

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№4-2 2022 (АПРЕЛЬ)

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>

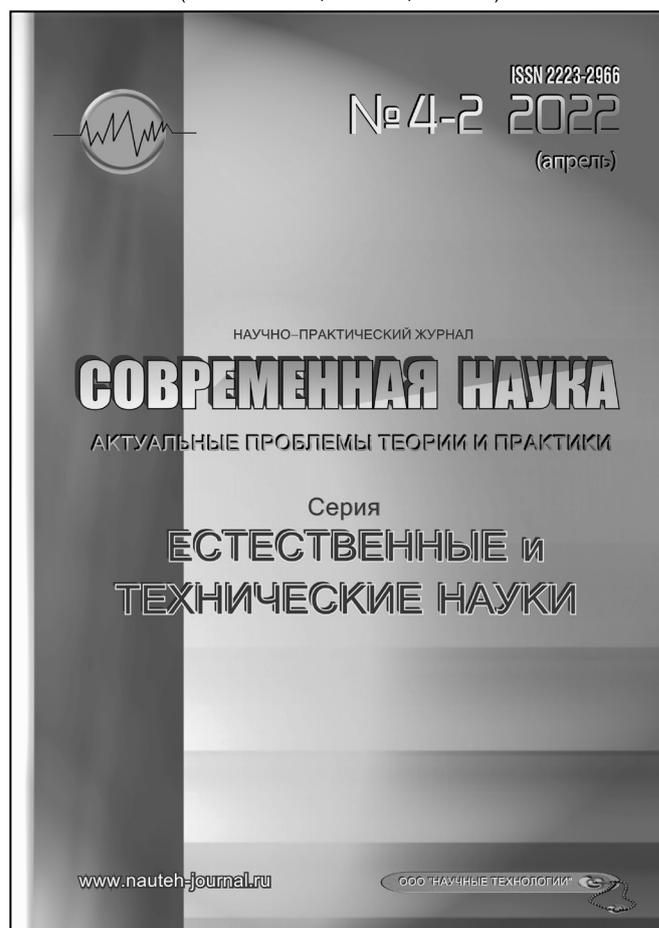
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 29.04.2022 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 Мурадович — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

- Алескерова А.Н., Расулов Ф.А., Джахангирова И.Р., Гулиева А.Ф., Мустафаева И-Г.А.** — Фитохимическое изучение и практическое значение некоторых видов рода головчатки (*cephalaria schrad.*) семейства ворсянковых (*dipsacaceae lindl.*), произрастающих во флоре Азербайджана
- Aleskerova A., Rasulov F., Jahangirova I., Guliyeva A., Mustafayeva I-G.* — Phytochemical study and practical significance of some species of the genus (*cephalaria schrad.*) from the family (*dipsacaceae lindl.*) growing in the flora of Azerbaijan7
- Альхаддур А.** — Влияние растительных экстрактов на длину теломер
- Alkhaddur A.* — The effect of plant extracts on telomere length 12
- Дмитриева Е.Л., Жердева С.В.** — Эколого-ценотическое разнообразие наземных биоценозов правобережья реки Сейм в парковой зоне города Курска
- Dmitrieva E., Zherdeva S.* — Ecological and cenotic diversity of terrestrial biocenoses of the right bank of the Seim river in the park zone of the city of Kursk. 18
- Минина Н.Н., Валиахметов А.И.** — Определение степени загрязнения реки Белая на территории г. Уфы республики Башкортостан
- Minina N., Valiakhmetov A.* — Determination of the degree of pollution of the Belaya river on the territory of Ufa, republic of Bashkortostan. 25
- Мищенко О.А., Гладун И.В., Ананьев Н.А.** — Мониторинговый анализ качества воды в реке Амур
- Mishchenko O., Gladun I., Ananyev N.* — Monitoring analysis of water quality in the Amur river. 28

Стукова О.Ю. — Влияние солёности на биотрансформацию полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях Амурского лимана

Stukova O. — The influence of the salinity of the biotransformation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments Amur estuary 35

Информатика, вычислительная техника и управление

Алейников П.И., Сараджишвили С.Э. — Улучшенный метод обнаружения облаков и маскирования солнца на изображениях полного неба

Aleynikov P., Sarajishvili S. — Improved cloud detection and sun masking method based on full sky images 40

Ермолаева В.А., Киреева Е.Д. — Математическое моделирование стадии карбонизации и абсорбции в производстве кальцинированной соды

Ermolaeva V., Kireeva E. — Mathematical modeling of the carbonation and absorption stage in the production of soda ash 44

Зигангиров Н.И. — Методы анализа качества беспроводных сетей

Zigangirov N. — Methods for analyzing the quality of wireless networks 52

Иваев М.И., Лапаева О.С., Новикова Д.Д. — Системы поддержки принятия решений: опыт применения, проблемы оптимизации

Ivaev M., Lapaeva O., Novikova D. — Decision support systems: application experience, optimization problems 56

Казаков О.Д., Азаренко Н.Ю. — Цифровые двойники бизнес-процессов: пространственно-временной слой <i>Kazakov O., Azarenko N.</i> — Digital twins of business processes: spatio-time layer. 60	Овчинникова К.Р., Сосновская А.В., Ромашкова О.Н. — Компьютерные игровые системы для обучения детей принципам здорового питания <i>Ovchinnikova K., Sosnovskaya A., Romashkova O.</i> — Computer game systems for teaching children to the principles of healthy nutrition. 97	
Каравашкин Л.А., Молодяков С.А. — Разработка веб аудио сервиса с использованием progressive web apps технологий и кэширования данных <i>Karavashkin L., Molodyakov S.</i> — Development of a web audio service using progressive web apps technologies and data caching 68	Петрова А.М., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. — Модели процессов функционирования информационной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе <i>Petrova A., Romashkova O., Ermakova T., Chiskidov S.</i> — Functional models of information system processes for climate and environmental monitoring in the arctic region 104	
Кулик С.Д., Штанько А.Н., Кондаков А.А. — Применение системного анализа для оценки эффективности медицинской информационной системы <i>Kulik S., Shtanko A., Kondakov A.</i> — Application of system analysis to evaluate the efficiency of medical information system 75	Савельев И.А., Антипенко А.О. — О перспективах внедрения биометрической информации в графический формат речевого сигнала <i>Savelyev I., Antipenko A.</i> — On the prospects for the introduction of biometric information into a graphical speech signal format 111	
Ларионов В.С., Сафиуллина Л.Х. — Эффективность применения методов на основе роя частиц при оптимизации ICLPSO обучения нейронных сетей <i>Larionov V., Safiullina L.</i> — Efficiency of particle swarm-based methods in optimizing ICLPSO training of neural networks. 81	Таран В.В. — Технический анализ кода библиотеки «statistics» языка программирования Nyquist, в целях повышения точности и эффективности обрабатываемого аудиоматериала <i>Taran V.</i> — Technical analysis of the «statistics» library code within the Nyquist programming language in order to improve the accuracy and efficiency of the processed audio material 119	
Моляков А.С. — Инновационный вариант развития защищенных супер-эвм для решения важных задач фундаментальной медицины и инженерии в России <i>Molyakov A.</i> — Innovative variant of secured supercomputer development for solving important problems of fundamental medicine and engineering in Russia 88	Язев П.А. — Модельное исследование возможностей увеличения добычи калийной руды <i>Yazev P.</i> — Research of opportunities to increase potassium ore mining by modeling. 143	
Морозов Ю.А., Сараджишвили С.Э. — Способы построения рекомендательных систем <i>Morozov Yu., Saradgishvili S.</i> — Methods for building recommender systems 94	Клиническая медицина	
	Атаев А.Р., Атаева Л.А., Османов Р.Т., Каллаев Н.О., Магарамов А.М., Мирзоев Н.Э., Ганиев М.Х., Огурлиев А.П. — Минимально-инвазивный метод репозиции и фиксации при переломах пяточной кости <i>Ataev A., Atayeva L., Osmanov R., Kallaev N., Magaramov A., Mirzoev N., Ganiev M., Ogurliiev A.</i> — Minimally invasive method for reposition and fixation for canean bone fractures. 150	

- Блинов М.С., Бородулина И.И., Тегза Н.В., Ратников В.А.** — Состояние жевательных мышц у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава и признаками недифференцированной дисплазии соединительной ткани
- Blinov M., Borodulina I., Tegza N., Ratnikov V.* — The state of the masticatory muscles in patients with temporomandibular joint dysfunction and signs of undifferentiated connective tissue dysplasia. 156
- Бокарев М.И., Мамыкин А.И., Алали Халед Джамал, Демьянов А.И., Покровский К.А.** — Влияние дренирования брюшной полости на результаты лечения больных с распространенным гнойным перитонитом
- Bokarev M., Mamykin A., Alali Khaled Jamal, Demyanov A., Pokrovsky K.* — The effect of abdominal drainage on the results of treatment of patients with widespread purulent peritonitis 162
- Гаджиева А.М., Эседова А.Э., Гаджиева У.А., Мамедов Ф.С.** — Сравнительная характеристика женщин с невынашиванием беременности (спонтанные и неразвивающиеся беременности) на фоне бактериально-вирусной инфекции
- Gadzhieva A., Esedova A., Gadzhieva U., Mamedov F.* — Comparative characteristics of women with miscarriage (spontaneous and non-developing pregnancies) on the background of bacterial-viral infection. 170
- Гехаев А.У., Исакова Ф.С., Гаппоева Э.Т.** — Группы риска развития предраковых поражений и злокачественных новообразований гортани среди населения
- Gekhaev A., Isakova F., Gappoeva E.* — Larynx precancerous lesions and malignant neoplasms risk groups among the population 174
- Дамадаев Д.М., Хамидов М.А., Магомедов М.М.** — Современные методы герниопластики и их эффективность у молодых мужчин
- Damadaev D., Khamidov M., Magomedov M.* — Modern methods of hernioplasty and their effectiveness in young men 179
- Елисеев И.Г., Камбаров С.Ю., Хавандеев М.Л.** — Исторический очерк реконструктивных операций на митральном клапане
- Eliseev I., Kambarov S., Khavandeev M.* — Historical sketch of reconstructive operations on the mitral valve 187
- Жалилов А.К., Мерзляков В.Ю., Ключников И.В., Скопин А.И., Мамедова С.** — Коронарное шунтирование без искусственного кровообращения при остром коронарном синдроме: фокус на безопасность и полноту реваскуляризации
- Jalilov A., Merzlyakov V., Klyuchnikov I., Skopin A., Mamedova S.* — Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass in acute coronary syndrome: focus on safety and completeness of revascularization 193
- Жалилов А.К., Мерзляков В.Ю., Ключников И.В., Саломов М., Мамедова С.** — Результаты коронарного шунтирования у больных с острым инфарктом миокарда с подъёмом сегмента ST
- Jalilov A., Merzlyakov V., Klyuchnikov I., Salomov M., Mamedova S.* — Results of coronary bypass shutting in patients with acute ST-elevation myocardial infarction 203
- Каграманова С.Р., Чичерина Е.Н.** — Артериальная гипертензия, как фактор риска развития тяжелого течения новой коронавирусной инфекции (covid-19)
- Kagramanova S., Chicherina E.* — Arterial hypertension as a risk factor for the development of a severe course of a new coronavirus infection (covid-19) 208

<i>Каллаев Н.О., Атаев А.Р., Каллаев Т.Н., Мирзоев Н.Э., Магарамов А.М.</i> — Современные технологии оперативного лечения перелома-вывихов голеностопного сустава <i>Kallaev N., Ataev A., Kallaev T., Mirzoev N., Magaramov A.</i> — Modern technologies of surgical treatment of fracture-dislocations of the ankle joint	211
<i>Лобанов Ю.С., Лобанов С.Л., Васильцова Н.А., Лобанов Л.С.</i> — Степень забрюшинной компрессии и состояние эндотелия при ретроперитонеальных операциях <i>Lobanov Yu., Lobanov S., Vasiltsova N., Lobanov L.</i> — The degree of retroperitoneal compression and the state of the endothelium during retroperitoneal operations	216
<i>Сахаутдинова И.В., Герасимова И.В.</i> — Информативность оценки уровня плацентарного фактора в сроке гестации 11–14 недель роста как предиктора преэклампсии <i>Sakhautdinova I., Gerasimova I.</i> — Information value of assessing the level of placental factor in gestation 11–14 weeks of growth as a predictor of preeclampsia	220
<i>Тотиков З.В., Тотиков В.З., Хубецова Р.А., Казиев Т.Т., Логвина Л.Л.</i> — Современные и перспективные способы эндоскопического гемостаза у больных с неварикозными гастродуоденальными кровотечениями <i>Totikov Z., Totikov V., Hubetsova R., Kaziev T., Logvina L.</i> — Modern and promising methods of endoscopic hemostasis in patients with non-variceal bleeding	224
<i>Хаджаева П.Г., Григоренко М.П., Вакушина Е.А., Брагин Е.А., Григоренко П.А., Арзуманян Л.В.</i> — Окклюзионная патология в период сменного прикуса, полиморфизм и частота встречаемости в городе Ставрополе <i>Khadzhaeva P., Grigorenko M., Vakushina E., Bragin E., Grigorenko P., Arzumanyan L.</i> — Occlusional pathology in mixed dentition, polymorphism and frequency in the city of Stavropol	232
Информация	
Наши авторы. Our Authors	238
Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале	242

ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА ГОЛОВЧАТКИ (CEPHALARIA SCHRAD.) СЕМЕЙСТВА ВОРСЯНКОВЫХ (DIPSACACEAE LINDL.), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ ВО ФЛОРЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

PHYTOCHEMICAL STUDY AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF SOME SPECIES OF THE GENUS CEPHALARIA SCHRAD. FROM THE FAMILY (DIPSACACEAE LINDL.) GROWING IN THE FLORA OF AZERBAIJAN

A. Aleskerova
F. Rasulov
I. Jahangirova
A. Guliyeva
I. Mustafayeva

Summary. The family Dipsacaceae includes 9 genera and about 250 species. In Azerbaijan, 5 genera are represented with approximately 30 species. The species of this family have valuable pharmacological properties and have long been used in folk medicine in the treatment of various diseases. The article presents the results of studying the phytochemical composition of aboveground and underground organs, the essential oil of flowers, and the fumigant activity of species of the genus *Cephalaria* Schrad. In the sum of saponins obtained from the roots and aerial parts of both species, cephalaroside A and cephalaroside C were isolated. Based on the results of UV, ¹H-, ¹³C-NMR and mass spectra, comparison of physicochemical constants with literature data, chemical (acid and alkaline hydrolysis, acetylation, methylation) transformations obtaining flavonoids were identified with apigenin, hyperoside, quercimerythrin, cynaroside and polustroside. It was found that the dominant components of the essential oil of *C. gigantea* are 1,8 — cineole and α — thujone. The deterrent effect of the essential oil of *C. gigantea* was established, which lasted for 5–6 hours. Because of this, *C. gigantea* essential oil has been recommended for use as a repellent.

Keywords: *Cephalaria* Schrad., chemical composition, fumigant action.

Алескерова Аделя Новруз гызы

Д.б.н., доцент, в.н.с., Институт ботаники
Национальной Академии Наук Азербайджана
adelyaaleskerova@mail.ru

Расулов Фаиз Али оглы

К.б.н., доцент, с.н.с., Институт ботаники
Национальной Академии Наук Азербайджана

Джахангирова Илхана Рафик гызы

К.м.н., старший преподаватель, Азербайджанский
Медицинский Университет

Гулиева Айшен Фарман гызы

М.н.с., Институт ботаники Национальной Академии
Наук Азербайджана

Мустафаева Имми-Гульсюм Абдулалли гызы

М.н.с., Институт ботаники Национальной Академии
Наук Азербайджана

Аннотация. Семейство Dipsacaceae включает 9 родов и около 250 видов. В Азербайджане представлено 5 родов приблизительно с 30 видами. Виды данного семейства обладают ценными фармакологическими свойствами и издавна применяются в народной медицине при лечении различных заболеваний. В статье приведены результаты изучения фитохимического состава надземных и подземных органов, эфирного масла цветков и фу-мигантной активности видов рода *Cephalaria* Schrad. В сумме сапонинов, полученных из корней и надземной части обоих видов, были выделены цефаларозид А и цефаларозид С. На основании результатов химических данных УФ-, ¹H-, ¹³C-ЯМР и масс-спектров, сравнением физико-химических констант с литературными сведениями, и результатов химических (кислотный и щелочной гидролиз, ацелирование, метилирование) превращений полученные флавоноиды идентифицированы с апигенином, гиперозидом, кверцимеритрином, цинарозидом и полюстрозидом. Было обнаружено, что доминирующими компонентами эфирного масла *C. gigantea* являются 1,8 — цинеол и α — туйон. Установлено отпугивающее действие эфирного масла *C. gigantea*, которое сохранялось в течение 5–6 часов. В связи с этим эфирное масло *C. gigantea* было рекомендовано для использования в качестве репеллента.

Ключевые слова: *Cephalaria* Schrad., химический состав, фу-мигантное действие.

Введение

Семейство *Dispacaceae* включает 9 родов и около 250 видов. В Азербайджане представлено 5 родов приблизительно с 30 видами. Ряд видов этого семейства издавна применяются в народной медицине при различных заболеваниях. Так, например, венчики цветков *C. gigantea* (Ledeb) Bobr. и *C. ensifolia* (Murr.) L.C. Rich. в виде чая применяются при простудных заболеваниях органов дыхания и печени, при кашле, при простудных заболеваниях как средство, стимулирующее сердечно-сосудистую систему, а также при кровохарканье. Экстракт соцветий *C. procera* Fisch. & Ave-Lall., *C. gigantea*, *C. armeniaca* E. Bordz. широко известны как потогонное и жаропонижающее средство. Цветки и корни *C. microdonta* Bobrov. широко используются в виде настоя против простудных заболеваний, внутреннего кровоизлияния, а также при сердечно-сосудистых, почечных и желудочно-кишечных заболеваниях. Кроме того, известны антимикробные свойства растения [1].

Экстракты, полученные из цветков и корней *C. microdonta* Bobrov., широко распространенного в Азербайджане, в виде отвара широко используются при простудных заболеваниях, болезнях сердечно-сосудистой и мочеполовой системы. Экстракты цветков также успешно используются против патогенных бактерий и при отравлении ядовитыми грибами [2, 3]. Некоторые виды *Cephalaria* используются как декоративные, красящие, инсектицидные, а также используются в пчеловодстве.

Виды *Cephalaria* являются богатыми источниками алкалоидов, тритерпеновых сапонинов, иридоидных гликозидов, флавоноидов и других биологически активных веществ [4, 6, 7]. Из цветков *C. gigantea* выделены и идентифицированы лютеолин (5,7,3',4'-тетрагидроксифлавоноид), кверцетин (3,5,7,3',4'-пентагидроксифлавоноид), цинарозид (лютеолин-7-O-β-D-глюкопиранозид), кверцимеритрин (кверцетин-7-O-β-D-гоюкопиранозид) и гигантозид А — кверцетин-7-O-[α-L-арабинопиранозил(1→6)]-β-D-глюкопиранозид [4, 9].

