, реже, дистальных межфаланговых суставов, часто требуется манипуляция суженными суставами; иногда требуется временная фиксация проволоки Киршнера для сохранения выравнивания [17, 18].

Результаты

Средний балл по шкале AOFAS для сустава большого пальца стопы, полученный при окончательной оценке, составил 70 баллов из возможных 90 (диапазон: 25–88).

Считалось, что максимальная оценка AOFAS для МТР большого пальца стопы составила 90 баллов из-за потери подвижности суставов в первом МТР после артрореза, что затрудняло использование этого параметра в качестве средства оценки послеоперационной функции. Когда параметр боли по шкале AOFAS для МТР большого пальца стопы оценивался отдельно, среднее значение было 34 из 40 возможных (диапазон: 20–40).

При последнем клиническом обследовании 14 пациентов (21 стопа) (78%) не предъявляли никаких жалоб. Шесть пациентов (6 футов) (22%) имели какие-либо симптомы. У трех пациентов (3/27 футов; 11%) наблюдалась только подошвенная плюсовая боль; у двух пациентов (2/27; 7%) наблюдались боль и деформация только большого пальца стопы. Один из них был одним из случаев, когда развился псевдоартроз. Другой пациент (одна стопа), у которого была глубокая инфекция и псевдоартроз большого пальца стопы, развился с болью и деформацией большого пальца стопы в сочетании с болью в плюсне, и был курильщиком.

Используя критерии Манна и Томпсона [4], результаты были классифицированы как отличные для 19 стоп (71%), хорошие для двух (7%), умеренные для четырех (15%) и плохие для двух (7%). Было обнаружено, что 10 пациентов (15 стоп) были полностью удовлетворены результатами операции, пять (10 стоп) были удовлетворены с небольшими оговорками и два (две стопы) были недовольны.

Угловая коррекция, полученная у пациентов, перенесших реконструкцию переднего отдела стопы, показана в таблице 1 вместе со средними значениями до и после операции для HVA и IMA I–II.

Клинико-функциональные результаты, выраженные с помощью шкалы AOFAS, были разделены на две группы: баллы ниже 70 баллов и баллы больше или равные 70 баллам, как показано в таблице 2. Мы наблюдали различия между этими группами в отношении среднего возраста на момент операции и показателей консолидации, оцененных по заключительным рентгенограммам. Средний возраст был 46 лет в группе с оценкой AOFAS больше или равной 70 баллам, в то время как средний возраст среди стоп с оценкой меньше 70 бал-

Таблица 2. Распределение оперированных стоп по критериям AOFAS и сравнение с клинко-рентгенологическими параметрами пациентов с ревматоидным артритом, которым выполнялась реконструкция переднего отдела стопы.

Параметр	AOFAS <70	AOFAS ≥ 70
Средний возраст в годах	63	46
Консолидация	70%	100%
Исходный IMA I-II (средний)	15	15
Начальная НВА (средняя)	29	48

лов составлял 63 года. Ступни с более высокими показателями AOFAS также достигли 100% консолидации, тогда как группа с оценкой менее 70 баллов достигла 70% консолидации при окончательной рентгенологической оценке.

Заключение

В нашем исследовании мы обнаружили среди 27 оцениваемых стоп, что 71% результатов были отличными, а 7% — хорошими. Это свидетельствует о клини-

ко-функциональном улучшении и удовлетворенности пациентов данным типом процедуры.