Из *C. gigantea* в индивидуальном виде выделен основной алкалоид-генцианин. Получены также другие алкалоиды близкие к генцианину — генцианаин и генцианадин. Из хлороформного извлечения после очистки на Al_2O_3 и перекристаллизации получили олеиновую кислоту $C_{30}H_{18}O_3$, т. пл. 305–306 °С. Из водного этанола получен апигенин $C_{15}H_{10}O_5$, т. пл. 324–343 °С. Из цветков получен гиперозид $C_{12}H_{20}O_{12}$, т. пл. 230–232 °С. При кислотном гидролизе гиперозид расщепляется на кверцетин и D-глюкозу. Получен также кверцимеритрин $C_{21}H_{20}O_{12}$, т. пл. 250–252 °С. При экстракции водным этанолом получен цинарозид $C_{21}H_{20}O_{11}$, т. пл. 230–232 °С. Из водного эта-

нола получен также полюстрозид $C_{27}H_{30}O_{15}$, т. пл. 172–173 полюстрозид [1]. Корни *C. kotschyi* и *C. nachiczewanica* богаты алкалоидами и тритерпеновыми гликозидами. В индивидуальном состоянии из этих объектов получены цефаларозиды С, D, Е. Цефаларозиды С, D, Е являются триозидами хедерагенина [6]. В надземной части *C. gigantea* найдены фенолкарбоновые кислоты: кофейная и хлорогеновые. В корнях *C. kotschyi* и *C. nachiczewanica* найдены сахароза, глюкоза и β-ситостерин. Из цветков *C. kotschyi* получены препараты, оказывающие антивирусную активность против энтеровирусов. Эти препараты одновременно снижают температуру и используются при болезнях мочеполовой системы. Из этого растения получены следующие гликозиды: логанин и гентиопикрин. На основе видов *Cephalaria* созданы препараты против воспаления дыхательных органов, печени и потогонные средства [7].

Принимая во внимание богатство видов *Cephalaria* биологически активными веществами, мы исследовали химический состав и фумигантную активность *C. gigantea* и *C. velutina*.

Материалы и методы исследования

Растения были собраны в период массового цветения в конце июня месяца 2020 года в Ленкоранском районе.

Исследование сапонинов

Измельченные корни и надземная часть обоих видов были высушены до воздушно-сухого веса (500 г). Упаренные досуха метанольные экстракты цветов и корней каждого вида в отдельности растворяли в воде, раствор промывали хлороформом, этилацетатом и затем экстрагировали н-бутанолом. Сгущенный бутанольный экстракт очищали хроматографированием на силикагеле КСК в системе бутанол-метанол (3:1) [10].

Исследование флавоноидов

Сухие цветки *C. velutina* (1 кг) экстрагировали 96% этанолом в течение суток. Экстракты декантировали и экстракцию повторили еще 2 раза. Экстракты объединили, упарили на ротаторном испарителе (фракция 1). В четвертый раз экстрагировали 80% этанолом в соотношении 1:8 в течени суток, отфильтровали, упарили до водного остатка (фракция 2). К фракции прибавили 150 мл воды, взболтали и последовательно экстрагировали хлороформом, смесью этилацетат-гексан и (3:1) [11].

Исследование фумигантной активности

Эфирное масло *C. gigantea* выделено методом гидродистилляции в течение 6 часов. Компонентный со-

Таблица. Компонентный состав эфирного масла *C. gigantea*.

Компонент эфирного масла	Содержание (в %)
α -пинен	следы
Камфен	следы
П-цимол	1,8
1,8 — цинеол	29
Камфора	6,3
β — пинен	следы
Сабинен	следы
Мирцен	следы
Лимонен	следы
β — фелландрен	следы
γ — терпинен	следы
терпинолен	следы
борнеол	следы
гераниол	следы
крезол	следы
валериановая кислота	следы
кадинен	следы
α — туйон	21,3
β — цитрал	12, 8
α — цитраль	следы
β — цитраль	следы

став эфирного масла определяли газожидкостной хроматографией при помощи хромато-масс-спектрометра Agilent Technologies (5975 C). Были взяты 2 настольные клетки размером 30x30x30 см одна для контроля, другая опытная. В каждую клетку впускались 50 комаров женского пола "*Culex pipenes molestus*". В течение дня опыты повторялись через каждые 2 ч. с 15-минутным помещением рук в клетки. Часть целлофановых перчаток, куда вдевались пальцы, вырезалась и пальцы в опытном варианте натирались эфирным маслом. Пальцы рук обрабатывались единожды в начале каждого эксперимента. Каждый раз использовалась свежая группа комаров [2, 5, 8]. Для идентификации компонентов пользовались стандартными масс-спектрометрическими библиотеками NIST и Wiley.

Результаты и их обсуждение

Исследование сапонинов

Сумму сапонинов гидролизовали 5%-ной серной кислотой. Выпавший осадок состоял из 2 веществ. После разделения осадка на колонке силикагелем (1:100) в системе бензол: эфир (6:1) выделили олеановую кислоту с.т. пл. 305–306⁰ С (метанол) и хедерагенин с.т. пл. 328–331⁰ С (метанол), совпадающие по всем химико-физическим свойствам с подлинными образцами. Следовательно, все цефаларозиды являются гликозидами хедерагенина и олеановой кислоты. Хроматографией суммы сапонинов на колонке с силикагелем в системе хлороформ — метанол — вода (60:30:10) получили це-

фефаларозид А. с.т. пл. 207–209⁰. В результате гидролиза цефаларозид А 5%-ной серной кислотой выделили хедерагенин, а в очищенном карбонатом бария гидролизате ТСХ в системе бутанол-метанол-вода (5:3:1) на импрегнированных 0,3 м раствором NaH_2PO_4 пластинках с силикагелем обнаружили D-глюкозу, L-рамнозу и L-арабинозу. Щелочное омыление цефаларозид А 10% КОН в водно-метанольном (1:1) растворе дало прогенин, который после кислотного гидролиза показал лишь присутствие L-рамнозы и L-арабинозы. Следовательно, цефаларозид А является бисгликозидом хедерагенина с двумя сахарными цепями.

Цефаларозид в составе $\text{C}_{17}\text{H}_{75}\text{O}_{17}$ представляет собой гликозид хедерагенина с двумя сахарными цепями, а цефаларозид С-ацилозид хедерагенина т. пл. 192–196.

Исследование флавоноидов

Из хлороформного извлечения после очистки на Al_2O_3 и перекристаллизация получили олеиновую кислоту $\text{C}_{30}\text{H}_{58}\text{O}_2$, т. пл. 305–306⁰С (из этанола). Кристаллы белого цвета, растворимые в спиртах, хлороформе, пиридине, не растворимы в воде. Извлечение смесью этилацетат-гексан после упаривания и перекристаллизации из водного этанола получили апигенин $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_5$, т. пл. 342–343⁰С. Светло-желтые кристаллы растворимые в спиртах, не растворимые в воде.

Этилацетатное извлечение обезвоживали Na_2SO_4 , упаривали досуха. Остаток растворили в 50 мл метанола и оставили при комнатной температуре на 2 суток. Затем выпавшие кристаллы отфильтровали, перекристаллизовали из метанола, получили гиперозид $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$, т. пл. 230–232⁰С. Светло-желтый кристаллический порошок, растворим в спиртах, не растворим в хлороформе. При кислотном гидролизе расщепляется на кверцетин (64%) и D-глюкозу.

Маточный раствор упарили до сухого остатка и перекристаллизовали из ацетона, получили кверцимеритрин $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$, т. пл. 250–252⁰С. При кислотном гидролизе расщеплялся на кверцетин (65%) и D-глюкозу. Ацетоновый раствор упарили до сухого остатка и перекристаллизацией из водного этанола получили цинарозид $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$, т. пл. 230–232⁰С. При кислотном гидролизе получили лютеолин (66%) и D-глюкозу. Выпавший из фракции 2 осадок

через сутки упарили до небольшого объема и извлекли n-бутанолом. Извлечение отогнали и перекристаллизовали из водного этанола. Получили полюстроид $\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{15}$, т. пл. 172–173⁰С, растворим в диметилформалиде, водных спиртах, плохо в этаноле, не растворим в этилацетате. К идентификации выделенных соединений привлечены аутентичные образцы, а также спектры ЯМР ¹H и ¹³C, полученные на спектрометре Briker AM-300.

Исследование эфирного масла.

Было исследовано эфирное масло *C. gigantea*. Качественный состав эфирного масла представлено в таблице 1.

Как видно из данных таблицы, доминирующими компонентами эфирного масла *C. gigantea* являются 1,8 — цинеол и α — туйон.

Нами также было изучено фумигантное действие эфирного масла *C. gigantea*. Фумигантная активность изучалась как в лабораторных условиях, так и на природе согласно методике, рекомендованной ВОЗ с некоторыми видоизменениями. Основываясь на материалах, опубликованных в Женеве в 1972 и Копенгагене в 2000 году [8]. Алиев М.И. [2] в связи с рекомендациями ВОЗ разработал и впервые применил собственную методику для изучения фумигантной активности эфирных масел, полученных из *Ziziphora serpullacea* M. B. и *Satureja mutica* Fisch. & C.A. Mey. семейства *Lamiaceae* Lindl. [5]. В нашем исследовании мы использовали данную методику для определения фумигантного действия эфирного масла *C. gigantea*.

Из контрольной клетки после 6 мин кровососания комаров рука вынималась. В опытных вариантах отпугивающее действие эфирного масла сохранялось в течение 5–6 часов. Поэтому эфирное масло *C. gigantea*, рекомендуем для использования в качестве репеллента. Это растение широко распространено в Азербайджане и цветет довольно обильно.

Подытоживая проведенные исследования, надо отметить богатство видов *Cephalaria* различными биологически активными веществами и возможность применения их как в медицине, так и в других областях народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А.М., Мовсумов И.С. Химический состав и фармакологические свойства видов сем. Dipsacaceae // Растительные ресурсы. 1981. Вып. 4. С. 602–612.
2. ВОЗ серия технических докладов № 443. Резистентность к инсектицидам и борьба с переносчиками. Женева. 1972. С. 206–207.
3. Garaev E.E., Mahiou-Leddet V., Mabrouki F., Herbette G., Garaev E.A., Ollivie E. Chemical constituents from roots of *Cephalaria media* // Chemistry of Natural Compounds. 2014. Vol. 50, № 4. С. 652–653.

4. Звиададзе Л.Д., Деканосидзе Г.Е., Джикия О.Д. Тритерпеновые гликозиды *Serphalaria gigantea*. III Строения гигантозидов E и H // Химия природных соединений. 1983. № 1. С. 46–49.
5. Касумов Ф.Ю., Алиев М.И., Асбагиан Н.Ш., Гаджиев А.И. Изучение химического состава эфирных масел некоторых эфирномасличных растений семейства Lamiaceae флоры Ирана и их действие на комаров подвидов *Culex pipiens molestus*. Актуальные проблемы ботанического ресурсоведения // Материалы Международной научной конференции, Алма-Ата. 2010. С. 308–310.
6. Мустафаева Х., Элмас Р., Балансард Г., Сулейманов Т., Маю-Леде В., Керимов Ю. Иридоидные гликозиды из *Serphalaria kotschyi* // Химия природных соединений. 2008. № 2. С. 102.
7. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использования семейства Asteraceae. СПб. 1993. 350 с.
8. Chavasse C., Yар Н. Химические методы борьбы с переносчиками и паразитами, имеющие значение для здравоохранения. Комиссия ВОЗ по оценке пестицидов, Copenhagen. 2000. P. 96–99.
9. Мовсумов И.С., Юсифова Д.Ю. Компонентный состав и биологические свойства растений семейства Dipsacaceae (Ворсянковые). Proceedings biological and medical sciences. 2015. T. 70, № 2, с. 115–122.
10. Tava A., Pecetti L. Chemical Investigation of Saponins from Twelve Annual Medicago Species and their Bioassay with the Brine Shrimp *Artemia salina*. Natural Product Communications. 2012. Vol. 7, No. 7, p. 837–840.
11. Harborne J.B., Williams C.A. Advances in flavonoid research since. Phytochemistry. 1992. 55 (2000), pp. 481–504.

© Алескерова Аделя Новруз гызы (adelyaaleskerova@mail.ru), Расулов Фаиг Али оглы,
Джахангирова Илхама Рафик гызы, Гулиева Айшен Фарман гызы,
Мустафаева Имми-Гульсюм Абдулалли гызы.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальная Академия Наук Азербайджана

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ НА ДЛИНУ ТЕЛОМЕР

THE EFFECT OF PLANT EXTRACTS ON TELOMERE LENGTH

A. Alkhaddur

Summary. The effect of the role of free radicals and inflammatory factors on the biological factors that contribute to telomere length changing, and consequently the effect of phytochemicals as reducing free radical levels and levels of inflammatory factors (especially cytokines) on telomere lengths was discussed. Human lymphocytes were cultured in the presence of extracts (grape seeds, pomegranate, garlic), where the cultivation process was repeated three times (each time 72 h). The effect of the role of oxidative stress and inflammatory factors on the biological factors that contribute to telomere length shortening, and consequently the effect of phytochemicals as reducing free radical levels and levels of inflammatory factors (especially cytokines) on telomere lengths was discussed. The results showed an increase in telomere lengths in lymphocytes by (3–5) times compared to the control after applying grape seed extract (1,2%, 2,4%), while both pomegranate and garlic extracts had no effect. In the same context, pomegranate and grape seed extracts significantly reduce the intensity of chemiluminescence in human cells compared with the control. Therefore, it was linked between the concentrations of free radicals after applying grape seed extract and telomere lengths.

Keywords: phytochemicals compounds, telomere length, free radicals, chemiluminescence.

Альхаддур Азиз

Аспирант, Южный федеральный университет
azikhaddour5@gmail.com

Аннотация. Рассмотрено влияние растительных экстрактов на уровень свободно-радикальных процессов и относительную длину теломерной ДНК в культивируемых клетках крови человека. Лимфоциты человека культивировали в присутствии экстрактов виноградных косточек, граната или чеснока. Выявлено увеличение длины теломер в лимфоцитах по сравнению с контролем после применения экстракта виноградных косточек (1,2%, 2,4%). При этом установлено значимое снижение интенсивности хемилюминесценции по сравнению с контролем. Таким образом, установлена связь между концентрацией свободных радикалов после применения экстракта виноградных косточек и длиной теломер.

Ключевые слова: фитохимические соединения, длина теломер, свободные радикалы, хемилюминесценция.

Введение

Факторы окружающей среды, питания и образа жизни, а также наследственные изменения генов могут влиять на скорость старения человека. Известно несколько факторов, влияющих на темпы клеточного старения, включая окислительный стресс, воспаление, митохондриальную дисфункцию, антиоксиданты, укорочение теломер и генные мутации. Потеря длины теломер связана с нарушением клеточного деления и старением клеток. Окислительный стресс и воспаление могут влиять на скорость изменения длины теломер [1]. Теломеры человека состоят из последовательности TTAGGG [1]. Теломеры помогают поддерживать стабильность хромосом во время мейоза, а также способствуют сегрегации хромосом.

По данным литературы известно, что в клеточных линиях человека теломеры обычно укорачиваются на 30–200 пар оснований в каждом раунде репликации ДНК [2]. Соматические клетки могут делиться, пока их теломер-

ная ДНК не уменьшится до пороговой длины, что приведет к необратимой остановке клеточного цикла, известной как «репликативное старение» [3–5]. Поддержание длины теломер возможно при функционировании теломеразы, которая состоит из двух частей: TERT (белок — обратная транскриптаза) и TERC (компонент теломеразной РНК) [6,7]. Каталитическая субъединица фермента теломеразы поддерживает длину теломер за счет добавления на конце теломерных повторов TTAGGG. TRF-2 (Фактор связывания теломерных повторов 2) необходим для поддержания теломер, прогрессирования клеточного цикла и защиты концов хромосом, чтобы избежать слияния хромосом [1, 8].

Показано, что антиоксидантные и противовоспалительные препараты могут замедлить процесс старения, уменьшая скорость укорочения теломер. С другой стороны, воспалительные факторы вызывают укорочение длины теломер за счет активации окислительных процессов. Согласно данным исследований, окислительный стресс и воспаление играют роль в укорочении теломер

Таблица 1. Концентрации добавленных растительных экстрактов

Экстракт растений	Концентрация
Гранат 1	1.2%
Гранат 2	2.4%
Виноградные косточки 1	1.2%
Виноградные косточки 2	2.4%
Чеснок 1	0.5%
Чеснок 2	1.2%

за счет снижения активности теломеразы и/или уровня TRF-2 [1]. Показано, что NF- κ B и повышенная продукция провоспалительных цитокинов, таких как TNF- α , IL-6 и IFN- γ , вызывают укорочение теломер и начало старения в циркулирующих макрофагах [1,7,10,11].

Различные факторы транскрипции связываются с промотором TERT, который реагирует на различные сигналы и интегрирует эти разнообразие и динамические входные данные для определения результата экспрессии TERT [9]. В большинстве клеток ген TERT не активен. Тогда как ограниченная часть клеток, например, активированные лимфоциты и стволовые клетки, экспрессируют его в нужное время, в нужном месте и в нужном количестве.

Диета, по-видимому, оказывает значительное влияние на длину теломер. В клинических исследованиях на людях было показано, что антиоксиданты в рационе способствуют увеличению длины теломер [1]. Полифенолы представляют собой группу из более чем 8000 идентифицированных химических веществ, присутствующих во фруктах и овощах. Было доказано, что полифенолы облегчают различные возрастные расстройства, которые сопровождаются изменением длины теломер [12]. Было обнаружено, что полифенолы способствуют защитному действию против возрастных заболеваний, улучшая клеточную антиоксидантную защиту [13]. Фрукты (виноград, яблоки, груши, вишня, ягоды), чай, кофе, красное вино, крупы, сушеные бобы и шоколад содержат полифенолы, которые могут действовать как мощные антиоксиданты [14,15]. Было обнаружено, что в ответ на эти химические вещества происходит сверхэкспрессия антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза и каталаза [16]. Полифенолы могут поддерживать активность клеток, влияя на AMPK [17], PI 3-k/AKT [18], и NF- κ B [19] сигнальные пути [7].

Цель работы — исследовать влияние растительных экстрактов (граната, виноградных косточек, чеснока) на длину теломер в клетках здоровых людей.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 25 взрослых (20–30 лет) обоого пола (мужчины и женщины), выходцев из арабских стран (из Сирии, Египта, Ирака). Все добровольцы на момент сдачи крови были здоровы. Образцы крови были получены из локтевой вены в пробирки с гепарином и ЭДТА после соблюдения всех лабораторных стандартов безопасности в соответствии с биологической этикой и с согласия всех участников исследования.

Методы исследования

Приготовление растительных экстрактов (экстракт граната, экстракт виноградных косточек, экстракт чеснока) проводили согласно ранее описанным методикам [20].

Культура клеток

Использовали венозную кровь, взятую в пробирку с гепарином. Клетки выращивали при температуре 37 °C в увлажненной атмосфере с 5% CO₂ в 6 мл среды RPMI 1640 (Gibco, Thermo Fisher Scientific), содержащей 10% эмбриональной телячьей сыворотки (ЭТС) (BioUnity), фитогемагглютинин (AVIKONTEX) (60 мкл), глутамин (100 мкл), ДМСО (OriGen) (10 мкл). В состав среды для культивирования вводили исследуемый растительный экстракт. Используемые концентрации экстрактов показаны в таблице 1.

Через 72 ч культивирования клеток получали осадки клеток (культуру клеток центрифугировали при 2,2 x 10³ об/мин в течение 10 мин). Клетки дважды пересевали, используя тот же состав питательной среды.

Анализ относительной длины теломерной ДНК

Выделение ДНК из культур клеток проводили по протоколу набора реагентов ДНК-сорб-AM (NextBio, Россия).

Таблица 2. Последовательность праймеров и зондов для ПЦР

Ген	Последовательность праймеров и зондов
ДНК теломер	F 5'- cgg-ttt-gtt-tgg-gtt-tgg-gtt-tgg-gtt-tgg-gtt-3' R5'- gcc-ttg-cct -tac-cct -tac-cct -tac-cct-tac-cct-tac-cct-3'
36B4	F 5'- cag-caa-gtg-gga-agg-tgt-aat-cc-3' R5'-ccc-att-cta -tca-tca-acg-ggt-aca-a- 3'

Таблица 3. Влияние экстрактов виноградных косточек, граната и чеснока на относительную длину теломер

	Контроль	Виноградные косточки		Гранат		Чеснок	
		1,2%	2,4%	1,2%	2,4%	0,5%	1,2%
T/S ± SD	2500±742	22854±70	21816±71	2297±560	1173 ± 79	1016± 514	1207±320
2 ^{-ΔΔCt}	1	4.7	3	0.8	0.1	0.1	0.4
P		0.005	0.01	0.8	0.2	0.1	0.1

Примечание: P — сравнение с контролем

Для определения относительной длины теломерной ДНК проводили ПЦР в реальном времени. Смесь для ПЦР включала dNTP 2,5 мМ, 10х буфер для ПЦР, MgCl₂ 25 мМ, ДНК-полимераза *SynTaq* 5 ЕД/мкл, dd H₂O, 10 пмоль/мкл каждой смеси праймеров, флуоресцентный зонд (SYBR Green) 10 пмоль/мкл. Последовательность использованных праймеров и зондов показана в таблице 2. Амплификацию проводили с использованием системы реального времени (Rotor-Gene Q, QIAGEN). Типичное время профиля для ядерного однокопийного гена 36B4: 1 цикл (95 °C/15 с), затем 40 циклов (95 °C/15 с, 57 °C/1 мин). Типичное время профиля теломер: 1 цикл (95 °C/10 мин), затем 50 циклов (95 °C/15 с, 58 °C/1 мин).

Для расчета относительной длины теломер определяли отношение T/S (T – Ct-показатели для теломерной ДНК, S — Ct-показатели для однокопийного гена). Отношение T/S рассчитывали как $[2^{Ct(\text{теломеры})} / 2^{Ct(36B4)}]^{-1} = 2^{-\Delta Ct}$. Относительное отношение T/S (T/S одного образца по отношению к T/S другого образца) составляет $2^{-(\Delta Ct1 - \Delta Ct2)} = 2^{-\Delta \Delta Ct}$ [21].

Анализ интенсивности свободно-радикальных процессов проводили путем измерения показателей люминол-зависимой хемилюминесценции на хемилюминесцентном анализаторе LUMAT LB953 (Berhold Technologies, Германия). Оценивали быструю вспышку хемилюминесценции (количество импульсов в секунду) и светосумму хемилюминесценции (количество световых импульсов за 100 секунд).

Статистический анализ

Статистическую обработку данных об относительном уровне длины теломер ДНК проводили методом 2^{-ΔΔCt}.

Этот метод показывает кратность изменения длины ДНК теломер образцов по сравнению с контролем. Для подтверждения статистически значимых различий между выборками использовали критерий Манна-Уитни. Для каждого варианта эксперимента определяли средние значения быстрой вспышки и светосуммы хемилюминесценции. Дискретные переменные сравнивали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты

Экстракты виноградных косточек в обеих концентрациях (1,2%, 2,4%) увеличивают длину теломер в лимфоцитах человека по сравнению с контролем (таблица 3). С другой стороны, нет статистически значимого влияния экстрактов граната и чеснока на длину теломер в лимфоцитах человека по сравнению с контролем.

Экстракты виноградных косточек и граната в обеих концентрациях снижают концентрацию свободных радикалов в 1,5–3 раза по сравнению с контролем. Об этом свидетельствует уменьшение быстрой вспышки хемилюминесценции. Светосумма хемилюминесценции за 100 секунд также снижается, что зависит от соотношения концентрации свободнорадикальных молекул и активности антиоксидантной системы (табл. 4, 5).

С другой стороны, добавление экстракта чеснока в концентрации 0,5% или 1,2% к культуре клеток не влияет на показатели люминол-зависимой ХЛ (табл. 4,5).

Обсуждение

По нашим данным, экстракты граната и виноградных косточек, богатые полифенолами, снижают интен-

Таблица 4. Влияние растительных экстрактов на уровень быстрой вспышки люминолзависимой хемилюминесценции при длительном культивировании лимфоцитов периферической крови человека.

Вариант культивирования	Быстрая вспышка ХЛ, относительные единицы	p
Контроль	$2.7 \cdot 10^6 \pm 2.4 \cdot 10^5$	
Виноградные косточки (1,2%)	$1.7 \cdot 10^6 \pm 6.6 \cdot 10^4$	0.0007
Виноградные косточки (2,4%)	$1.4 \cdot 10^6 \pm 1.3 \cdot 10^5$	0.0001
Гранат (1,2%)	$1.5 \cdot 10^6 \pm 8.4 \cdot 10^4$	0.0001
Гранат (2,4%)	$1.1 \cdot 10^6 \pm 1.3 \cdot 10^5$	0.0001
Чеснок (0,5%)	$3.1 \cdot 10^6 \pm 1.3 \cdot 10^5$	0.1
Чеснок (1,2%)	$3.1 \cdot 10^6 \pm 2.0 \cdot 10^5$	0.3

Примечание: P- сравнение с контролем

Таблица 5. Влияние растительных экстрактов на уровень светосуммы люминолзависимой хемилюминесценции при длительном культивировании лимфоцитов периферической крови человека.

Вариант культивирования	Быстрая вспышка ХЛ, относительные единицы	p
Контроль	$5.9 \cdot 10^7 \pm 4.9 \cdot 10^6$	
Виноградные косточки (1,2%)	$4.0 \cdot 10^7 \pm 3 \cdot 10^6$	0.002
Виноградные косточки (2,4%)	$3.5 \cdot 10^7 \pm 3.8 \cdot 10^6$	0.0009
Гранат (1,2%)	$3.2 \cdot 10^7 \pm 3.1 \cdot 10^6$	0.0001
Гранат (2,4%)	$2.0 \cdot 10^7 \pm 2.4 \cdot 10^6$	0.0001
Чеснок (0,5%)	$6.4 \cdot 10^7 \pm 3.9 \cdot 10^6$	0.4
Чеснок (1,2%)	$6.3 \cdot 10^7 \pm 6.4 \cdot 10^6$	0.6

Примечание: P — сравнение с контролем

сивность вспышки и светосумму хемилюминесценции по сравнению с контролем, что означает снижение уровня свободных радикалов. Диеты с высоким содержанием полифенолов являются мощными антиоксидантами, которые работают как *in vitro*, так и *in vivo* [22]. В результате полифенольные соединения, такие как ресвератрол, кверцетин и куркумин, защищают от окислительного стресса; и могут способствовать увеличению продолжительности жизни [7,23]. Считается, что полифенолы с их антиоксидантным и противовоспалительным действием влияют на длину теломер и максимально предотвращают их укорочение [7]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что окислительный стресс и возникающие в результате свободные радикалы играют ключевую роль в укорочении теломер за счет снижения активности фермента теломеразы [7]. Полифенолы могут предотвратить это, вызывая сверхэкспрессию антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза и каталаза [7]. В нашем предыдущем исследовании мы изучали влияние растительных экстрактов на уровни экспрессии генов антиоксидантной системы (*NFE2L2*, *JUN*, *SOD1*), но данное исследование проводилось на клетках, культивируемых в течение 72 часов без пассажа. Мы обнаружили, что уровень транскрипции гена *SOD1* повышается в присутствии экстракта граната или виноградных косточек. В то же время уровень мРНК ге-

нов *NFE2L2* и *JUN* повышается только под действием высокой концентрации экстракта виноградных косточек (в печати).

Существует несколько механизмов, объясняющих, как увеличение количества свободных радикалов может привести к уменьшению длины теломер и как экстракты виноградных косточек могут поддерживать и увеличивать длину теломер:

1. Свободные радикалы индуцируют окисление ТTAGGG и продукцию 8-OHdG (8-oxo-dG) [24], который может ускорять укорочение теломер за счет ингибирования связывания защитных белков шелтерина [25]. В культивируемых клетках человека растительный полифенол транс-ресвератрол (транс-3,4',5'-тригидроксистерилбен) способствует синтезу глутатиона и снижает продукцию АФК [26,27]. Ингибирование укорочения теломер, повышенная активность СОД, меньшее окислительное повреждение ДНК с меньшей выработкой 8-OHdG наблюдались в клетках, обработанных транс-ресвератролом [25].
2. Свободные радикалы могут повредить белок Nth1, который отвечает за восстановление окислительных повреждений ДНК. Нарушение функционирования этого белка приводит к сокраще-

нию длины теломер, однако полифенолы могут уменьшать этот эффект [1,28].

3. Молекулярные механизмы действия полифенольных соединений связаны с влиянием на ряд сигнальных путей [7,29]. Сигнальный путь ядерного фактора NF- κ B играет критическую роль в процессе воспаления. Продолжающаяся активация провоспалительных цитокинов (таких как интерлейкин IL-6 и фактор некроза опухоли TNF- α) является одним из наиболее важных изменений в процессе старения. Исследования показывают, что окислительный стресс и воспаление могут укорачивать теломеры, в том числе за счет увеличения экспрессии MIR-146 [30]. Наше исследование уровня экспрессии генов воспалительных цитокинов показало, что экстракт виноградных косточек (1,2%) снижает уровень экспрессии гена IL6 в 100 раз по сравнению с контролем [31]. Можно предположить, что экстракт виноградных косточек, изменяя активность синтеза цитокинов, может влиять на общий уровень свободнорадикальных процессов в клетке и, соответственно, на длину теломер.
4. Увеличение длины теломер происходит за счет активации сигнального пути PI-3K/Akt, что может усиливать активацию фермента теломеразы. Было показано, что повышенные уровни АФК, воспалительного цитокина, могут инактивиро-

вать сигнальный путь PI-3K/Akt и ингибировать теломеразу. Полифенольные вещества могут активировать фосфоинозитид-3-киназу (PI3-k)/AKT и мишень рапамицина у млекопитающих (mTOR) [32]. Кроме того, фенольные соединения (особенно ресвератрол) стимулируют гены сиртуина [32].

5. Повышенный уровень свободных радикалов и провоспалительных цитокинов может увеличить продукцию miR-19, которая ингибирует SIRT1, что приводит к укорочению теломер [1,33]. Восстановление экспрессии TERT с помощью ингибитора miR-195 может способствовать репрограммированию стареющих клеток [34]. SIRT1 активируется полифенолами [35,36]. Полифенолы также индуцируют сверхэкспрессию SIRT1, что помогает защитить клетки от окислительного стресса [37,38]. Хотя механизм, с помощью которого полифенолы повышают уровень SIRT1 *in vivo*, неизвестен, это может быть связано с их антиоксидантными свойствами, поскольку окислительный стресс снижает уровни мРНК SIRT1 [37,38].

Таким образом, в проведенном исследовании установлено, что экстракт виноградных косточек (1,2%, 2,4%) снижает концентрацию свободных радикалов по сравнению с контролем, что способствует увеличению длины теломер в лимфоцитах человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prasad K.N., Wu M., and Bondy S.C. Telomere shortening during aging: Attenuation by antioxidants and anti-inflammatory agents. *Mech Ageing Dev* 2017; 164: 61–6.
2. Koliada A.K., Krasnenkov D.S., and Vaiserman A.M. Telomeric aging: mitotic clock or stress indicator? *Front Genet* 2015; 6: 82.
3. Victorelli S. and Passos J.F. Telomeres and cell senescence-size matters not. *EBioMedicine* 2017; 21: 14–20.
4. Benarroch-Popivker D., Pisano S., Mendez-Bermudez A., Lototska L., Kaur P., Bauwens S., et al. TRF2-mediated control of telomere DNA topology as a mechanism for chromosome-end protection. *Mol Cell* 2016; 61: 274–86.
5. Kaewtunjai N., Wongpoomchai R., Imsumran A., Pompimon W., Athipornchai A., Suksamrarn A., et al. Ginger extract promotes telomere shortening and cellular senescence in A549 lung cancer cells. *ACS omega* 2018; 3: 18572–81.
6. Blackburn E.H. Telomeres and telomerase: their mechanisms of action and the effects of altering their functions. *FEBS Lett* 2005; 579: 859–62.
7. Maleki M., Khelghati N., Alemi F., Bazdar M., Asemi Z., Majidinia M., et al. Stabilization of telomere by the antioxidant property of polyphenols: Anti-aging potential. *Life Sci* 2020; 118341.
8. Hanaoka S., Nagadoi A., and Nishimura Y. Comparison between TRF2 and TRF1 of their telomeric DNA-bound structures and DNA-binding activities. *Protein Sci* 2005; 14: 119–30.
9. Liu T., Yuan X., and Xu D. Cancer-specific telomerase reverse transcriptase (TERT) promoter mutations: biological and clinical implications. *Genes (Basel)* 2016; 7: 38.
10. Zhang J., Rane G., Dai X., Shanmugam M.K., Arfuso F., Samy R.P., et al. Ageing and the telomere connection: An intimate relationship with inflammation. *Ageing Res Rev* 2016; 25: 55–69.
11. Zuo L., Prather E.R., Stetskiy M., Garrison D.E., Meade J.R., Peace T.I., et al. Inflammaging and oxidative stress in human diseases: from molecular mechanisms to novel treatments. *Int J Mol Sci* 2019; 20: 4472.
12. Balan E., Decottignies A., and Deldicque L. Physical activity and nutrition: two promising strategies for telomere maintenance? *Nutrients* 2018; 10: 1942.
13. Reinisalo M., Kårlund A., Koskela A., Kaarniranta K., and Karjalainen R.O. Polyphenol stilbenes: molecular mechanisms of defence against oxidative stress and aging-related diseases. *Oxid Med Cell Longev* 2015; 2015.
14. Mena F., Mena A., and Tréton J. Polyphenols against skin aging. In: *Polyphenols in Human Health and Disease*. Elsevier, 2014. 819–30.
15. Pandey K.B. and Rizvi S.I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev* 2009; 2: 270–8.

16. Shen Y., Zhang H., Cheng L., Wang L., Qian H., and Qi X. In vitro and in vivo antioxidant activity of polyphenols extracted from black highland barley. *Food Chem* 2016; 194: 1003–12.
17. Menendez J.A. and Joven J. Energy metabolism and metabolic sensors in stem cells: the metabostem crossroads of aging and cancer. *Oxidative Stress Inflamm Non-communicable Dis Mech Perspect Ther* 2014; 117–40.
18. Majidinia M., Reiter R.J., Shakouri S.K., and Yousefi B. The role of melatonin, a multitasking molecule, in retarding the processes of ageing. *Ageing Res Rev* 2018; 47: 198–213.
19. Zhang G., Li J., Purkayastha S., Tang Y., Zhang H., Yin Y., et al. Hypothalamic programming of systemic ageing involving IKK- β , NF- κ B and GnRH. *Nature* 2013; 497: 211–6.
20. Альхаддур А., Машкина Е.В. Влияние растительных экстрактов на уровень свободно радикальных процессов в клетках человека. *Авиакосмическая и экологическая медицина* 2021; 55: 67–72.
21. Cawthon R.M. Telomere measurement by quantitative PCR. *Nucleic Acids Res* 2002; 30: e47–e47.
22. Amić D., Davidović-Amić D., Bešlo D., and Trinajstić N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat Chem acta* 2003; 76: 55–61.
23. Salehi A., Emami S., Keighobadi M., and Mirzaei H. An overview of the effects of polyphenols on cardiac mitochondrial function. *J Maz Univ Med Sci* 2019; 28: 211–24.
24. Rhee D.B., Ghosh A., Lu J., Bohr V.A., and Liu Y. Factors that influence telomeric oxidative base damage and repair by DNA glycosylase OGG1. *DNA Repair (Amst)* 2011; 10: 34–44.
25. Glade M.J. and Meguid M.M. A glance at . . . telomeres, oxidative stress, antioxidants, and biological aging. *Nutrition* 2015; 31: 1447.
26. Labinsky N., Csiszar A., Veress G., Stef G., Pacher P., Oroszi G., et al. Vascular dysfunction in aging: potential effects of resveratrol, an anti-inflammatory phytoestrogen. *Curr Med Chem* 2006; 13: 989–96.
27. Cavallaro A., Ainis T., Bottari C., and Fimiani V. Effect of resveratrol on some activities of isolated and in whole blood human neutrophils. *Physiol Res* 2003; 52: 555–62.
28. Vallabhaneni H., O'Callaghan N., Sidorova J., and Liu Y. Defective repair of oxidative base lesions by the DNA glycosylase Nth1 associates with multiple telomere defects. *PLoS Genet* 2013; 9: e1003639.
29. Santangelo C., Vari R., Scazzocchio B., Di Benedetto R., Filesi C., and Masella R. Polyphenols, intracellular signalling and inflammation. *Ann Super di sanita* 2007; 43: 394.
30. Chung H.Y., Lee E.K., Choi Y.J., Kim J.M., Kim D.H., Zou Y., et al. Molecular inflammation as an underlying mechanism of the aging process and age-related diseases. *J Dent Res* 2011; 90: 830–40.
31. Mashkina E.V. and Alkhaddour A. The Effect of Phytochemical Extracts on Cytokine Gene Expression. *Curr Pharmacogenomics Pers Med (Formerly Curr Pharmacogenomics)* 2021; 18: 107–15.
32. Blagosklonny M.V. An anti-aging drug today: from senescence-promoting genes to anti-aging pill. *Drug Discov Today* 2007; 12: 218–24.
33. Kondo H., Kim H.W., Wang L., Okada M., Millard R.W., Masuyama T., et al. Blockade of Senescence-associated MicroRNA-195 in Aged Skeletal Myoblasts Facilitates Reprogramming to Produce Induced Pluripotent Stem Cells. *Circulation* 2015; 132: A11791–A11791.
34. Kondo H., Kim H.W., Wang L., Okada M., Paul C., Millard R.W., et al. Blockade of senescence-associated micro RNA-195 in aged skeletal muscle cells facilitates reprogramming to produce induced pluripotent stem cells. *Aging Cell* 2016; 15: 56–66.
35. Howitz K.T., Bitterman K.J., Cohen H.Y., Lamming D.W., Lavu S., Wood J.G., et al. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan. *Nature* 2003; 425: 191–6.
36. Hubbard B.P., Gomes A.P., Dai H., Li J., Case A.W., Considine T., et al. Evidence for a common mechanism of SIRT1 regulation by allosteric activators. *Science (80-)* 2013; 339: 1216–9.
37. Yamakuchi M., Ferlito M., and Lowenstein C.J. miR-34a repression of SIRT1 regulates apoptosis. *Proc Natl Acad Sci* 2008; 105: 13421–6.
38. Sarubbo F., Esteban S., Miralles A., and Moranta D. Effects of resveratrol and other polyphenols on Sirt1: relevance to brain function during aging. *Curr Neuropharmacol* 2018; 16: 126–36.