Хирургическая методика, которая использовалась для реконструкции тяжелых деформаций передних отделов стопы у этих пациентов с ревматоидным артритом, хорошо зарекомендовала себя в течение длительного времени. Результаты с высокой степенью удовлетворенности пациентов и клинко-функциональным улучшением в соответствии со шкалой AOFAS для сустава большого пальца стопы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jaakkola J.I., Mann R.A. A review of rheumatoid arthritis affecting the foot and ankle. *Foot Ankle Int.* 2004;25(12):866–74.
2. Jeng C., Campbell J. Current concepts review: the rheumatoid forefoot. *Foot Ankle Int.* 2008;29(9):959–68.
3. Trieb K. Management of the foot in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(9):1171–7.
4. Mann R.A., Thompson F.M. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux valgus in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(5):687–92.
5. Mann R.A., Schakel II M.E. Surgical correction of rheumatoid forefoot deformities. *Foot Ankle Int.* 1995;16(1):1–6.
6. Coughlin M.J. Rheumatoid forefoot reconstruction. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(3):322–41.
7. Henry A.P., Waugh W., Wood H. The use of footprints in assessing the results of operations for hallux valgus. A comparison of Keller's operation and arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57(4):478–81.
8. Kadambande S., Debnath U., Khurana A., Hemmady M., Hariharan K. Rheumatoid forefoot reconstruction: 1st metatarsophalangeal fusion and excision arthroplasty of lesser metatarsal heads. *Acta Orthop Belg.* 2007;73(1):88–95.
9. Heitkemper S., Pingsman A., Quitmann A., Patsalis T. Correction of rheumatic forefoot. The value of a combined arthrodesis of the first toe and resection of metatarsal heads 2–5. *Orthopade.* 2007;36(5):478–83.
10. Coughlin M.J. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(6):932–66.
11. Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(7):349–53.
12. Fornell C., Johnson M., Anderson E., Cha J., Bryant B. The American Customer Satisfaction Index: nature, purpose, and findings. *J Marketing.* 1996;60(1):7–18.
13. Hueter C. Clinical picture of joint disorders [in German]. Leipzig, Germany: Von F.C. W. Vogel; 1870.
14. Mayo C.H. XVIII. The surgical treatment of bunions. *Ann Surg.* 1908;48(2):300–302.
15. Tillmann K., Rütger W. The surgical correction of the rheumatoid hallux valgus [in German]. *Operat Orthop Traumatol.* 1993;5:24–32
16. Hoffmann P. An operation for severe grades of contracted or clawed toes. *Am J Orthop Surg.* 1912;9:441–449.
17. Tillmann K., Rütger W. The surgical correction of common rheumatoid deformities of the lesser toes [in German]. *Operat Orthop Traumatol.* 1990;2:169–177.
18. Tillmann K. *The Rheumatoid Foot: Diagnosis, Pathomechanics and Treatment.* Littleton, MA: PSG Publishing Co.; 1979.
19. Tillmann K. Surgery of the rheumatoid forefoot with special reference to the plantar approach. *Clin Orthop Relat Res.* 1997(340):39–47.

© Шахул Хамид Абдул Баситх (drabdulbasi@gmail.com), Макинян Левон Гагикович (dr.makinyan@gmail.com), Айрапетов Георгий Александрович (airapetovga@yandex.ru), Ауде Фади Салимович (Dr.awde.fs@gmail.com), Шиндиев Курбан Ахмедович (Kurban-Shindiev@mail.ru), Абу Заалан Вессам (wsameeexx@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АКТУАЛЬНОСТЬ ИМПЛАНТ-АССОЦИИРОВАННОЙ ЛИМФОМЫ

RELEVANCE OF IMPLANT-ASSOCIATED LYMPHOMA

**I. Yatskov
L. Uzbekova
A. Lebedeva**

Summary. Implant-associated anaplastic large-cell lymphoma of the breast was allocated to a separate nosological unit of the WHO classification of 2016 due to differences in the clinical picture, pathogenesis and prognosis. The article presents a literature review and describes clinical observations of widespread implant-associated anaplastic large-cell lymphoma, which occurs with damage to the muscles of the anterior chest wall and bone marrow, breast tissue, and axillary lymph nodes.

Keywords: implant-associated lymphoma, macrotextured implants, microtextured implants, implant shell.

Яцков Игорь Анатольевич

Ассистент, Медицинская академия имени
С.И. Георгиевского (структурное подразделение ФГАОУ
ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»)
egermd@yandex.ru

Узбекова Лейла Джавадовна

Медицинская академия имени С.И. Георгиевского
(структурное подразделение ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»)
leila1998.999@mail.ru

Лебедева Анна Михайловна

Медицинская академия имени С.И. Георгиевского
(структурное подразделение ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»)
anna96lebedeva@yandex.ru

Аннотация. Ассоциированная с имплантатом анапластическая крупноклеточная лимфома молочной железы выделена в отдельную нозологическую единицу классификации ВОЗ от 2016 г. в связи с различиями клинической картины, патогенеза и прогноза. В статье представлен литературный обзор и описаны клинические наблюдения распространенной ассоциированной с имплантатом анапластической крупноклеточной лимфомы, протекающей с поражением мышц передней грудной стенки и костного мозга, ткани молочной железы, подмышечных лимфатических узлов.