© Альхаддур Азиз (azikhaddour5@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАЗЕМНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ СЕЙМ В ПАРКОВОЙ ЗОНЕ ГОРОДА КУРСКА

ECOLOGICAL AND CENOTIC DIVERSITY OF TERRESTRIAL BIOCENOSSES OF THE RIGHT BANK OF THE SEIM RIVER IN THE PARK ZONE OF THE CITY OF KURSK

*E. Dmitrieva
S. Zherdeva*

Summary. This article reflects the results of a study of the species diversity of flora and fauna of the right bank of the Seim River in the city of Kursk. An ecological assessment of terrestrial biocenoses is given and their role in the conservation of biological diversity is determined. Rare and endangered species listed in the Red Book of the Russian Federation and the Kursk region have been identified. In particular, it was possible to trace the stages of development of the mourning wave *Renthophera morio* L., 1767. The threat of anthropogenic influence on the populations of rare and endangered species with disjunctive or borderline range, especially sensitive to human economic activity, has been established.

Keywords: specially protected natural territories, "Nightingale Grove Park", the Seim River, terrestrial communities, diversity of animals, plants and fungi, rare protected species of plants and animals, mourning volnyanka *Renthophera morio*L., 1767.

Дмитриева Екатерина Леонидовна

К.б.н., доцент, Курский государственный университет
sv-dmitr@yandex.ru

Жердева Светлана Владимировна

К.б.н., доцент, инженер (эколог), ОКУ «Дирекция по управлению особо охраняемыми природными территориями Курской области»
s.v.zherdeva@gmail.com

Аннотация. В данной статье отражены результаты исследования видового разнообразия флоры и фауны правобережья реки Сейм в городе Курске. Дана экологическая оценка наземных биоценозов и определена их роль в сохранении биологического разнообразия. Выявлены редкие и исчезающие виды, занесенные в Красную книгу Российской Федерации и Курской области. В частности, удалось проследить стадии развития волнянки траурной *Penthophera morio*L., 1767. Установлена угроза антропогенного влияния на популяции редких и исчезающих видов, имеющих дизъюнктивный или пограничный ареал, особенно чувствительных к хозяйственной деятельности человека.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, «Парк Соловьиная роща», река Сейм, наземные сообщества, разнообразие животных, растений и грибов, редкие охраняемые виды растений и животных, волнянка траурная *Penthophera morio*L., 1767.

Сохранение объектов животного и растительного мира Курской области происходит благодаря комплексу политических, правовых и природоохранительных мер. Основным механизмом поддержания стабильного существования редких видов является сохранение естественных ландшафтов путем формирования сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В городе Курске создано несколько ООПТ регионального значения. Одним из них является «Парк Соловьиная роща», расположенный на правобережье реки Сейм, протекающей в городской черте. ООПТ регионального значения «Парк Соловьиная роща» относится к категории природные парки и состоит из единого участка, общей площадью 27,17 га, расположенного в юго-восточной части Сеймского округа города Курска (рис. 1). Цель создания природного парка — охрана территории, представляющей собой один из участков экологического каркаса города. ООПТ «Парк Соловьиная роща» и окружающие его леса урочища «Солянка» являются важной частью «зеленого кольца» города Курска, созданного в середине XX века, способствующего развитию рекреационной деятельности.

ООПТ является только небольшой частью всего парка «Соловьиная роща» с более 170 га в функциональной зоне «Городские леса», который, в свою очередь, относится к самому крупному городскому лесному массиву урочища «Солянка» (1222 га), примыкающему к южной стороне города. В лесу имеется много крупных и мелких выделов, разделенных по территории на 29 кварталов по породному и возрастному составу кустарниковой и древесной растительности. Весь обширный лесной массив по Сейму издавна называли «Солянка» из-за большого разнообразия кустарниково-древесных пород. Урочища «Соловьиная роща» и «Солянка» расположены, в основном, на правом берегу Сейма. В урочище «Солянка» можно выделить четыре части по обе стороны реки. По одну сторону — на правобережье, парк «Соловьиная роща» и берег Сейма с островом. На левом берегу урочища «Солянка» граничит с памятником природы «Парк «Березовского» в окрестностях с. Голубицкое в Курском районе. На правобережье Сейма расположена еще одна часть урочища с оздоровительными детскими лагерями, она граничит с урочищем Моква (бывший памятник



Рис. 1. Карта расположения ООПТ «Парк «Соловьиная роща» в урочищах «Соловьиная роща» и «Солянка»

природы) [1]. Здесь в последнее время были построены лыжные трассы, дачный поселок и городской пляж.

Лес городского урочища «Солянка» в XX веке за годы войн и разрух сильно пострадал: не осталось и половины деревьев. Сразу после окончания войны началось восстановление урочища. У южных окраин Курска из одностебельных сеянцев на больших площадях был выращен сосновый бор на сыпучих песках. В середине прошлого века здесь были посажены сосны на 260 гектарах. В то же время рядом начинал развиваться новый промышленный район города, велось интенсивное строительство вдоль берегов Сейма за кочковатыми заливными лугами. Рекреационное освоение побережий Сейма в скором будущем потребует расчистки русла реки и обустройство острова, развития спортивного комплекса и туристической базы «Сосновый бор», дополнительных пляжей.

Природный парк представляет собой достаточно мощный лесной массив, протянувшийся с северо-востока на юго-запад. По его территории проложено множество грунтовых тропинок, а также, практически в центре, проходит асфальтированная дорога, предназначенная для передвижения отдыхающих. С ландшафтной точки зрения территория парка целиком входит в пойменную местность с лиственным лесом, к которому с юго-запада

примыкает акватория реки Сейм (рис. 2). Он расположен выше русла, но затопляется в половодье или во время паводков. В прирусловой пойме реки Сейм сформировались пойменно-дерновые почвы. Механический состав почв — песчаный и супесчаный, гумусовый горизонт слабо развит. Долина реки широкая и эрозионная, выработанная в отложениях меловой, палеогеновой и неогеновой систем. Правый берег реки Сейм в районе парка крутой, местами обрывистый, иногда с обнажениями известняков и мела. Левый — низкий, пологий. Главным водоносным горизонтом является сенноманские пески, в толщу которых река Сейм погружена почти на всём своём протяжении.

При проведении исследований по изучению биологического разнообразия использовали, в основном, маршрутный метод, а также методы трансект и пробных площадок. Исследования проводились в весенне-летний период с 2017 по 2021 гг.

Древесно-кустарниковые растения в парке представлены 27 видами основных лесобразующих пород: дуб черешчатый (*Quercus robur*), клен американский (*Acer negundo*), ольха чёрная (*Alnus glutinosa*), ива ломкая (*Salix fragilis*) и др. Сопутствующие им кустарники: лещина, бересклет европейский, малина, крушина, ши-



Рис. 2. Ландшафты природного парка «Соловьиная роща». Фото С.В. Жердевой



Рис. 3. Гриб звездовик бахромчатый и хохлатка промежуточная. Фото С.В. Жердевой

повник. В дубраве — почти полное отсутствие подроста, местами он встречается только по краю. На центральной аллее у мемориала «Жертвам фашизма» выделяется участок с елью колючей голубой *Picea pungens f. glauca*.

На территории парка встречаются различные растительные сообщества: лесные фитоценозы и прибрежно-водные [6]. На них определено 111 видов высших сосудистых растений и 4 вида лишайников: *Cladonia foliacea* — кладония листоватая, *Physcia adscendens* —

фисция восходящая, *Parmelia sulcata* — пармелия борозчатая, *Xanthoria parietina* — ксантория настенная. Из грибов обнаружено несколько видов макромицетов (трутовики, ложные трутовики, опята, ложнодождевики).

В «Соловьиной роще» обнаружены охраняемые виды: гриб звездовик бахромчатый (земляная звезда бахромчатая) *Geastrum fimbriatum*, хохлатка промежуточная *Corydalis intermedia* (рис. 3), пролеска сибирская *Scilla siberica*.



Рис. 4. Коромысло большое. Фото С.В. Жердевой



Рис. 5. Сколия волосатая *Scolia hirta*. Фото С.В. Жердевой



Рис. 6. Волнянка траурная *Penthophera morio*, самцы и самка. Фото С.В. Жердевой



Рис. 6 а. Волнянка траурная *Penthophera morio*, самка, откладывающая яйца. Фото С.В. Жердевой



Рис. 6б. Волнянка траурная *Penthophera morio*, гусеница. 09.06. 2019. Фото С.В. Жердевой

Природа лесопарка необычайно богата разнообразием видов животных благодаря сочетанию наземных и водных биотопов, население которых сохраняется на большой площади хвойных и смешанных лесов и в непроходимых заболоченных старичных местах, не доступных для отдыхающих. Млекопитающих встречается здесь более 10 видов. К краснокнижным относятся: выхухоль русская *Desmana moschata*, кутора обыкновенная *Neomys fodiens*, белка обыкновенная *Sciurus vulgaris*, норка европейская *Mustela lutreola*, выдра *Lutra lutra*, горностай *Mustela erminea*. Наименее изучена группа лесных обитателей, частично приуроченных к жилью человека — рукокрылые *Chiroptera* (летучие мыши). Из околоводных млекопитающих широко распространены два вида, один аборигенный — водяная полевка *Arvicola amphibius*, другой — интродуцент, ондатра *Ondatra zibethicus* (североамериканский вид). В урочище обитают кабаны и лоси (достаточно большое по площади и удобное для жизни место, не посещается охотниками).

Лесное побережье русла реки Сейм в прошлом веке заселила выхухоль русская *Desmana moschata* (Красная книга РФ). Она расселилась по Сейму из верховий, где одна партия выхухоли была выпущена в 1956 году в Солнцевском районе для реакклиматизации в заказнике «Веть». Старичные лесные озера заселили бобры, что очень важно: их деятельность позволяет поддерживать уровень воды в водоемах. С бобром в симбионтных отношениях находится выхухоль, этот вид использует норы и хатки бобра для устройства своих убежищ. Еще один вид животного, охраняемого на федеральном уровне, обитает в водах Сейма на территории урочищ «Соловьиная роща» и «Солянка» — минога украинская *Eudontomyzon mariae* (Красная книга РФ, природоохранный статус — 2).

Название «Соловьиная роща» произошло от обитающих здесь во множестве видов певчих птиц: соловей обыкновенный или восточный, варакушка, певчий дрозд, черный дрозд, зарянка, черноголовая славка, садовая славка, пересмешка зеленая, садовая камышевка, иволга, скворец, мухоловки (пеструшка, белошейка), горихвостка обыкновенная, коноплянка, чечевица, лесной конек, зяблик, зеленушка, лесная завирушка, обыкновенная овсянка, пеночки (весничка, теньковка, трещотка), синицы (большая и лазоревка), канареечный вьюрок.

К охраняемым видам птиц на территории парка относятся: поганка малая *Podiceps ruficollis*, выпь большая *Botaurus stellaris*, пустельга обыкновенная *Falco tinnunculus*, клинтух *Columba oenas*, обыкновенная горлица *Streptopelia turtur*, дятел седой *Picus canus*, желна *Dryocopus martius*, дятел средний *Dendrocopos medius*, дятел белоспинный *Dendrocopos leucotos*, сорокопуд серый *Lanius excubitor*, крапивник *Troglodytes troglodytes*, сверчок соловьиный *Locustella*

luscinioides, желтоголовый королек *Regulus regulus*, мухоловка малая *Ficedula parva*, ремез обыкновенный *Remiz pendulinus*. Всего видов птиц в урочищах насчитывается более 150.

Виды земноводных (10) и пресмыкающихся (7) урочищ «Соловьиная роща» и «Солянка» вполне соответствуют характеру биотопов: лесные и околоводные. К охраняемым (Красная книга Курской области) [5] относятся: тритон гребенчатый *Triturus cristatus*, жаба серая *Bufo bufo*, травяная лягушка *Rana temporaria*, черепаха болотная *Emys orbicularis* (Приложение 3 Красной книги РФ), веретеница ломкая *Anguis fragilis*, гадюка обыкновенная *Vipera berus*, гадюка Никольского *Vipera nikolskii* (Красная книга РФ) [4].

Из беспозвоночных животных, обнаруженных, но не в полной мере, имеются представители разнообразных систематических групп. К ним относятся черви (дождевой), моллюски из наземной экологической группы (аборигенные — слизень лесной, цепея лесная или улитка полосатая лесная и интродуцент — виноградная улитка).

Из насекомых многочисленна группа стрекоз, в том числе, коромысло большое *Aeschnida grandis* (Красная книга Курской области) (рис. 4). Прямокрылые, полужесткокрылые и равнокрылые представлены несколькими видами. Множество видов перепончатокрылых — несколько видов муравьев, много видов шмелей, в том числе охраняемые виды — шмель моховой *Bombus muscorum* и сколия волосатая *Scolia hirta* (рис. 5).

Наиболее многочисленны из насекомых на территории природных парков — жуки (отряд Жесткокрылые) и бабочки (отряд Чешуекрылые). Из охраняемых видов был обнаружен только один — волнянка траурная *Penthophera morio* (9 июня 2019 года) [3]. Бабочки были найдены на поляне в травяном покрове в центральной части «Парка Соловьиная роща», в непосредственной близости к мемориалу. Один из самцов находился на цветке вьюнка полевого. Самка была обнаружена рядом — среди злакового разнотравья с лапчаткой серебристой *Potentilla argentea*, пастернаком лесным *Pastinaca sylvestris*, ястребиночкой дернистой *Pilosella caespitosa*, одуванчиком лекарственным *Taraxacum officinale*, клевером ползучим *Trifolium repens*, вероникой дубравной *Veronica chamaedrys*. Состав растений очень важен для понимания биологии развития охраняемого вида. Листья растений были подъедены гусеницами. Неподалеку были найдены коконы с кладкой яиц и гусеница (рис. 6, 6а, 6б).

Волнянка траурная *Penthophera morio* Linnaeus, 1767 (Erebidae, Lymantriidae, триба Orgyiini) — вид, за-

несенный в перечень (2020) к новому изданию Красной книги России со статусом редкости 1 — находящийся под угрозой исчезновения. Это редкий, локальный вид сухих степных ландшафтов Восточной Европы, реликт плиоценовой ксерофильной фауны Европы. Вид находится в критическом состоянии (CR), встречается в Европе от Италии и Германии на Западе до Европейской части России на востоке. В литературных источниках мало информации. Например, в России известна в Саратовской области на основании старых коллекционных сборов, но с середины 70-х годов прошлого столетия бабочка не отмечалась [2]. В интернет-источниках приводятся сообщения о находках в Украине и в Западной Европе.

При экологической оценке состояния наземных природных объектов парка «Соловьиная роща» од-

ним из диагностических показателей стало определение биоразнообразия. Биологическими индикаторами природной среды и репрезентативными показателями биоразнообразия являются здесь редкие и исчезающие виды, их суммарное число, обнаруженных к настоящему времени — 35, что для городской среды является достаточно высокой численностью.

Пойменный лес выполняет важнейшую функцию поддержания уровня воды в реках и лесных старичьих озерах. Парк «Соловьиная Роща» необходимо сохранять как уникальный природный биотоп в городской черте и ценное рекреационное пространство с хвойными и широколиственными лесами. На современном этапе рекреационная нагрузка будет оказывать значительное влияние на биоразнообразие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Курской области. Федеральная служба геодезии и картографии России. — М., 2000. — 48 с.
2. Аникин В.В., Золотухин В.В. Нахождение волнянки траурной — *Penthophera morio* (Linnaeus, 1767) в Саратовской области. // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. — № 18. — 2021. — с. 40–43.
3. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Под ред. С.Ю. Синёва. СПб.: М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.
4. Красная книга Российской Федерации (животные) / РАН; Гл. редкол.: В.И. Данилов-Данильян и др. — М.: АСТ, 2001. — 862 с.
5. Красная книга Курской области: редкие и исчезающие виды животных, растений и грибов / Департамент экологической безопасности и природопользования Курской области. — Калининград: Курск: ИД РОСТ-ДОАФК, 2017. — 380 с.
6. Полуянов А.В. Флора Курской области. Курск: КГУ, 2005. 264 с.

© Дмитриева Екатерина Леонидовна (sv-dmitr@yandex.ru), Жердева Светлана Владимировна (s.v.zherdeva@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ БЕЛАЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. УФЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

DETERMINATION OF THE DEGREE OF POLLUTION OF THE BELAYA RIVER ON THE TERRITORY OF UFA, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

*N. Minina
A. Valiakhmetov*

Summary. The article presents data on the study of the degree of pollution of the Belaya River in the territory of Ufa of the Republic of Bashkortostan on the basis of organoleptic, biological, hydrochemical indicators, based on the concentration of heavy metals of the studied water sources. By analyzing the water collected for research in the spring and autumn of 2021. The analysis of the results revealed that the rivers of the city of Ufa comply with the standards.

Keywords: monitoring, water bodies, organoleptic indicator, effluents, water quality, hydrochemical indicator.

Минина Наталья Николаевна

К.б.н., доцент, Бирский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Бирск

Валиахметов Арслан Ильдусович

Бирский филиал ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Бирск

valiahmetov.a@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены данные по изучению степени загрязнения реки Белая на территории г. Уфа Республики Башкортостан на основе органолептических, биологических, гидрохимических показателей, на основе концентрации тяжёлых металлов исследуемых водных источников. Проанализировав воду, собранную для исследования весной и осенью 2021 года. Анализ результатов выявил, что реки города Уфы соответствуют нормативам.

Ключевые слова: мониторинг, водные объекты, органолептический показатель, стоки, качество воды, гидрохимический показатель.

Территория города Уфа имеет развитую гидрографическую сеть. На территории Уфы протекают реки Белая, Дема и Уфа. Белая — это судоходная и самая крупная река Башкортостана. Ее хозяйственное значение достаточно велико для района. А вот экология водных ресурсов оставляет желать лучшего. Развитие промышленности и отсутствие современных очистных сооружений и предприятий по переработке отходов пагубно влияет на состояние рек в Уфе.

Бассейн рек г.Уфа является примером территории с высокой степенью урбанизации, развитой промышленностью, которые приводят к качественному и количественному истощению водных ресурсов [3]. В пределах водосборной площади сосредоточены многочисленные предприятия, полигоны и свалки твердых бытовых отходов. Организованные сбросы, талые и ливневые воды с территорий, подверженных антропогенной нагрузке, загрязняют речную воду, приводят к изменению среды обитания гидробионтов и создают угрозу системам жизнеобеспечения людей, питьевым водозаборами города Уфы, расположенным в устье реки Уфа [1]. На территории Башкирии существует множество промышленных предприятий, прямо или косвенно влияющих на качество водозаборной воды. Среди них такие предприятия, как ТЭЦ, УМПО, Уфимский и Новоуфимский НПЗ, УфаОргСинтез, Башнефть-Уфанефтехим, УАПО, Уфимский завод «Эолек-

троаппарат», УППО, Уфимский завод эластомерных материалов изделий и конструкций и другие предприятия [5].

Среди загрязнений, возможны концентрации хлоридов, сульфатов, азотааммонийного, азотанитратного, азотанитритного, железа, меди, никеля, цинка, марганца, фенолов, нефтепродуктов. В целом, в г. Уфа около 60 промпредприятий, которые могут оказать негативное влияние на состояние водных ресурсов этой территории [4].

Муниципальные стоки также являются источником серьезных загрязнений рек и водоемов Уфы и Уфимского района. Не последнюю роль также играет смыв загрязнений со свалок и недействующих промышленных площадок при таянии снега и обильных осадках [2].

Одним из основных и определяющих внешние признаки и вкусовые свойства водных источников является органолептические показатели. Всем известно, что прозрачность природной воды во многом нарушается физико-химическими и бактериальными загрязнениями.

Следующим признаком показателя качества воды является запах, он прежде всего обусловлен наличием в ней пахучих веществ, которые попадают в водоем естественным путем или сточными водами.

Таблица 1. Органолептический показатель воды реки Белая

Критерий	Река Белая
Запах	Запах не сразу ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании (при нагревании воды), 1 балл
Цветность	Слабо-желтоватая
Мутность	Не заметна (отсутствует)
Вкус	Оценка вкуса пробы воды из р.Белой не проведена, так как есть подозрения на её загрязненность

Таблица 2. Гидрохимический анализ воды реки Белая 2021 г.

п/п	Показатели, ед. измерений	Результаты исследований	Нормативы ПДК СанПиН 1.2.3685–21 (2.1.3684–21)	Методы анализа
1	2	3	4	5
1	Водородный показатель (рН), ед. рН	7,5±0,3	6,5–8,5	Потенциометрия
2	общая жесткость °Ж	7,07±1,5	7,00	Титрометрия
3	общая минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	791±80	1000	Гравиметрия
4	Железо (суммарно), мг/дм ³	0,193±0,019	0,3	ААС
5	Марганец (суммарно), мг/дм ³	0,044± 0,001	0,1	
6	Свинец, мг/дм ³	0,021±0,001	0,03	
7	Кадмий (суммарно), мг/дм ³	Менее 0,001	0,001	
8	Радон, Вк/м ³	Менее 20	100	Радиометр Альфорад
1	2	3	4	5
	Органолептически	Благоприят		Визуально
9	е показатели	Ные	-	
10	Аммоний — ион, мг/дм ³	Менее 0,4	2,0	Ионная хроматография ПНДФ 14.1:2:4.167-2000
11	Калий, мг/дм ³	Менее 0,1	Не нормируется	
12	Натрий, мг/дм ³	32±5	200	
13	Кальций, мг/дм ³	103±31	Не нормируется	
14	Магний, мг/дм ³	18±3	50	
15	Хлорид — ион, мг/дм ³	77±12	350	Ионная хроматография ПНДФ 14.1:2:4.157–99
16	Нитрит — ион, мг/дм ³	Менее 0,1	3,0	
17	Нитрат — ион, мг/дм ³	1,31±0,17	45	
18	Фосфат — ион, мг/дм ³	Менее 0,4	3,5	
19	Сульфат — ион, мг/дм ³	407±61	500	
20	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,07±0,01	0,1	флуориметрия
21	Фенол, мг/дм ³	Менее 0,25	0,25	Фотометрия

Мы провели исследования водного объекта. Это река Белая республики Башкортостан Республики Башкортостан. Анализ проб воды проводился осенью 2021 года. Работа была выполнена на базе лаборатории экологического мониторинга физико-химических загрязнений окружающей среды Бирского филиала БашГУ. Органолептическими показателями воды именуется те свойства и форматы, которые принимаются абсолютно всеми органами чувств человека. Их принято оценивать по напряженности их понимания. К свойствам относят прозрачность, запах, цветность и прочие. Несоответствие этих параметров воды определенным нормам является серьезным основанием для более тщательного и глубокого химического анализа водного источника.

Результат анализа по изучению органолептических показателей изучаемого водоема приведен в таблице 1.

Из приведенных нами данных в таблице 1 видно, что в исследуемой воде было обнаружено только естественный запах, а искусственных не было замечено. Река Белая имеет почти прозрачный цвет воды, что говорит о её хорошем экологическом состоянии. Слабо-желтоватая окраска воды реки Белая свидетельствует о том, что имеется негативное воздействие от антропогенной деятельности [1].

Пробы воды для химического анализа были взяты на территории города Уфа. Результаты исследования воды представлены нами в таблице 2. В данной таблице показаны текущие результаты гидрохимического анализа за 2021 г при изучении экологического состояния реки Белая.

Из приведенных нами данных в таблице 2 видно, что вода в реке Белая (г. Уфа) жесткая- это может быть обусловлено взаимодействием воды с известняком (CaCO_3), доломитом ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) и гипсом ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). В реке Белая повышенное содержание натрия ($32 \pm 5 \text{ мг/дм}^3$) - проникание данных элементов в подземные воды является вследствие растворения залегающих на месте первоначального образования породы, нитрат-ион ($1,31 \pm 0,17 \text{ мг/дм}^3$) — наличие этого иона указывает о том, что в воде присутствуют органические вещества. Органические элементы образуются вследствие распада органических примесей, главным образом — мочевины и белков, которые проникают в воду с сточными водами, и сульфат-ионов $407 \pm 61 \text{ мг/дм}^3$ -это зависит от растворения гипса, имеющегося в пластах.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. В изучаемом водотоке обнаружены только естественные запахи, река Белая имеет сравнительно прозрачный цвет воды, что свидетельствует о её хорошем экологическом состоянии.
2. Гидрохимический анализ воды в реке Белая в окрестностях г. Уфа РБ, показал: проба, взятая в реке Белая, принадлежит к нейтральной воде. Наблюдается содержание минимальной минерализации, с наличием солей жесткости. Класс качества воды носит сульфатный характер. Наблюдается наличие тяжелых металлов, однако, их значение в пределах ПДК. В пробе воды обнаружено незначительное количество нефтепродуктов (в пределах ПДК).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурова, Т.Е. Экологическая биотехнология: учебное пособие: [16+] / Т.Е. Бурова, О.Б. Иванченко. — Санкт-Петербург: Гиорд, 2018. — 176 с.: ил., табл., схем. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576375> (дата обращения: 16.02.2022). — Библиогр. в кн. — ISBN978-5-98879-204-8. — Текст: электронный.
2. Быстрых В.В. Гигиеническая оценка влияния питьевой воды на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2001. № 2. С. 20–22.
3. Вартанов, А.З. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг: учебник / А.З. Вартанов, А.Д. Рубан, В.Л. Шкуратник. — Москва: Горная книга, 2009. — 640 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69812> (дата обращения: 16.02.2022). — ISBN978-5-98672-188-0. — Текст: электронный.
4. Вельков, В.В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы / В.В. Вельков // Биотехнология. — 1995. — № 3–4. — С. 20–27.
5. Воробьева Л.В., Семенова В.В., Селюжицкий Г.В., Бокина Л.И. Региональные проблемы эколого-гигиенической безопасности условий питьевого водоснабжения // Вестник С. Петерб. гос. Мед. академии им. И.И. Мечникова. 2001. № 1. С. 56–61.

© Минина Наталья Николаевна, Валиахметов Арслан Ильдусович (valiahmetov.a@inbox.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОНИТОРИНГОВЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ АМУР¹

MONITORING ANALYSIS OF WATER QUALITY IN THE AMUR RIVER²

**O. Mishchenko
I. Gladun
N. Ananyev**

Summary. The authors analyze the influence of large cities of the Khabarovsk Territory (Khabarovsk, Komsomolsk-on-Amur, Nikolaevsk-on-Amur) on water quality in the Amur River. The Amur River is the main waterway of the Far Eastern region, as well as one of the largest rivers in the world. The availability of fresh water suitable for consumption is the basis of high-quality life and health of the population. To describe the chemical composition of the river, systematic characteristics were used in the work — the average annual concentrations at each observation point along the length of the river. The information and empirical base of the analysis was formed on the basis of data from the territorial authority of Rosstat for the Khabarovsk Territory on the population of the territory. The analysis of the quality of the surface waters of the Amur River was carried out on the basis of statistical processing of data from the hydrochemical network of Roshydromet from 2011–2020 on the most characteristic indicators for a water body. To break the link between socio-economic growth and anthropogenic impact on the river. Amur from the large cities of the region it is necessary: to introduce integrated monitoring systems of water resources and innovative resource-saving and low-waste technologies at industrial enterprises of the Khabarovsk Territory, to carry out environmental monitoring of economic entities, to conduct a technical audit of water management systems of cities and settlements in the region, to develop economic levers to stimulate economic entities to make targeted investments in fixed capital for technological modernization of production in order to reduce the discharge of untreated water, and not to increase its scale due to extensive factors.

Keywords: Amur River, pollution, analysis, water resources, water users, chemical composition, hydrochemical studies.

Мищенко Ольга Алексеевна

*К.т.н., доцент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
004907@pnu.edu.ru*

Гладун Игорь Владимирович

*К.б.н., доцент, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
006209@pnu.edu.ru*

Ананьев Никита Андреевич

*Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
2017102192@pnu.edu.ru*

Аннотация. В работе авторами анализируется влияние крупных городов Хабаровского края (г. Хабаровска, г. Комсомольска-на-Амуре, г. Николаевска-на-Амуре) на качество воды в р. Амур. Река Амур является главной водной артерией Дальневосточного региона, а также одной из крупнейших рек в мире. Наличие пригодной для употребления пресной воды является основой качественной жизнедеятельности и здоровья населения. Для описания химического состава реки в работе использованы систематические характеристики — среднесезонные концентрации в каждом пункте наблюдений по длине реки. Информационно-эмпирическая база анализа была сформирована на основе данных территориального органа Росстата по Хабаровскому краю о численности населения территории. Анализ качества поверхностных вод реки Амур выполнен на основе статистической обработки данных гидрохимической сети Росгидромета с 2011–2020 гг. по наиболее характерным для водного объекта показателям. Для разрыва связи между социально-экономическим ростом и антропогенным воздействием на р. Амур со стороны крупных городов региона необходимо: внедрять системы интегрированного мониторинга водных ресурсов и инновационные ресурсосберегающие и малоотходные технологии на промышленных предприятиях Хабаровского края, осуществлять экологический мониторинг хозяйствующих субъектов, проводить технический аудит систем водного хозяйства городов и населенных пунктов в крае, разработать экономические рычаги для стимулирования хозяйствующих субъектов осуществлять целевые инвестиции в основной капитал на технологическую модернизацию производства с целью уменьшения сбросов неочищенных вод, а не на увеличение его масштабов за счет экстенсивных факторов.

Ключевые слова: р. Амур, загрязнение, анализ, водные ресурсы, водопользователи, химический состав, гидрохимические исследования.

¹ Исследование выполнено в рамках НИР № 3.21-ТОГУ

² The study was carried out within the framework of Research No. 3.21-TOGU

Введение

Для любого крупного города одной из ключевых проблем является обеспечение населения качественной водой. Хабаровский край считается регионом богатым водными ресурсами за счет развитой гидрографической сети. Водообеспеченность населения края — одна из самых высоких в России (около 332 тыс. м³ на человека).

Место, где Амур берет начало, до Хабаровска считается границей между двумя странами: Россией и Китаем. Исток и устье реки Амур растягиваются на 2850 км. Река Амур входит в десятку наиболее значительных рек мира, занимает девятое место по длине, и десятое по водосборной площади бассейна. Среди рек РФ р. Амур занимает четвертое место по длине, площади водосбора и водности. Бассейн Амура располагается на территории трех государств России (53% площади бассейна), Китая и Монголии (47%). С этой точки зрения река имеет трансграничное и международное значение. Граница с КНР проходит по водотоку на протяжении 1376 км [1].

Главным ресурсом Амура является пресная вода, но в регионе с каждым годом дефицит чистой воды становится все острее, в частности для населения Хабаровского края, в связи с тем, что река испытывает значительную антропогенную нагрузку [2]. Достаточно интенсивно осваивается китайская часть Амура (в основном бассейн р. Сунгари), где проживает более 60 млн. чел. (провинции Хэйлунцзян, Цилинь, северо-восточная часть автономного района Внутренняя Монголия). В пределах Монгольской Народной Республики находится небольшая часть бассейна Амура [3, 4]. В рыбохозяйственном отношении р. Амур играет ведущую роль среди внутренних водоемов страны. Однако в последние десятилетия уловы ценных видов рыб в бассейне Амура неуклонно снижаются. Существенным фактором, способствующим этому, является обострение экологических проблем, влияющих на изменение гидрохимического и гидрологического режимов р. Амур. Эти проблемы имеют международное значение, так как река является трансграничным водоемом, и могут быть решены только совместными российско-китайскими усилиями, направленными на улучшение экологической ситуации в бассейне Амура [5].

На химический состав поверхностных вод бассейна реки Амур и его притоков оказывают влияние особенности физико-географических природных условий, характерные для Дальневосточного региона, наличие сложной системы проток, рукавов и водоемов, многообразие озер, наличие рудоносных и коллекторно-дренажных вод, а также характерные для региона гидрометеорологические условия. Загрязненность соединениями мар-

ганца, железа общего, меди, цинка, алюминия практически встречается в каждом водном объекте Хабаровского края и имеет разный уровень загрязненности по кратности превышения ПДК, что обусловлено своеобразием рельефа и климата, а также, протекающими в воде процессами разрушения и растворения горных пород и минералов, частичным растворением глин и алюмосиликатов, находящихся на дне водных объектов, поступлением дождевых вод в реку с прибрежной зоны, а также с расположенных рядом заброшенных котлованов с отработанными породами, образовавшихся при добыче угля. Необходимо отметить, что появление перечисленных выше вредных веществ там, где нет организованного сброса сточных вод, обусловлено природным фактором¹.

Данная работа носит исследовательский характер. Целью статьи является изучение влияния крупных городов Хабаровского края на качество вод в реке Амур, и обоснование предложений по охране реки от антропогенного загрязнения. Исследование выполнено в рамках НИР № 3.21-ТОГУ. В основы исследования легли материалы замеров проведенные Федеральным государственным бюджетным учреждением «Дальневосточное государственное учреждение по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» ФГБУ «Дальневосточное УГМС»: многолетние гидрохимические данные Государственной системы наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды Росгидромета в пунктах наблюдений на р. Амур: г. Хабаровск, Амурск, Комсомольск-на-Амуре и Николаевск-на-Амуре (в период с 2011 по 2020 гг.) по результатам наблюдений в местах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Для анализа была взята часть бассейна реки Амур от устья р. Уссури до слияния ее с основным руслом р. Амур в районе г. Хабаровска (включая протоку Амурскую), и последующая часть водотока Амура — от г. Хабаровск до г. Николаевск-на-Амуре.

Наблюдения за гидрохимическим режимом р. Амур осуществляемое ФГБУ «Дальневосточное УГМС» проводилось в районе 8 населенных пунктов Хабаровского края. При этом были учтены крупнейшие водопользователи Хабаровского края, расположенные в населенных пунктах г. Хабаровск, г. Амурск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Николаевск-на-Амуре.

Методы и принципы исследования

В работе использован системный анализ научной литературы, нормативно-правовых документов, статистических данных, включая материалы ФГБУ «Дальневосточное УГМС», а также материалы в области водопользования и водопотребления, представленные

Таблица 1. Крупнейшие водопользователи Хабаровского края

Наименование водного объекта	Населённый пункт	Предприятие	Вид экономической деятельности	Среднегодовой сброс, тыс. м ³ /год
пр. Амурская	г. Хабаровск	СП «Хабаровская ТЭЦ-1»	Водоснабжение; водоотведение	2667,91
пр. Амурская	г. Хабаровск	МУП города Хабаровска «Водоканал»	Водоснабжение; водоотведение	1464,68
р. Амур	г. Хабаровск	МУП города Хабаровска «Водоканал»	Водоснабжение; водоотведение	77132,3
	г. Комсомольск-на-Амуре	МУП «Горводоканал»	Водоснабжение; водоотведение	41585,43
	г. Комсомольск-на-Амуре	ПАО «Амурский судостроительный завод»	Обрабатывающие производства	2517,1
	г. Комсомольск-на-Амуре	Филиал ПАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой»	Обрабатывающие производства	1536,5
	г. Николаевск-на-Амуре	МУП «Николаевские коммунальные сети»	Водоснабжение; водоотведение	1141,75

на порталах Росстата, Росгидромета, администрации Хабаровского края.

Постановка проблемы

В 2018 году в Хабаровском крае принята новая «Стратегия социально-экономического развития на период до 2030 года», в которой подчеркивается — экономическое развитие региона будет осуществляться путем модернизации экономической структуры центров «новой индустриализации»: Хабаровской агломерации; агломерации Комсомольск-на-Амуре — Амурск — Солнечный, и Николаевского центра развития. Перед Правительством Хабаровского края стоит важная задача обеспечить выполнение социально-экономических целей и уменьшить, или, по крайней мере, не увеличить антропогенное воздействие на окружающую среду. К числу экологических целей краевого развития относится — уменьшение антропогенного воздействия со стороны центров «новой индустриализации» на поверхностные водные объекты, в первую очередь — на бассейн реки Амур.

Бассейн Амура — единая экосистема, поэтому даже самые перспективные односторонние действия не способны привести к успеху. Еще в 2003 г. по инициативе правительства Хабаровского края был создан координационный комитет по устойчивому развитию бассейна р. Амур, в состав которого вошли представители Хабаровского и Приморского краев, Читинской, Амурской и Еврейской автономной областей, Бурятского автономного округа, региональных структур Министерства природных ресурсов России, представители науки и неправительственных экологических организаций.

Основной задачей комитета является предотвращение угроз трансграничного загрязнения Амурского бассейна, создание оптимальных условий для сохранения его биоразнообразия³.

По комплексу основных загрязняющих веществ на территории Хабаровского края наиболее загрязненные водные объекты по уменьшению степени загрязненности воды располагаются в следующем порядке:

- ◆ «очень грязные» — р. Черная;
- ◆ «грязные» — реки Подхоренок, Хор, Кия, Кур, Березовая, Сита, Кичмари, Амгунь, Нимелен и р. Силенка у пос. Горный и пос. Солнечный;
- ◆ «очень загрязненные» — р. Амур у с. Богородское, у гг. Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре, реки Чегдомын, Урми, Манома, Холдоми, Хурмули, Левый Ул;
- ◆ «загрязненные» — р. Иска, р. Амур у г. Хабаровск, г. Амурск, протока Амурская г. Хабаровск, р. Гур, р. Л. Силенка г. Комсомольск-на-Амуре, р. Тумнин.