Ключевые слова: имплант-ассоциированная лимфома, макротекстурированные имплантаты, микротекстурированные импланты, оболочка импланта.

Введение

Имплант-ассоциированная лимфома — это лимфома, которая возникает как осложнение после постановки грудных имплантов. Анапластическую крупноклеточную лимфому (BIA-ALCL), утвердили в 2016 году, как Т-клеточную лимфому, которая способна развиваться после имплантации грудных эндопротезов. Лимфома, связанная с имплантами молочных желез — это вариант онкологического заболевания иммунной системы, а не опухоль молочной железы. BIA-ALCL, в основном, обнаруживается в рубцовой ткани и жидкости возле импланта.

Различают текстуру импланта, в зависимости от производителя: макротекстурированную — полиуретан и Biocell («AllerganPlc», Ирландия), с промежуточной текстурой («TRUE Texture»; «Sientra», США), и микротекстурированную (Siltex, «MentorWorldwide», США).

Макротекстурированные импланты (агрессивные) демонстрируют более высокое количество перипротезных бактерий, чем микротекстурированные, поэтому наблюдается более высокий Т-клеточный ответ. То есть агрессивное текстурирование обеспечивает пространство для роста бактерий. Макротекстурированные (или с большой площадью поверхности) импланты Biocell («Allergan, Inc.», США) производят с помощью «технологии потери соли», при которой оболочка импланта прижимается к слою соли. В отличие от них микротекстурированные импланты Siltex (или текстурированные с низкой площадью поверхности) («MentorWorldwide», США) изготавливают посредством обратного негативного импринтинга с текстурированной пеной, при этом получается менее агрессивная форма текстурирования. По данным некоторых исследователей, риск развития BIA-ALCL примерно в 16,5 раза выше для Biocell и в 23,4 раза — для имплантов из полиуретана («Silimed», Бразилия) по сравнению с Siltex- текстурой, если принять ее за единицу. Компания

«Allergan» в 2018 г. полностью отозвала с рынка линейку макротекстурированных имплантов Biocell. Однако, окончательные выводы о роли конкретного вида импланта в заболеваемости BIA-ALCL делать пока рано.

Составляющими звеньями патогенеза имплант-ассоциированной лимфомы являются: материал, из которого изготовлен имплант, микроорганизмы и грибки, колонизирующие микропоры импланта. Несмотря на то, что хирурги утверждают, что имплант герметичен, все же он доступен для проникновения в него микроорганизмов, и кроме этого, соединительнотканная капсула, образующаяся вокруг него, не препятствует проникновению различных веществ, которые запускают иммунные и воспалительные процессы в организме. А после того, когда капсула становится непроницаемым барьером, внутри импланта создаются благоприятные условия, для размножения микроорганизмов. Солевые импланты могут протекать или стать прекрасным резервуаром для размножения грибков микроорганизмов, из-за их проникновения внутрь импланта, во время заполнения его физраствором, через клапан. До конца не изучено влияние силикона на эндокринную систему. В ряде исследований установлено, что после имплантации в анализе крови увеличивается содержание тяжелых металлов, таких как свинец, платины, ртути.

Следовательно, на образование лимфомы влияет поверхностная структура имплантата, то есть для имплантов с текстурированной поверхностью риск развития имплант-ассоциированной лимфомы больше, чем у имплантов с гладкой поверхностью.

Основными клиническими проявлениями BIA-ALCL являются: постоянные отеки, наличие уплотнений или боли в области грудного импланта. Также может наблюдаться скопление жидкости вокруг грудного импланта. Некоторые пациенты отмечают наличие комка под кожей или капсульной контрактуры.

Через некоторое время, после операции и постановки импланта вокруг него образуется лимфоцелла, которое требует диагностических мероприятий, для исключения процессов озлокачествления, в частности имплант-ассоциированной лимфомы. Необходимое количество содержимого лимфоцеллы отправляют на патоморфологическую диагностику. Проводят окрашивание опухолевых масс по Райту-Гимзе или блочно-клеточную иммуногистохимию/проточную цитометрию и оценивают кластеры дифференциации CD30 или маркеры киназы анапластической лимфомы.

Все верифицированные случаи имплант-ассоциированной лимфомы у больных с грудными имплантами должны быть зарегистрированы в системе MedWatch, а также в регистре Patient Registry and Outcomes

Forbreast Implants and anaplastic largecell Lymphoma etiology and Epidemiology (PROFILE).

Достаточно, важной проблемой также является информирование пациентов о возможном риске развития BIA-ALCL. Некоторым учреждениям удалось принять меры по ретроспективному предупреждению пациентов. Так, Робертс взял на себя сложную задачу по оповещению всех пациентов с имплантируемыми грудными имплантатами, установленными в Государственном медицинском центре Херши Пенсильвании с 1979 по 2017 год, проинформировав 1340 пациентов о риске BIA-ALCL. Пациенты были сгруппированы по типу поверхности имплантата, гладкая или текстурированная, а письма, с предупреждением для каждой группы, были составлены и отправлены пациентам. Оба типа писем упоминали риск BIA-ALCL и предоставляли ресурсы для получения дополнительной информации об этом состоянии. Кроме того, благодаря сотрудничеству нескольких отделений, для пациентов была создана телефонная линия. В последствии, 100 пациентов обратились с просьбой об обследовании, а 9 пациентов попросили о профилактическом удалении имплантата на основании риска BIA-ALCL (54).

В 2018 году онкологический центр Memorial Sloan Kettering Cancer Center также решил уведомить письмом всех пациентов с грудными имплантатами о риске BIA-ALCL. Точно так же онкологический центр М.Д. Андерсона также предпринял шаги по информированию пациентов с помощью информационных буклетов для пациентов и письменных сценариев, которые сотрудники могут использовать для ответа на вопросы о BIA-ALCL (39). Образец письма и список часто задаваемых вопросов были разосланы всем пациентам онкологического центра Андерсона, получившим импланты Biocell.

Независимо от того, применяется ли подход к информированию пациентов задним числом с помощью официальных писем или уведомлений, необходимо приложить разумные усилия, чтобы предоставить пациентам как можно больше информации.

Заключение

Для предупреждения возникновения имплант-ассоциированной лимфомы, всех пациентов, планирующих реконструктивное вмешательство на молочной железе, необходимо информировать о возможных рисках ее развития и осложнениях, возникающих после постановки импланта.

Большая часть случаев имплант ассоциированной лимфомы связана с текстурированными имплантатами, хотя в некоторых случаях лимфома развивалась на фоне имплантов с гладкой поверхностью.