Анализ и обработка результатов

Согласно принятой Правительством Хабаровского края Стратегии социально-экономического развития до 2030 года, населенные пункты г. Хабаровск, г. Амурск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Николаевск-на-Амуре будут центрами новой «индустриализации» края: Южный приграничный полюс, включающий в себя Хабаровскую агломерацию, Среднеамурский полюс (агломерация Комсомольск-на-Амуре — Амурск — Солнечный), Николаевский центр развития (экономическое ядро — г. Николаевск-на-Амуре). Концентрация производственных мощностей и, возможный рост численности населения,

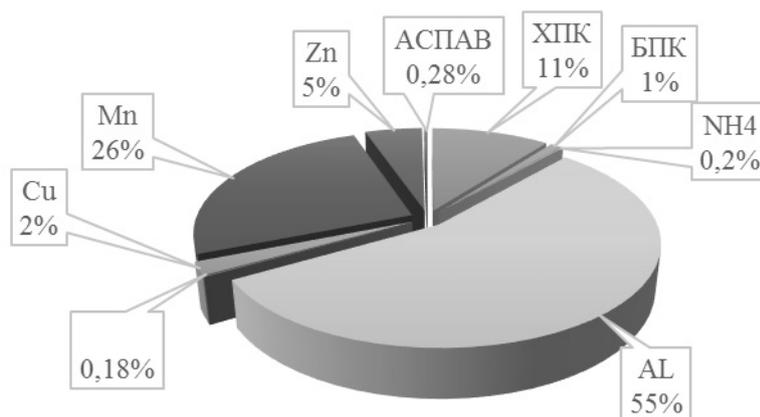


Рис. 1. Процентное содержание загрязняющих веществ в воде р. Амур

в этих крупных населенных пунктах может привести к усилению антропогенной нагрузки на реку Амур, если новая «индустриализация» экономики Хабаровского края будет протекать без учета наилучших доступных технологий. К крупным водопользователям, находящимся в этих городах, относятся водоканалы, предприятия теплоэнергетики и промышленные предприятия, представленные в табл. 1.

Формирование химического состава воды в поверхностных водных объектах происходит под влиянием природных и антропогенных факторов. К природным факторам относятся физико-географические (рельеф, климат, почвенный покров), геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия), физико-химические (химические свойства элементов, окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия, катионный обмен) и биологические факторы (деятельность растений и живых организмов). Помимо этого, химический состав р. Амур формируется под влиянием промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод береговых городов, и поселков.

Анализ динамики качества поверхностных вод реки Амур выполнен на основе статистической обработки данных гидрохимической сети Росгидромета с 2011–2020 гг. по наиболее характерным для водного объекта показателям. В целом качество воды реки Амур на различных участках характеризуется 3-м («загрязненная» и «очень загрязненная») и 4-м классами качества («грязная»). С 2011 по 2020 гг. по бассейну у Амура объем сбрасываемых загрязненных сточных вод снизился с 134796,03 до 124642,09 тыс.м³/год. Снижение объема сброса на 8% за 10 лет произошло за счет общего снижения антропогенного воздействия со стороны крупных населенных пунктов Хабаровского края — городов Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре.

На общее снижение объема сброса в большей степени оказало влияние уменьшение сброса от крупных водопользователей: г. Комсомольск-на-Амуре — с 2015 г. сброс сточных вод сократился на 18%, г. Хабаровск — в протоку Амурскую с 2011 г. уменьшился на 3%.

Вместе с тем, сброс от водопользователей г. Хабаровск в р. Амур имеет тенденцию к росту — с 2016 г. на 7%. Сброс сточных вод от водопользователей г. Амурск растет и составляет 43%. Среди предприятий водопользователей, относящиеся к обрабатывающей промышленности, с 2017 года несколько увеличился сброс нормативно очищенных сточных вод: ПАО «Амурский судостроительный завод» — с 8 до 10%; филиал ПАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой» «КнаАЗ им. Ю.А. Гагарина» — с 4 до 7%, но в основном продолжают сброс неочищенных сточных вод. Промышленные предприятия г. Комсомольск-на-Амуре продолжают осуществлять сброс сточных вод в реку Амур без очистки: до нормативов сейчас очищается только каждый 10 м³ загрязненной сточной воды. Предприятия водопользователи, осуществляющие деятельности «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений», значительно отличаются от промышленных предприятий: объем сброса нормативно очищенных вод на них увеличился: МУП «Горводоканал» г. Комсомольск-на-Амуре — с 90 до 99%; МУП г. Хабаровска «Горводоканал» (водоприемник — пр. Амурская) — с 29 до 33%. Надо отметить, что на предприятиях МУП города Хабаровска «Водоканал» (сброс в р. Амур) и МУП «Николаевские коммунальные сети» уровень очистки достигает 100%. На предприятии, осуществляющем деятельность «Обеспечение электроэнергией, газом и паром», доля нормативно очищенной воды увеличилась. Например, на структурном подразделении АО ДГК «Хабаровская ТЭЦ-1» доля нормативно очищенной вод выросла с 29 до 67%.

Анализ данных гидрохимической сети Росгидромета с 2011–2020 гг. показал, что основными загрязняющими веществами, систематически превышавшими ПДК_{рыб.-хоз.} в бассейне реки Амур являются: ХПК, БПК, аммоний-ион, алюминий, железо общее, медь, марганец, цинк, анионные синтетические поверхностно-активные вещества (АСПАВ) (см. рис. 1).

Основными веществами, превышающими ПДК_{рыб.-хоз.} в реке Амур являются ионы алюминия, марганца, меди, железа. Это связано в первую очередь с географическим расположением реки, так как верхняя часть реки Амур имеет горный характер и почвенный состав данной зоны характеризуется высоким содержанием железа общего, алюминия и отдельных тяжёлых металлов. Вклад в загрязнение речной воды вносят так же промышленные предприятия, расположенные главным образом в г. Комсомольск-на-Амуре.

Гидрохимические исследования р. Амур свидетельствуют⁶, что химическое потребление кислорода (ХПК) — показатель содержания органических веществ в воде, выражающийся в миллиграммах кислорода пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм³) воды, превышает ПДК_{рыб.-хоз.}: наблюдается тенденция к увеличению ХПК в р. Амур — максимально до 1,45 раза (контрольная точка — ниже г. Хабаровск). Превышение ХПК идет как за счёт антропогенного воздействия на реку сброса сточных вод, так и за счет природного характера — процесса застаивания воды в средней части р. Амур, где река протекает в широкой долине, а берега местами болотисты [6]. С 2018 г. увеличилась величина ХПК в районе г. Хабаровск и ниже его по течению. По-видимому, это связано с повышением поступления органических веществ в протоку Амурская с сельских населенных пунктов выше г. Хабаровск («протока Амурская, 16 км выше г. Хабаровск») и ниже по течению. Следует отметить, что в соответствии с государственной программой «Развитие жилищного строительства в Хабаровском крае» на сегодняшний день в крае оказывается содействие в обеспечении малоэтажного (котеджного) жилищного строительства. В 2020 году в крае введено около 108 тыс. м² индивидуальных жилых домов, большинство из которых — в г. Хабаровске и его окрестностях. Поэтому сбросы сточных вод с коттеджных поселков введенных в эксплуатацию, вносят существенный вклад в загрязнение р. Амур.

Исследования гидрохимических показателей биохимического потребления кислорода (БПК) — количество кислорода, израсходованного на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде, за весь период наблюдения

не превышало нормативный показатель ПДК_{рыб.-хоз.} равный 2 мг/дм³.

Это говорит о том, что воздействие на реку коммунально-бытовых сточных вод характеризуется как невысокое.

Аммоний-ион (NH₄⁺) в природных водах накапливается при растворении в воде газа аммиака (NH₃), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений.

Растворенный аммиак поступает в водный объект с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами. Повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на «свежее» загрязнение. Гидрохимические исследования свидетельствуют, что наблюдается тенденция к превышению ПДК_{рыб.-хоз.} по аммоний-иону в реке Амур в районе г. Комсомольск-на-Амуре: от 1,25 до 1,27 раз. С 2012 по 2020 год в пунктах контроля выше и ниже г. Комсомольск-на-Амуре наблюдалась повышенная концентрация аммоний-иона, при сравнении с другими пунктами наблюдения. Такую картину дает влиянием на качество воды сбросов г. Амурск. Следует отметить, что вниз по течению — в пунктах наблюдения возле г. Николаевск-на-Амуре, наблюдается плавное снижение концентрации NH₄⁺ в воде.

В исследованиях Н.К. Фишер и соавторов [7] отмечено, что основной вклад в поступление минеральных форм азота вне зависимости от гидрологического режима р. Амур в основном вносят воды рек Сунгари и Уссури.

Минимальное содержание минеральных форм азота отмечалось в период низкого уровня воды в реке (аммонийный азот до 0,006 мг/л), максимальное значение отмечалось на пике паводка (до 0,12 мг/л). Аммонийный азот в левобережной части р. Амур наблюдался только на пике паводка (до 0,07 мг/л).

На концентрацию ионов алюминия в реке Амур не оказывали достоверного влияния сбросы основных водопользователей городов Хабаровского края, по которым проводился анализ.

Но была отмечена многолетняя тенденция к превышению ПДК_{рыб.-хоз.} в речной воде: от 2,2 (контрольная точка (к.т.) — ниже г. Николаевск-на-Амуре) до 3,4 раз (выше г. Комсомольск-на-Амуре). Авторы согласны с мнением Ю.К. Ивашинникова [8] высокое содержание алюминия, имеет природное происхождение, обусловленное протекающими в воде процессами разрушения и растворения горных пород (минералов), частичным раство-

рением глини и алюмосиликатов. Кроме того, возможно также поступление алюминия от горнодобывающих производств, которые, согласно утверждения Ю.А. Наумова [9], В.П. Шестеркина, Н.М. Шестеркиной [10], путем не прямого воздействия на подземные и малые реки оказывают влияние на химический состав реки Амур.

На концентрацию железа общего в реке Амур также не оказывали достоверного влияния сбросы основных водопользователей городов Хабаровского края, по которым велся анализ. Но также была отмечена многолетняя тенденция к превышению ПДК_{рыб.-хоз} в речной воде: от 2,2 (к.т.— ниже г. Николаевск-на-Амуре) до 4,6 раз (ниже г. Комсомольск-на-Амуре). Высокое содержание железа общего в речной воде обусловлено природным происхождением, и связано со своеобразием рельефа местности и климата, а также, протекающими в воде процессами разрушения и растворения горных пород, находящихся на дне водных объектов, поступлением дождевых вод в реку с прибрежной зоны, а также с расположенных рядом заброшенных котлованов с отработанными породами, образовавшихся при добыче угля [10]. Также можно отметить, что наблюдается повышение содержания железа во всех створах наблюдения в годы разлива р. Амур — в 2013 г., 2016 г., 2018 г.).

Анализ содержания меди показал, что наблюдается тенденция многолетнего превышения ионов меди к ПДК_{рыб.-хоз} в р. Амур: от 3,14 (к.т.— ниже г. Комсомольск-на-Амуре) до 5,86 (к.т. ниже г. Николаевск-на-Амуре). Значительное увеличение концентрации фиксируется в нижней точке наблюдения по течению реки — в г. Николаевск-на-Амуре, вблизи лимана. При этом влияния крупных городов на содержание меди в ручьи воде не было обнаружено. Но известно, что в Хабаровском крае имеется 12 горнорудных предприятий, которые могут косвенно влиять на химический состав реки Амур. Кроме того, медь может поступать в речную воду с неорганизованным стоком с прибрежной зоны, и, по-видимому, также имеет природное происхождение [8, 11].

На концентрацию ионов марганца в реке Амур существенного влияния сбросы основных водопользователей городов Хабаровского края не оказывали. Но зафиксирована многолетняя тенденция к превышению ПДК_{рыб.-хоз} марганцем в р. Амур: от 2,94 (к.т.— ниже г. Хабаровск) до 8,86 (к.т. выше г. Комсомольск-на-Амуре).

Гидрохимические исследования иона цинка свидетельствуют, что идет ежегодное превышение ПДК_{рыб.-хоз} в нижней части р. Амур: от 1,34 (к.т.— ниже г. Николаевск-на-Амуре) до 1,91 (к.т. выше г. Николаевск-на-Амуре).

Гидрохимические исследования АСПАВ показывают, что их содержание в речной воде за весь период

наблюдения не превышало нормативный показатель ПДК_{рыб.-хоз} равный 0,1 мг/дм³. Поскольку АСПАВ имеет исключительно хозяйственно-бытовое происхождение, то можно утверждать о достаточно высокой эффективности водоочистки предприятиями горводоканала населенных пунктов. Однако, можно предположить, что в связи с увеличением количества индивидуальных жилых домов в окрестностях городов Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре негативное влияние АСПАВ может возрасти.

Экономический рост неизбежно связан с ростом загрязнений и деградаций окружающей среды, истощением природных ресурсов, что в свою очередь ограничивает развитие в рамках концепции «устойчивое развитие». Анализ численности населения крупных городов Хабаровского края показал, что с 2011 по 2020 гг. численность населения г. Хабаровск увеличилась с 580665 до 616372 чел.— на 6%, а в г. Комсомольск-на-Амуре за это же период, наоборот снизилась с 263336 до 244724 чел.— на 7%. Анализ динамики инвестиции в основной капитал предприятий г. Хабаровск сначала имел тенденцию к снижению с 2011 по 2015 г, но с 2015 по 2020 гг. объем инвестиций вырос с 72170,599 до 85376,195 тыс. руб. Рост составил 31% за 5 лет. Инвестиции в г. Комсомольск-на-Амуре в течении периода 2011–2020 снижались с 20540,352 до 8070,005 тыс. руб.

Для оценки взаимосвязи между величинами сбросов сточных вод от крупнейших водопользователей города и численностью населения (фактор «урбанизации»), а также инвестициями в основной капитал, (фактор «модернизация производства») был проведен корреляционный анализ с использованием встроенных статистических функций и надстройки «Анализ данных» Microsoft Office Excel 2010.

Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена при уровне значимости $p = 0,05$, показал, что между инвестициями в основной капитал и объемом сброса сточных вод в р. Амур наблюдается высокая прямая связь для г. Хабаровск ($r = 0,797$) и заметная прямая связь для г. Комсомольск-на-Амур ($r = 0,708$). Между изменением численности населения городов и объемом сбросов сточных вод в р. Амур наблюдается заметная прямая связь для г. Хабаровск ($r = 0,661$) и умеренная прямая связь для г. Комсомольск-на-Амуре ($r = 0,501$) (в этом городе происходит убыль населения).

Заключение

Проведенные исследования влияния крупных городов Хабаровского края на качество воды в реке Амур показали, что с 2011 по 2020 годы сброс сточных вод в общем сократился с средним на 10%, главным обра-

зом за счет уменьшения сбросов крупнейшими водопользователями г. Комсомольск-на-Амуре. По сбросам с г. Хабаровск, напротив, наблюдается тенденция к росту сбросов с 2016 года на 7% так как происходит ежегодный прирост населения. Анализ данных гидрохимической сети Росгидромета с 2011–2020 гг. показал, что основными загрязняющими веществами, систематически превышавшими ПДК_{рыб.-хоз} в бассейне реки Амур являются: ХПК, аммоний-ион, алюминий, железо общее, медь, марганец, цинк, АСПАВ. Наличие данных веществ в речной воде, обусловлено с одной стороны природным характером, с другой стороны, за счет неорганизованного стока с прибрежных территорий, поскольку глобального влияния городов на р. Амур не было обнаружено.

Эколого-экономический анализ показал, что развитие крупных городов Хабаровского края может привести к росту антропогенного влияния на бассейн реки Амур, увеличению сброса сточных вод и к изменениям гидрохимических показателей. Для разрыва связи между социально-экономическим ростом и антропогенным

воздействием на р. Амур со стороны крупных городов региона необходимо:

- ◆ внедрять инновационные ресурсосберегающие и малоотходные технологии на промышленных предприятиях Хабаровского края;
- ◆ внедрять системы интегрированного мониторинга водных ресурсов;
- ◆ своевременно осуществлять экологический мониторинг хозяйствующих субъектов;
- ◆ проводить технический аудит систем водного хозяйства городов и населенных пунктов в крае;
- ◆ разработать экономические рычаги для стимулирования хозяйствующих субъектов осуществлять целевые инвестиции в основной капитал на технологическую модернизацию производства с целью уменьшения сбросов неочищенных вод, а не на увеличение его масштабов за счет экстенсивных факторов.

Авторы выражают благодарность ФГБУ «Дальневосточное УГМС» за оказанную помощь и содействие в выполнении аналитической работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Природопользование Дальнего Востока России и Северо-Восточной Азии: потенциал интеграции и устойчивого развития / под ред. А.С. Шейнгауза. — Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2005. — 528 с.
2. Лазов А.В. Влияние трансграничного загрязнения р. Амур на водные биологические ресурсы / А.В. Лазов. — Хабаровск, 2007. — 268 с.
3. Подольский С.А., Симонов Е.А., Дарман Ю.А. Куда течет Амур? / Под редакцией к.г.н. С.А. Подольского. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF) — Россия, 2006. — 72 с.
4. Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Бардюк В.В. Биоиндикация трансграничного загрязнения реки Амур ароматическими углеводородами после техногенной аварии в Китае // Сибирский экологический журнал. — 2012. — № 2. — С. 245–252.
5. Современный статус водных биологических ресурсов бассейна реки Амур и задачи их изучения / Н.В. Колпаков, Д.В. Коцюк, В.И. Островский, Н.Н. Семенченко [и др.] // Известия ТИНРО. 2020. Том 200, вып. 3 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-status-vodnyh-biologicheskikh-resursov-basseyna-reki-amur-i-zadachi-ih-izucheniya> (обращения: 20.02.2022).
6. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Часть IV. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология): монография. — Ростов на Дону: «НОК», 2011. — 324 с. <https://minstr.khabkrai.ru/?menu=getfile&id=3272>
7. Фишер Н.К., Гаретова Л.А., Шестеркина Н.М., Кошельков А.М., Николаева Х.Н. Особенности качества воды реки Амур у г.Хабаровска в мае-июне 2019 года // Региональные проблемы. — 2019. — Т. 22, № 3. — С. 58–64. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-3-58-64.
8. Ивашинников Ю.К. Физическая география Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1999. — 324 с.
9. Наумов Ю.А. Об особенностях загрязнения поверхностных вод на территории Дальнего Востока России // Ойкумена. Регионоведческие исследования. — 2021. № 3. — С. 102–112. DOI: 10.24866/1998-6785/2021-3/102-112.
10. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Трансформация химического состава вод среднего Амура в зимнюю межень после трансграничного загрязнения 2005 года // География и природные ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 52–58.
11. Чудаева В.А. Миграция химических элементов в водах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2002. — 391 с.

© Мищенко Ольга Алексеевна (004907@pnu.edu.ru),

Гладун Игорь Владимирович (006209@pnu.edu.ru), Ананьев Никита Андреевич (2017102192@pnu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА БИОТРАНСФОРМАЦИЮ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АМУРСКОГО ЛИМАНА

Стукова Ольга Юрьевна

Преподаватель, Тихоокеанский государственный
университет (г. Хабаровск)
olgastukova1@rambler.ru

THE INFLUENCE OF THE SALINITY OF THE BIOTRANSFORMATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE SEDIMENTS AMUR ESTUARY

O. Stukova

Summary. In the scientific word, the influence of microbiological processes, occurring in the sediments on the forcing of water quality in the Amur estuary is under consideration. Because of the biotransformation of the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediment, soluble organic substances of different degrees of toxicity enter the equatic environment causing secondary pollution. These substances act as factors of ecological risk for the development the planktonic and berrthic communities in the coastral marine waters.