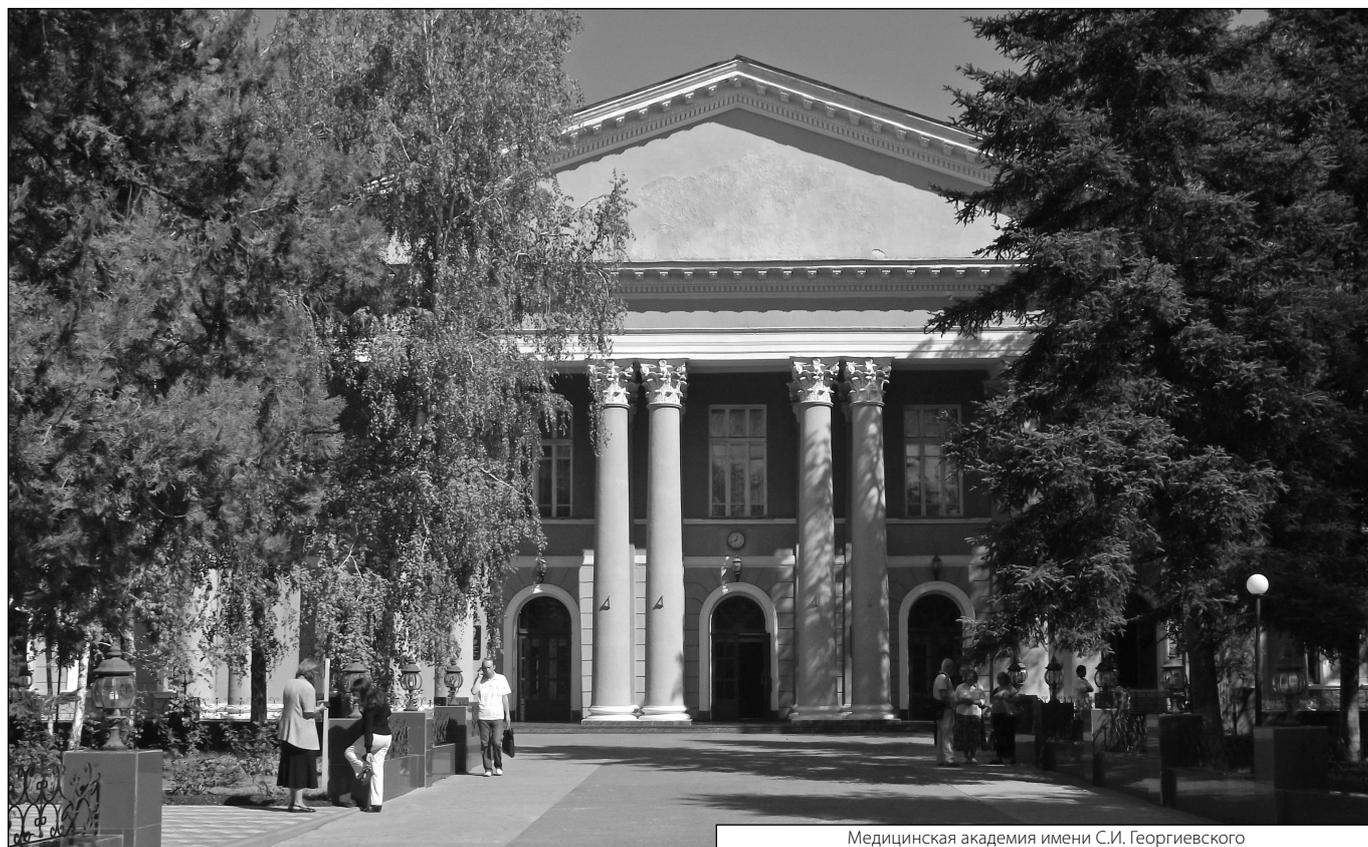
ЛИТЕРАТУРА

1. FDA website. Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma (BIA-ALCL). Published: February 6, 2019.
2. FDA website. Breast Implant Associated-Anaplastic Large Cell Lymphoma (BIA-ALCL) — Letter to Health Care Providers. Published: February 6, 2019.
3. Kristin Jenkins. Breast Implant Link to Rare T-Cell Lymphoma an Ongoing Concern. MedscapeMedicalNews. Published: February 6, 2019.
4. Katzin WE, et al. «Pathology of Lymph Nodes from Patients with Breast Implants: a Histologic and Spectroscopic Evaluation.» The American Journal of Surgical Pathology., U.S. National Library of Medicine, Apr. 2005, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1576780620.
5. Pickel Kris. «CBS5 Investigates: Chemist Claims Breast Implants Make Some Women Sick.»AZFamily, 2 Oct. 2018, www.azfamily.com/news/cbs-investigates-chemist-claims-breast-implants-make-some-women-sick/article_c015ec99-d193-559d-9402-57efcc74eb20.html.
6. Center for Devices and Radiological Health. «Breast Implants — FDA Backgrounder on Platinum in Silicone Breast Implants.» U S Food and Drug Administration Home Page, Center for Devices and Radiological Health, www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/ImplantsandProsthetics/BreastImplants/UCM064040.
7. Center for Devices and Radiological Health. «Breast Implants — Questions and Answers about Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma (BIA-ALCL).» U S Food and Drug Administration Home Page, Center for Devices and Radiological Health, www.fda.gov/medicaldevices/productsandmedicalprocedures/implantsandprosthetics/breastimplants/ucm241086.htm.
8. Center for Devices and Radiological Health. «Breast Implants — Regulatory History of Breast Implants in the U.S.» U S Food and Drug Administration Home Page, Center for Devices and Radiological Health, www.fda.gov/medicaldevices/productsandmedicalprocedures/implantsandprosthetics/breastimplants/ucm064461.htm.
9. Bryant Meg. «FDA Rarely Uses Its Power to Recall Dangerous Medical Devices. Why Not?»MedTech Dive, 31 Aug. 2018, www.medtechdive.com/news/fda-rarely-uses-its-power-to-recall-dangerous-medical-devices-why-not/531018/.
10. U.S. Food and Drug Administration, Archived Collection: Anaplastic Large Cell Lymphoma (ALCL) in women with breast implants: Preliminary FDA findings and analyses, January 2011. Available online: <http://wayback.archive-it.org/7993/20171115053750/https://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/ImplantsandProsthetics/BreastImplants/ucm239996.htm>. Accessed November 12, 2019.

© Яцков Игорь Анатольевич (egermd@yandex.ru),

Узбекова Лейла Джавадовна (leila1998.999@mail.ru), Лебедева Анна Михайловна (anna96lebedeva@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Медицинская академия имени С.И. Георгиевского

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abdul Basith Shahul Hameed — PhD, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
drabdulbasi@gmail.com

Abo Zaalán Wessam — PhD fellow in the department of Traumatology and Orthopedics in Peoples' Friendship University of Russia
wsameeexx@gmail.com

Airapetov G. — PhD. Associate professor, Stavropol State Medical University
airapetovga@yandex.ru

Aksenov I. — Assistant, Stavropol State Medical University, Stavropol

Aksyonov D. — Postgraduate student, Stavropol State Medical University, Stavropol
p.ghost@rambler.ru

Allakhverdyan A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Moscow Regional Research and Clinical Institute
allakhverdyan@rambler.ru

Altukhova O. — Doctor Med. Sci., Belgorod Regional Clinical Hospital of St. Joasaph
kristalinka@yandex.ru

Andryukhin A. — Ph. D., associate professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow)
pr1110@list.ru

Anipchenko A. — Candidate of Medical Sciences, Moscow Regional Research and Clinical Institute
dottor.aleks@mail.ru

Anipchenko N. — Candidate of Medical Sciences, Moscow Regional Research and Clinical Institute
dottor.na@gmail.com

Aude F. — MD, PhD. Orthopedician in City Clinical Hospital № 31, Moscow
Dr.awde.fs@gmail.com

Azovskova O. — PhD, Associate Professor, Smolensk State Medical University
oazovskova@gmail.com

Bebyakova N. — Prof., Northern state Medical University (Arkhangelsk)
nbebyakova@mail.ru

Bondarenko I. — Doctor of Medical Sciences, cardiologist, Chief Researcher, Endocrinology Research Centre of Russian Federation, Moscow

Bragin E. — Doctor of Medical Sciences, professor, Stavropol State Medical University, Stavropol

Briykhánov I. — V.N. Sukachev Institute of Forest
igor_i_b@mail.ru

Cherkasov D. — National Research Nuclear University – MIFI
d.e.cherkasov@mail.ru

Chistyakova O. — Postgraduate student, Tver State Medical University
canyou@yandex.ru

Chukhlyaev D. — National Research University Moscow Institute of Electronic Technology
chukhlyaev.dmitry@mail.ru

Cozac E. — Senior UI Developer, C/O Memery Crystal Llp, London, United Kingdom
eugeniu.cozac@gmail.com

Doronina A. — National Research University of Electronic Technology
doronina.anna.a@mail.ru

Dzhibilov A. — Postgraduate student of Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Neurologist, psychiatrist-narcologist
aslan.dzhibilov@mail.ru

Egorov A. — Laboratory assistant, North-Eastern Federal University. M.K. Ammosov

Egorova M. — Researcher, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov

Epishin K. — Graduate student, Moscow Institute of Electronic Engineering, Zelenograd, Moscow
cyrillepishin@gmail.com

Evseeva Yu. — Laboratory assistant, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov

Fedin F. — Candidate of Military Sciences, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University, Moscow
nidef@mail.ru