Keywords: sediments, polycyclic aromatic hydrocarbons, Amur River estuary, bacteriobenthos.

Аннотация. В работе рассматривается влияние микробиологических процессов, происходящих в донных отложениях, на формирования качества воды в Амурском лимане. В результате биотрансформации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях в водную среду поступают растворимые органические вещества различной степени токсичности, вызывая вторичное загрязнение. Эти вещества выступают в качестве факторов экологического риска для развития планктонных и бентосных сообществ в прибрежных морских акваториях.

Ключевые слова: донные отложения, полициклические ароматические углеводороды, эстуарий реки Амур, бактериобентос.

Введение

В прибрежные морские акватории выносятся ПАУ с поверхностным и речным стоком, от водного транспорта, при утечках нефти во время ее добычи и транспортировки. Они образуются при отмирании водной растительности, входят в состав взвешенных веществ, которые оседают на дно. Чаще всего ПАУ присутствуют в водной среде в виде микропримесей, однако, несмотря на это они оказывают вредное воздействие на гидробионтах, вызывая мутагенный, тератогенный и канцерогенный эффекты [1, 2, 3, 4].

Известно, что растворимость многих ПАУ в морской воде снижается по сравнению с пресными водами. Поэтому, поступая с речным стоком, они могут осаждаться в составе взвешенных частиц на дно в результате изменения гидрологического режима (снижение скорости течения) и за счет градиента солености [5]. Высокая степень загрязнения поллютантами разного строения наблюдается на устьевых участках рек [6, 7]. Лиманы на-

зывают маргинальными фильтрами, через которые проходит основная масса взвешенных веществ антропогенного и природного происхождения [8].

Фактором экологического риска для функционирования биоценозов прибрежных акваторий Охотского и Японского морей является поступление токсичных веществ со стоком р. Амур [9]. С речным стоком выносятся гуминовые вещества, которые являются отличительной чертой природных вод р. Амур [11], а со взвесями в прибрежные акватории поступают ПАУ различного генезиса [5, 12, 13]. Закономерности трансформации и деструкции ПАУ в контактной зоне река-лиман-море в значительной степени зависят от комплекса абиотических и биотических факторов, в том числе от активности микробиологических процессов.

В самоочищении прибрежных морских акваторий участвуют планктонные и бентосные микробные комплексы (МК). Высокая эффективность деструкции ПАУ достигается при участии комплексных микробоцено-

зов [17]. Как показано в экспериментальных условиях (in vitro), при хроническом загрязнении углеводородами повышается адаптивный потенциал соответствующих сообществ микроорганизмов, в частности совершенствуются ферментные системы, способствующие трансформации ПАУ.

Скорость трансформации ПАУ зависит от их строения и структуры микробных комплексов. Так микроорганизмы, входящие в состав природного бактериобентоса, почти полностью разрушали смесь из трех ПАУ (пирен, фенантрен и флуорен) за 4 недели. Бактериальный консорциум, представленный тремя активными штаммами *Rhodococcus* sp, *Acinetobacter* sp и *Pseudomonas* sp, утилизировал смесь фенантрена и флуорена в течение 1 недели, но биodeградация пирена происходила более длительное время [21].

Цель наших исследований состояла в определении потенциальной активности бактериобентоса при трансформации полициклических ароматических углеводородов (нафталин и фенантрен) в зоне смешения пресных и морских вод в эстуарии реки Амур.

Материалы и методы

Для исследования способности бактериобентоса Амурского лимана к трансформации ароматических углеводородов различного строения были использованы пробы донных отложений (ДО).

Для определения потенциальной активности бактериобентоса в качестве источников углерода использовали бициклический нафталин и трициклический фенантрен в концентрации 1 г/л, которые вносили в виде тонкодисперсной пудры в стерильную среду в асептических условиях.

Культивирование бентосных микробных сообществ проводили при температуре 23 °С в жидкой среде М-9 следующего состава г/л: KH_2PO_4 –1,33; K_2HPO_4 –2,67; NH_4Cl — 1; Na_2SO_4 –2; KNO_3 –2; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — следы; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ –0,1.

В качестве инокулята использовали суспензию, приготовленную из расчета 1 г ДО на 100 мл стерильной дистиллированной воды после встряхивания на качалке в течение 20 минут. Инокулят вносили в стерильных условиях по 1 мл в пробирки с 10 мл среды М-9. Для оценки влияния режима солености на интенсивность трансформации ПАУ в питательную среду вносили различные концентрации NaCl (1 и 3%).

Активность бактериобентоса определяли через 30 и 60 суток методом фотометрии с использованием

КФК-56 М по изменению оптической плотности (ОП) питательной среды при длине волны 490 нм (накопление биомассы бактерий) и образованию цветных продуктов при 400 нм. Все эксперименты проводились в 3-х повторностях. Графики строили по средним значениям с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты

Впервые комплексная микробиологическая оценка качества воды в Амурском лимане была дана в августе 1997 [7]. Было установлено, что с речным стоком в охотском направлении выносятся стойкие ОБ различного строения. Согласно исследованиям [5], проведенным в эстуарии р. Амур в 2006 г., среди 15 приоритетных ПАУ доминировали нафталин и фенантрен.

Исследования показали, что ДО существенно отличаются на разных участках Амурского лимана не только по гранулометрическому составу, но и по содержанию органических веществ. Это во многом определяет структуру, численность и активность МК. Микробиологические исследования in vitro показали, что активность бактериобентоса по отношению стойким углеводородам на различных участках Амурского лимана значительно отличалась. Наиболее активными по отношению к нафталину и фенантрону оказались бентосные МК, присутствующие в осадках, отобранных в устье р. Амур и южной части Амурского лимана (рис. 1, 2). Процессы трансформации и деструкции ароматических соединений, происходящие в ДО, определяют специфику качества воды в Амурском лимане за счет образования различных промежуточных продуктов. Набор продуктов трансформации ПАУ зависит от адаптационного потенциала бентосных МК, режима солености и сопутствующих загрязнителей.

В центральной и южной части Амурского лимана существуют предпосылки для интенсивных процессов микробиологической трансформации нафталина не только с образованием цветных продуктов, но и их потреблением, что подтверждается накоплением биомассы в культуральной жидкости. На станциях, максимально удаленных от устья р. Амур, нафталин разлагался очень медленно без образования продуктов хиноидной структуры, изменяющих цветность водной среды.

Наиболее активная деструкция нафталина наблюдалась при участии бактериобентоса из донных отложений, отобранных на станциях 11, 12 и центральной части Амурского лимана на станции 31 (рис. 1). На станциях, которые расположены в южной части Амурского лимана, с увеличением солености воды наблюдалось снижение активности бактериобентоса на нафталине. Исключение составляла станция 24 в Татарском проливе, где,

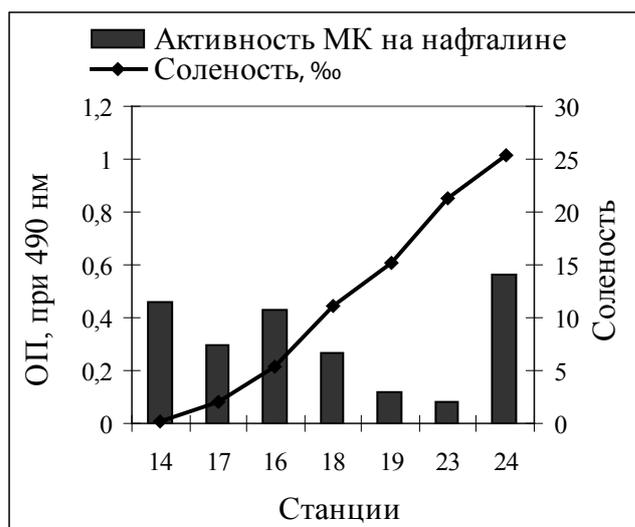
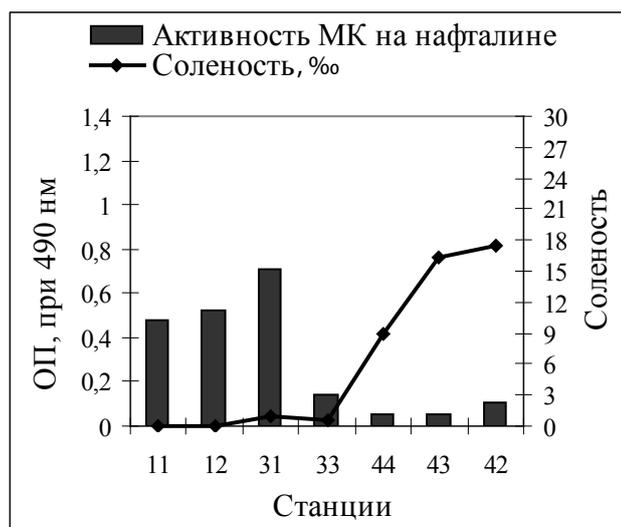


Рис. 1. Активность бактериобентоса из различных местообитаний на нафталине

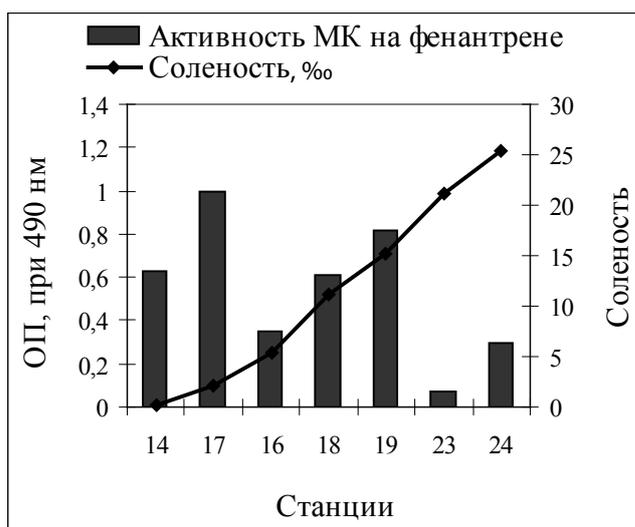
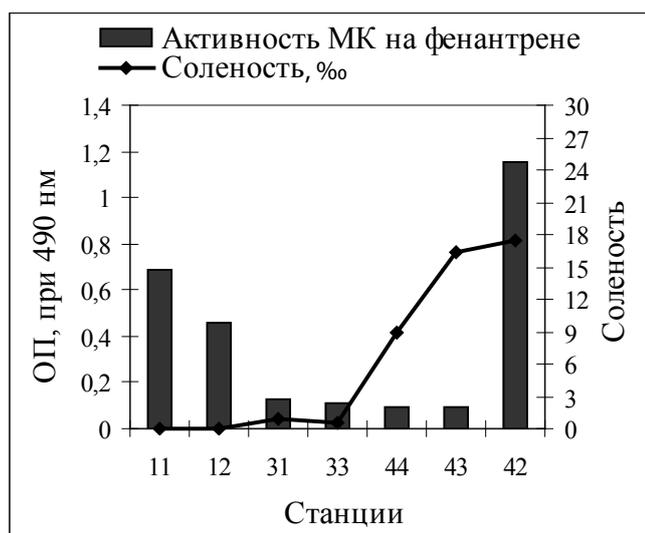


Рис. 2. Активность бактериобентоса из различных местообитаний на фенантрене

несмотря на высокую соленость и низкую численность гетеротрофных бактерий, была выявлена максимальная активность по отношению к нафталину.

Активный рост на фенантрене проявляли бентосные МК из ДО, отобранных на разных участках Амурского лимана (рис. 2). Это может быть связано с широким распространением этого представителя ПАУ в донных отложениях в связи с разнообразными природными и антропогенными источниками его поступления.

Деструкция фенантрена *in vitro* сопровождалась интенсивным изменением цветности водной среды.

Ранее среди цветных продуктов его трансформации был идентифицирован токсичный 1,2-бензохинон [13]. Высокую активность по отношению к фенантрону проявляли МК из ДО, отобранных на северо-западе острова Сахалин в мелководной лагуне (станция 42) с развивающейся растительностью. Этот факт является подтверждением присутствия природных углеводородов, предшественников фенантрена и их вовлечения в микробиологические процессы самоочищения лагуны.

Несмотря на происхождение, фенантрен может разлагаться с образованием промежуточных продуктов

различной степени токсичности (фталевые кислоты, нафтол, салициловая кислота и др.) [22].

Активность микроорганизмов на фенантрене снижалась по мере увеличения солёности воды. Так рост на фенантрене бактериобентоса из донных отложений, отобранных в северной части Амурского лимана, был более активным, чем рост бактериобентоса из центральной части лимана; в южном направлении прямой зависимости скорости роста бактериобентоса от солёности воды не было обнаружено. Это может быть связано с высоким содержанием фенантрена и его предшественников, обусловленным высокой антропогенной нагрузкой на эту акваторию Амурского лимана, в том числе активным судоходством.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что на биогеохимическом барьере река-лиман-море происходят сложные микробиологические процессы трансформации углеводов различного строения и происхождения. На активность бентосных микробных комплексов Амурского лимана в зоне смешения морских и пресных вод существенное влияние оказывает изменение градиента солёности, который отражается не только на специфике седиментации гидрофобных ароматических углеводов, но и на скорости их трансформации в ДО. На примере двух представителей ПАУ (нафталин и фенантрен) показано, что скорость их трансформации может существенно изменяться на разных участках Амурского лимана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко Н.В. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов / Н.В. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников. М.: Химия. 1996. 319 с.
2. Bamforth S.M. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: current knowledge and future directions / S.M. Bamforth, I. Singleton // *J. Chemical Technol. Biotechnol.* 2005. V. 80. P. 723–736.
3. Johnsen, A.R. Principles of microbial PAH-degradation in soil / A.R. Johnsen, L.Y. Wick, H. Harms // *Environmental Pollution*. 2005. V. 133. P. 1–84.
4. Li X.J., Li, P.J., Lin, X., Zhang, C.G., Li, Q. & Gong, Z.Q. (2008): Biodegradation of aged polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by microbial consortia in soil and slurry phases / X.J. Li, P.J. Li, X. Lin, C.G. Zhang, Q. Li, Z. Gong // *Journal of Hazardous Materials*. V. 150. P. 21–26.
5. Чижова Т.Л. Полициклические ароматические углеводороды в эстуарии р. Амур. / Т.Л. Чижова, П.Я. Тищенко, Л.М. Кондратьева, Ю.В. Кудряшова, Т. Каваниши // *Вода: Химия и Экология*. 2013. № 10. С. 14–22
6. Опекунов А.Ю. Аккумуляция техно-седиментогенез: // *Тр. ВНИИ Океанологии Министерства природных ресурсов РФ*. СПб, 2005. 278 с.
7. Кондратьева Л.М. Экологический риск загрязнения водных экосистем. Владивосток: Дальнаука. 2005. 299 с.
8. Лисицин А.П. Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
9. Kondrateva L.M. Combined methods for Amur River pollution assessment. Ecosystem approach // *Report on Amur — Okhotsk project. Proceeding of the Kyoto Workshop, Kyoto: Research Institute for Humanity and Nature*. 2004. № . 2. P. 47–65
10. Дударев О.В. Современное осадконакопление в эстуарии р. Амур / О.В. Дударев, А.И. Боцул, В.В. Аникеев, Л.П. Якунин, Г.М. Колесов // *Тихоокеанская геология*. 2000. Т. 19. № 3. С. 30–43
11. Левшина С.И. Органическое вещество поверхностных вод бассейна среднего и нижнего Амура. Владивосток: Дальнаука. 2010. 145 с.
12. Кондратьева Л.М. Загрязнение реки Амур полиароматическими углеводородами / Л.М. Кондратьева, Н.К. Фишер, О.Ю. Стукова, Г.Ф. Золотухина // *Вестник ДВО РАН*. 2007. № 4 С. 17–26
13. Кондратьева Л.М., Биоиндикация загрязнения эстуария реки Амур полиароматическими углеводородами / Л.М. Кондратьева, О.Ю. Стукова // *Гидробиологический журнал*. 2008. № 5. С. 54–68.
14. Миронов О.В. Бактериальная трансформация нефтяных углеводородов в прибрежной зоне моря // *Морской экологический журнал*. 2002. Т. 1. № 1. С. 56–66.
15. Немировская И.А. Углеводороды донных осадков маргинального фильтра Волги / И.А. Немировская, В.Ф. Бреховских // *Доклады Академии науки*. 2006. Т. 406. № 3. С. 364–369.
16. Johnsen A.R. Evaluation of bacterial strategies to promote the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons / A.R. Johnsen, U. Karlson // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2004. V. 63. № 4. P. 452–459.
17. Mohd Kamil N.A. Bioremediation of phenanthrene contaminated sand using bacteria isolated from petroleum sludge/ K.N.A. Mohd, N.H. Hussain, and S. Abdul-Talib // *International Sustainability and Civil Engineering Journal*. 2012. V.1. № 1. P. 57–66.
18. Hassanshahian M., Emtiazi G., Cappello S. Isolation and characterization of crude-oil-degrading bacteria from the Persian Gulf and the Caspian Sea / M. Hassanshahian, G. Emtiazi, S. Cappello // *Marine Pollution Bulletin*. 2012. V.64. № 1. P. 7–12.
19. Resh <http://link.springer.com/search?facet-author=%22Vincent+H.+Resh%22> V.H. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2008. V. 138. № 1–3. P. 131–138.
20. Черемных Л.П. Биоиндикация в мониторинге нефтяного загрязнения водотоков / Л.П. Черемных, И.Л. Григорьева, Е.А. Иларионова // *Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Сб. матер. межд. конф.* СПб: ЛЕМА. 2007. С. 87–92.
21. Kanaly R.A. Biodegradation of high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria / R.A. Kanaly, S. Harayama // *Journal of Bacteriology*. 2000. V. 182. № . 8. P. 2059–2067.

22. Пунтус И.Ф. Дegradация фенантрена бактериями рода *Pseudomonas* и *Burkholderia* в модельных почвенных системах /И.Ф. Пунтус, А.Е. Филонов, Л.И. Ахметов, А.В. Карпов, А.М. Боронин // Микробиология. 2008. Т. 77. № 1. С. 11–20.
23. Zhao, H.P. Isolation and characterization of phenanthrene-degrading strains *Sphingomonas* sp ZP 1 and *Tistrella* sp ZP 5. / H.P. Zhao, L. Wang, J.R. Ren, Z. Li, M. Li, H.W. Gao // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. V. 152. P. 1293–1300.
24. Grueiro-Noche G. 3-Way pattern-recognition of PAHs from Galicia (NW Spain) seawater samples after the Prestige's wreck / G. Grueiro-Noche, J.M. Andrade, S. Muniategui-Lorenzo, P. Lopez-Mahia, D. Prada-Rodriguez // *Environmental Pollution*. 2010. V. 158. P. 207–214.

© Стукова Ольга Юрьевна (olgastukova1@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тихоокеанский государственный университет

УЛУЧШЕННЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЛАКОВ И МАСКИРОВАНИЯ СОЛНЦА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПОЛНОГО НЕБА

IMPROVED CLOUD DETECTION AND SUN MASKING METHOD BASED ON FULL SKY IMAGES

**P. Aleynikov
S. Sarajshvili**

Summary. Cloud detection and segmentation in full sky camera images is used in intra-hour solar forecasting systems. Threshold segmentation algorithms based on color channel ratio, such as RBR or BRBG, are widely used. However, most of these algorithms experience problems in the circumsolar region. In this article, we propose an algorithm for generating a solar mask for a BRBG representation of a complete sky image. The article also presents preliminary results of testing the algorithm on various cloud scenes and proposals for further improving the algorithm.