Fedorova N. — Postgraduate student, Independent non-profit organization of further vocational education «Science and education center of aerospace defense «Almaz – Antey» (Moscow)
fedorova-21@internet.ru

Fedosov E. — MD, Professor, Smolensk State Medical University
fedosoffevgenij@yandex.ru

Fomin R. — National Research University of Electronic Technology
roman.a.fomin@mail.ru

Gagarina L. — D.Sc. in engineering, professor, National Research University of Electronic Technology
gagar@bk.ru

Ganbarov Khudaverdi Ganbar — Professor, Baku State University
khuda1949@mail.ru

Gilyarevski R. — Doctor of philology, professor, honored scientist of the Russian Federation, Lomonosov Moscow State University; Russian Institute for Scientific and Technical Information
ruggero29@gmail.com

Gofman M. — Ph. D., associate professor, Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I
maxgof@gmail.com

Golderova A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov
hoto68@mail.ru

Goldobina P. — Post-graduate student, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Gorlushkina N. — PhD in Engineering, associate professor, ITMO University (Saint-Petersburg)
nagor.spb@mail.ru

Grachev N. — Ph. D., professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow)
nnggrachev@mail.ru

Gumarov A. — Postgraduate student, Samara state University of railway transport, Samara
nibelheim@inbox.ru

Gureeva L. — Postgraduate student, Tver State Medical University
lara_ego@mail.ru

Gurevich Yu. — Candidate of medical Sciences, Associate Professor, Altai State Medical University
yura74@mail.ru

Gustovarova T. — MD, Professor, Smolensk State Medical University
tanya.prof@yandex.ru

Kanishchev I. — Postgraduate student, Vyatka State University, Kirov
kanishchev.ilya@gmail.com

Kasaeva G. — Medical Academy named after S.I. Georgievsky (structural subdivision of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU")
gulzara.kasaeva@mail.ru

Khamgokova I. — Neurologist, City polyclinic No. 1 Nalchik
inna19882008@mail.ru

Khashkulova Z. — Kabardino-Balkarian State University, Nalchik
khashzamira@gmail.com

Khaysanova V. — Post-graduate student, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
vlada240535@mail.ru

Kobets E. — Leading engineer, postgraduate student, ITMO University (Saint-Petersburg)
www.kobets@yandex.com

Kurochkina E. — Associate Prof., Northern state Medical University (Arkhangelsk)
zhibort71@yandex.ru

Lapin A. — Senior Programmer, National Research Nuclear University «MEPHI», Senior Programmer, Luxoft Professional LLC, Moscow
so.yazzzie@gmail.com

Lebedeva A. — S.I. Georgievsky Medical Academy (a structural division of the Federal State Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU")
anna96lebedeva@yandex.ru

Levitsky S. — Associate Prof., Northern state Medical University (Arkhangelsk)
sergeylevitski@yandex.ru

Lomakin A. — Postgraduate Student, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
artemy.lomakin@yandex.ru

Lvov N. — MIREA - Russian Technological University (Fryazino)
lvov_ns@outlook.com

Makinyan L. — PhD, Associate professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow; City Clinical hospital № 13, Moscow
dr.makinyan@gmail.com

Maksimova N. — Ryazan medical University named academician I.P. Pavlov of the Ministry of health Russian Federation (Ryazan)
natali2411@bk.ru

Mayboroda Y. — Associate professor, Stavropol State Medical University, Stavropol

Mezhieva Z. — Candidate of veterinary sciences, Senior researcher, Laboratory of Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed
bazillab@mail.ru

Minaeva A. — Postgraduate Student, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
lina.minaeva.11@mail.ru

Nikolaeva E. — Ph.D, associate Professor, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Nikolaeva I. — Researcher, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov
ysucell@gmail.com

Oganesyan A. — Belgorod National Research University
oganesyan@bsu.edu.ru

Osinkina T. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Orenburg State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation"
osinkina12@mail.ru

Pakhomov S. — Doctor Med. Sci., Belgorod State National Research University
pachomw@yandex.ru

Pankrashov E. — Post-graduate student, Smolensk State Medical University
Ed.pankrashov@gmail.com

Pervova O. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Petrash D. — Associate Professor, Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Pogodina T. — Professor, FGKOU VO «Nizhniy Novgorod Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation»

Ponomarev D. — Senior laboratory assistant, ITMO University (Saint-Petersburg)
decolte070@gmail.com

Radionov A. — Cand. of Med. Sciences, Associate Professor, Tver State Medical University
andrew.rodionov@tvergma.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Rozhnov S. — Ordinator, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation
serg.rojnof@icloud.com

Rudenko S. — Assistant, FGKOU VO «Nizhniy Novgorod Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation»
na@mvd.gov.ru

Sadykhbekov A. — Moscow City University (MCU), Moscow
ashraf97@yandex.ru

Safarova Ayten Khanlar — Doctoral student, Odlar Yurdu University
ayten.84.safarova@gmail.com

Sagalaev Yu. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow
yrok472@mail.ru

Salpagarova F. — Post-graduate student, Stavropol State Medical University
fsalpagarova@list.ru

Schmorgun B. — Candidate of veterinary sciences, Leading researcher, Laboratory of Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed

Shadrina S. — Senior Researcher, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov
svetlana.maksimo@mail.ru

Shestacov A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
andrewschestakov@yandex.ru

Shindiev K. — MS (Ortho), PhD fellow in the department of Traumatology and Orthopedics in Peoples' Friendship University of Russia
kurban-shindiev@mail.ru

Sumarokova A. — Associate Prof., Northern State Medical University (Arkhangelsk)
arh.alina@gmail.com

Suslov A. — Assistant professor, FGKOU VO «Nizhniy Novgorod Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation»

Taran V. — Candidate of cultural studies (ICT), All-Russian Institute of scientific and technical information RAS
allscience@lenta.ru

Teuchezh A. — Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar
aminet.aslanovna@mail.ru

Tishkov D. — Kursk State Medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
den-tishkov@yandex.ru

Troev I. — Researcher, North-Eastern Federal University named after V.I. M.K. Ammosov

Ustyuzhina A. — Obstetrician-gynecologist, Belgorod Regional Clinical Hospital of St. Joasaph
alexandrashevchenko@yandex.ru

Uzbekova L. — S.I. Georgievsky Medical Academy (a structural division of the Federal State Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU")
leila1998.999@mail.ru

Valitova Yu. — PhD in Pedagogy, associate professor, ITMO University (Saint-Petersburg)
julijawal@gmail.com

Vasiliev D. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
dav_ul@mail.ru

Vasiliev D. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
dav_ul@mail.ru

Vengrzhinovskaya O. — Clinical-in-training endocrinologist, Endocrinology Research Centre of Russian Federation, Moscow
vengrzhinovskaya@gmail.com

Vishneva E. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, cardiologist of the highest category, Ural State Medical University; Chief Physician of the network of clinics of Family Clinic LLC, Yekaterinburg
e.m.vishneva@mail.ru

Vishneva K. — Ural State University Medical University, Yekaterinburg
kv.vishneva@mail.ru

Voronova N. — Researcher, National Research University of Electronic Technology
nmvoronova@mail.ru

Yanakova E. — D.Sc. in engineering, professor, National Research University of Electronic Technology
digitvesper@gmail.com

Yatskov I. — Assistant, S.I. Georgievsky Medical Academy (a structural division of the Federal State Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU")
egermd@yandex.ru

Yazykova E. — Candidate of medical Sciences, Associate Professor, Altai State Medical University
yzikova@mail.ru

Yegorova E. — Ultrasound doctor, GAUZ SO GKB No. 14, Yekaterinburg
kaat333@mail.ru

Zakharova A. — Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky
as_zakharova@bk.ru

Zakharov Ya. — Moscow City University (MCU), Moscow
zakharaross@mail.ru

Zakharyan E. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Medical Academy named after S.I. Georgievsky (structural subdivision of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky KFU")
locren@yandex.ru

Zanozin A. — Assistant professor, FGKOU VO «Nizhniy Novgorod Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation»

Zhulev E. — M.D., Professor, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Zubritsky V. — Moscow State University of Food Production
zubvlad2009@yandex.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).