Keywords: cloud detect, all-sky imagers, solar mask.

Алейников Павел Игоревич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
alejnikov.pi@edu.spbstu.ru

Сараджишвили Сергей Эрикович

К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
ssaradg@yandex.ru

Аннотация. Обнаружение и сегментация облаков на изображениях неба с широкоугольных камер, используются в системах краткосрочного прогноза солнечной активности. Широко используются алгоритмы пороговой сегментации, основанные на соотношении цветных каналов RGB представления, такие как RBR или BRBG. Однако большинство этих алгоритмов испытывают проблемы в окосолнечной области. В этой статье мы предлагаем алгоритм генерации солнечной маски для BRBG-представления полного изображения неба. В статье также представлены предварительные результаты тестирования алгоритма на различных облачных сценах и предложения по дальнейшему совершенствованию алгоритма.

Ключевые слова: распознавание облаков, изображения полного неба, маскирование солнца.

Введение

Распознавание облаков на изображениях полного неба является важной частью систем прогнозирования солнечного излучения. Системы краткосрочного прогноза активно используются в солнечной энергетике для определения снижения выработки солнечной энергии и своевременного реагирования на энергетический дисбаланс [1,2]. Системы прогнозирования солнечного излучения на период до 5 минут используют одну или несколько [3] камер полного неба и анализируют движение облачных масс, с построением вектора движения облаков [4]. Также есть работы, в которых используются инфракрасные камеры [18], но такие камеры отличаются высокой ценой. Методы, основанные на численной модели погоды (ЧМП) [5], или анализе спутниковых данных [6] и статистические методы (анализ временных рядов) [7] не подходят для прогнозирования на такой короткий интервал времени. Точность прогнозирования излучения страдает по многим причинам, например, упрощение траектории облаков [20]. Nouri B. и др. [8] утверждают, что точность распознавания облаков является основным источником неопределенности прогноза. Существуют подходы на основе глубокого машинного обучения, не использующие

явную облачную сегментацию [9,10], но они требуют обучения для конкретной среды и камеры, что требует предварительного формирования набора данных. Также при таком подходе сложно интерпретировать результат предсказания и определить его точность.

Основываясь на недавнем сравнении [11] методов сегментации изображений, метод на основе глубокой сверточной нейронной сети (FCN) показывает высокую точность 97%. Однако в данной работе было решено использовать более простой и распространенный алгоритм пороговой сегментации, основанный на соотношении цветных каналов изображения BRBG [12] с фиксированным порогом бинаризации. Известно большое число алгоритмов основанных на соотношении цветных каналов и они могут достигать приемлемой точности [19]. В известном алгоритме NYTA [13] предлагается использовать адаптивный порог бинаризации, но этот алгоритм основан на соотношении синего и красного каналов (BRR). При использовании соотношения BRBG было замечено, что порог для разных изображений может быть одинаковым. Однако эти алгоритмы часто ошибаются в окосолнечной области из-за высокой насыщенности пикселей, которые можно принять за облако. В [12,14] метод Оцу использовался для определения

порога адаптивной сегментации и классификации типов облаков. В данной работе этот метод использовался для определения и маскирования околосолнечной области.

Предлагаемый алгоритм генерации солнечной маски для околосолнечной области адаптивно определяет радиус и максимальное значение маски на основе формы солнечного пятна. Форма пятна анализируется по соотношению площади и периметра, как это было предложено в работе Yang J. и др [15].

Предлагаемый метод

Солнечная маска формируется в виде двумерной матрицы, прибавляемой к BRBG представлению исходного изображения. Маска состоит из двух слагаемых: маска солнечного пятна и маска околосолнечной области.

Рассмотрим маскирование солнечного пятна. Солнечное пятно хорошо различимо в зеленом канале и на изображениях градации серого [15]. Выделение пятна происходит в несколько этапов.

На первом этапе в зеленом канале изображения выбираются пиксели, яркость которых больше заданного порога. Далее в несколько итераций сокращается анализируемую область, определяя порог бинаризации методом Оцу. При этом область, яркость которой выше порога бинаризации, принимается за пятно. Если в результате выделяется несколько областей, то за пятно принимается ближайшая к расчетному положению солнца область.

Положение солнца можно рассчитать в сферических координатах, получив азимутальный и зенитный угол солнца по формуле Спенсера [16], зная текущее время и положение камеры (широту и долготу). Затем с помощью эквидистантного преобразования сферические координаты можно преобразовать в координаты пикселей изображения.

На практике полученный контур может включать тонкие облака, перекрывающие часть солнца, в случае если их яркость близка к яркости солнечного пятна. Поэтому контур дополнительно уточняется аналогичным подходом, но уже на основе чёрно-белого представления.

Перейдём к формированию маски околосолнечной области. В околосолнечной области повышается значение яркости красного и зелёного каналов изображения в сравнении с остальным изображением. Яркость зелёного и красного канала изображения повышаются в этой области интенсивнее, чем яркость синего канала, вследствие этого в околосолнечной области уменьшается

значение BRBG, что приводит к ошибочному выделению пикселей чистого неба как облачных.

Маска околосолнечной области представляет собой окружность, центр которой совпадает с центром солнечного пятна. Значение яркости маски линейно возрастает от нуля на границе окружности, до максимальной яркости маски в центре. Такая маска имеет два адаптивных параметра, это радиус окружности и максимальная яркость маски. Также стоит отметить, что в будущем планируется сделать яркость окружности нелинейной, с понижением яркости в зонах, соответствующих темным облакам. Так как для них значение BRBG находится ближе к порогу, чем для ярких облаков и, следовательно, они более чувствительны к яркости маски.

При анализе различных изображений неба было установлено, что радиус солнечной маски для изображений чистого неба может составлять больше 100% от радиуса изображения и 50% — 80% для изображений со смешанной облачностью. Ввиду этого был разработан алгоритм адаптивного вычисления радиуса маски. Алгоритм работает с BRBG представлением исходного изображения $BRBG_0$ и BRBG представлением после применения к нему размытия по Гауссу $BRBG_0$. Определим величину дисперсии разности этих представлений Δd :

$$\Delta d = D[BRBG_0 - BRBG_b]$$

Будем рассматривать эту величину не для всего изображения, а для области, совпадающей с окружностью радиусом R и центром равным центру солнечного пятна. Соответственно имеем следующую функцию:

$$\Delta d(R) = D[BRBG_0(R) - BRBG_b(R)]$$

Эмпирическим путём было выявлено следующее свойство производной этой функции. Если за радиус маски околосолнечной области брать точку, в которой эта производная пересекает ноль, то получаемая маска покрывает необходимую область сниженного BRBG.

Вторым адаптивным параметром маски является максимальная яркость. Для изображений чистого неба она велика, но при перекрытии солнца тонкими облаками она уменьшается. Для определения яркости решается задача поиска минимума. Подбирается наименьшее значение яркости в центре маски достаточное, чтобы после маскирования в радиусе R_s от центра солнечного пятна осталось N процентов облачных пикселей. Радиус R_s определён как 110% от радиуса солнечного пятна. А значение N зависит от изображения. Так если солнце перекрыто тонкими облаками или туманом, то N равно 70%. Если солнце полностью открыто, то N равно 15%.

Данные значения определены эмпирически при анализе различных изображений.

Для определения состояния солнечного пятна анализируются его геометрические характеристики: площадь, периметр, радиус. Основной характеристикой является коэффициент C предложенный в работе [15] и вычисляемый по следующей формуле:

$$C = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{L^2}$$

Коэффициент C близок к единице, если солнечное пятно имеет форму близкую к окружности. В нашем случае если $C > 0.7$, то мы считаем, что солнце открыто, иначе оно либо покрыто облаками, либо рядом расположенное облако было принято за часть солнечного пятна. В случае, когда солнце перекрыто тонкими облаками или туманом, было установлено, что отношение $1 - C_1 / C_2 < 0.3$. Где C_1 это C для солнечного пятна в зеленом канале, а C_2 это C для уточненного солнечного пятна. То есть в этом случае C_1 близко к C_2 . Подобные соотношения были выявлены для нескольких типов облачных сцен.

Анализ результатов

Предлагаемый алгоритм был опробован на изображениях с различными облачными сценами. Для изображений чистого неба, адаптивные параметры околосолнечной маски имеют наибольшие значения по сравнению с другими видами изображений. Так радиус маски может достигать до 100% от радиуса изображения, что ожидаемое. В случаях, когда небо полностью затянато тонкими облаками максимальная яркость маски имеет наименьшие значения, что также ожидаемое,

так как для таких изображений её влияние должно быть минимальным.

Самыми сложными для распознавания облаков представляются изображения со смешанной облачностью. Для таких изображений параметры маски могут сильно варьироваться. Было выявлено, что на изображениях смешанной облачности наложение маски может приводить к поглощению тёмных облаков, расположенных близко к солнечному пятну. Это связано с тем, что показатель BRBG таких облаков близок к порогу бинаризации по сравнению с другими облаками, и маску в таком случае следует делать менее яркой. Однако если в данном радиусе снизить яркость маски, пиксели чистого неба будут ошибочно приняты за облачные так как они расположены близко к солнечному пятну. Поэтому интенсивность маски необходимо снижать только для облачных пикселей.

Заключение

В данной работе рассмотрены современные подходы к распознаванию облаков на изображениях полного неба и предложен алгоритм маскирования солнечной области в BRBG представлении изображения. Формируемая алгоритмом маска оказывает положительный эффект, но в сценах со смешанной облачностью, она может поглощать темные облака. Это вызывает негативные последствия в системах краткосрочного прогнозирования. В дальнейшей работе планируется рассмотреть нелинейное маскирование, уменьшающее интенсивность маски для темных облаков, делая их видимыми. Также необходимо оценить влияние предложенного метода на точность прогнозов в системе краткосрочного прогнозирования солнечного излучения.

ЛИТЕРАТУРА

- Schmidt T. и др. Short-term solar forecasting based on sky images to enable higher PV generation in remote electricity networks // *Renew. Energy Environ. Sustain.* 2017. Т. 2.
- Tosun N. и др. Solar power generation analysis and forecasting real-world data using LSTM and autoregressive CNN // *SEST 2020—3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies.*, 2020.
- Kuhn P. и др. Shadow camera system for the generation of solar irradiance maps // *Sol. Energy.* 2017. Т. 157.
- Wang F. и др. Image phase shift invariance based cloud motion displacement vector calculation method for ultra-short-term solar PV power forecasting // *Energy Convers. Manag.* 2018. Т. 157.
- Li Z. и др. A hierarchical approach using machine learning methods in solar photovoltaic energy production forecasting // *Energies.* 2016. Т. 9. № 1.
- Marquez R., Pedro H.T. C., Coimbra C.F.M. Hybrid solar forecasting method uses satellite imaging and ground telemetry as inputs to ANNs // *Sol. Energy.* 2013. Т. 92.
- Reikard G. Predicting solar radiation at high resolutions: A comparison of time series forecasts // *Sol. Energy.* 2009. Т. 83. № 3.
- Nouri B. и др. Determination of cloud transmittance for all sky imager based solar nowcasting // *Sol. Energy.* 2019. Т. 181.
- Siddiqui T.A., Bharadwaj S., Kalyanaraman S. A deep learning approach to solar-irradiance forecasting in sky-videos // *Proceedings — 2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2019.*, 2019.
- Acikgoz H. A novel approach based on integration of convolutional neural networks and deep feature selection for short-term solar radiation forecasting // *Appl. Energy.* 2022. Т. 305.
- Hasenbalg M. и др. Benchmarking of six cloud segmentation algorithms for ground-based all-sky imagers // *Sol. Energy.* 2020. Т. 201.

12. Tang J. и др. An improved cloud recognition and classification method for photovoltaic power prediction based on total-sky-images // J. Eng. 2019. Т. 2019. № 18.
13. Li Q., Lu W., Yang J. A hybrid thresholding algorithm for cloud detection on ground-based color images // J. Atmos. Ocean. Technol. 2011. Т. 28. № 10.
14. Li H. и др. Cloud identification model for sky images based on Otsu // IET Conference Publications., 2015.
15. Yang J. и др. An automated cloud detection method based on the green channel of total-sky visible images // Atmos. Meas. Tech. 2015. Т. 8. № 11.
16. Şen Z. Solar energy fundamentals and modeling techniques: Atmosphere, environment, climate change and renewable energy., 2008.
17. Ye L., Cao Z., Xiao Y. DeepCloud: Ground-Based Cloud Image Categorization Using Deep Convolutional Features // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2017. Т. 55. № 10.
18. Schmutz N. и др. Cloud cover forecast from a ground-based all sky infrared thermal camera., 2017.
19. Schmutz N. и др. Cloud cover forecast from a ground-based all sky infrared thermal camera., 2017.
20. Kurtz B., Mejia F., Kleissl J. A virtual sky imager testbed for solar energy forecasting // Sol. Energy. 2018. Т. 158.

© Алейников Павел Игоревич (alejnikov.pi@edu.spbstu.ru), Сараджишвили Сергей Эрикович (ssaradg@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИИ КАРБОНИЗАЦИИ И АБСОРБЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

MATHEMATICAL MODELING OF THE CARBONATION AND ABSORPTION STAGE IN THE PRODUCTION OF SODA ASH

V. Ermolaeva
E. Kireeva

Summary. The mechanism of the carbonization stage in the production of soda ash by the ammonia method is given. A mathematical model was constructed based on the overall kinetic reaction of the carbonization stage, and the temperature dependence of the content of bound NH_4Cl in the suspension was considered. Mathematical models of the effect of carbon dioxide supply on the size of the absorption and refrigeration zones are presented. Calculation and graphs of the presented mathematical models are made. A practical calculation of the material and heat balance of the absorption stage was made.

Keywords: mathematical models, soda ash, carbonization stage, the absorption stage.

Ермолаева Вера Анатольевна

Доцент, Муромский институт (филиал)
Владимирского государственного университета имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых
ErmolaevaVA2013@mail.ru

Киреева Екатерина Дмитриевна

Муромский институт (филиал) Владимирского
государственного университета имени А.Г.
и Н.Г. Столетовых
kireeva.ekaterina.08@mail.ru

Аннотация. Приведен механизм стадии карбонизации в производстве кальцинированной соды аммиачным способом. Выполнено построение математической модели по суммарной кинетической реакции стадии карбонизации, рассмотрены зависимость от температуры содержания связанного NH_4Cl в суспензии. Представлены математические модели влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной и холодильной зон. Произведен расчет и построены графики представленных математических моделей. Произведен практический расчет материального и теплового баланса стадии абсорбции.

Ключевые слова: математические модели, кальцинированная сода, стадия карбонизации, стадия абсорбции.

Введение

Кальцинированная сода, производимая в больших масштабах, является одним из важнейших химических продуктов, а также исходным материалом для других производств. Единственным промышленным способом производства соды является аммиачный способ. Технологический процесс производства кальцинированной соды представляет собой ряд взаимосвязанных типовых технологических стадий, протекающих в аппаратуре определенного класса.

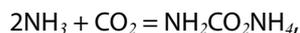
Характеристика технического процесса стадии карбонизации

В процессе карбонизации аммонизированного рассола в процессе обработки его двуокисью углерода образуется бикарбонат натрия, выделяющийся в твердую фазу.

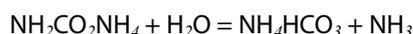
Процесс карбонизации ведут ступенчато: аммонизированный рассол из сборника направляют в карбонизационную колонну, а затем распределяют по рабочим колоннам. Двуокись углерода и аммиак, оставшихся

в колоннах, улавливают в промыватель газа колонн. Кристаллический осадок бикарбоната отделяют от маточного раствора фильтрацией. Получив на выходе из аппарата суспензию, нельзя однозначно определить её качество. Оно определяется качеством содержащегося в ней гидрокарбоната натрия. Процесс, протекающий в карбонизационных колоннах, сложный. В действительности процесс карбонизации ведут ступенчато.

На первой ступени карбонизации большая часть диоксида углерода связывается в карбамат аммония:



который затем гидролизуеться:



с образованием пересыщенного по HCO_3^- раствора.

Затем из пересыщенного раствора кристаллизуется гидрокарбонат натрия:

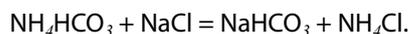


Таблица 1. Зависимость выхода продукта (NaHCO₃) от значений температуры.

Показатели		
№	Температура в зоне кристаллизации, °С.	Производительность колонны, т/сутки
1	59	400
2	60	420
3	62	520
4	63	540
5	65	560

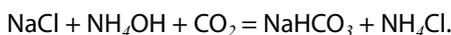
Таблица 2. Содержания связанного NH₄Cl в суспензии в зависимости от значений температуры

Показатели		
№	Температура в зоне кристаллизации, °С.	Содержание связанного NH ₄ Cl, кг/м ³ .
1	59	187
2	60	188
3	62	191
4	63	192
5	65	193

Кристаллизация гидрокарбоната зависит от температуры и скорости пересыщения раствора.

Математические модели процесса карбонизации аммонизированного рассола

В качестве математической модели процесса карбонизации рассматриваем кинетическую модель реакции. Технологический расчет ведем по суммарной реакции химического процесса карбонизации:

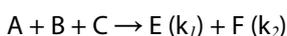


Введем следующие обозначения:

A — NaCl — хлорид натрия; B — NH₄OH — аммония гидроокись;

C — CO₂ — двуокись углерода; E — NaHCO₃ — натрий двууглекислый; F — NH₄Cl — аммоний хлористый.

С учетом обозначений химические реакции примут вид:



Сложные реакции математически описываются системами дифференциальных уравнений, количество которых определяется числом реагирующих веществ [1]. Математическое уравнение кинетики химической реакции следующие:

$$D(t,c) = \begin{cases} \frac{\partial C_A}{\partial t} = -(k_1 + k_2) \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C \\ \frac{\partial C_B}{\partial t} = -(k_1 + k_2) \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C \\ \frac{\partial C_C}{\partial t} = -(k_1 + k_2) \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C \\ \frac{\partial C_E}{\partial t} = k_1 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C \\ \frac{\partial C_F}{\partial t} = k_2 \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C \end{cases}$$

где C_A — концентрация вещества A, моль/л; C_B — концентрация вещества B, моль/л; C_C — концентрация вещества C, моль/л; k₁ и k₂ — константы скорости реакции;

Математическая модель зависимости выхода продукта (NaHCO₃) от температуры.

Качество суспензии определяется качеством содержащегося в ней гидрокарбоната натрия. Оценку работы карбонизационной колонны дают по безразмерному техническому критерию оптимальности, учитывающему расход гидрокарбонатной суспензии из колонны.

Исходные данные представлены в таблице 1.

Математическая модель зависимости значения выхода продукта от значения температуры выглядит следующим образом:

Таблица 3. Влияние значения CO₂ на величину абсорбционной зоны.

Показатели		
№	Кол-во углекислого газа (CO ₂) в абсорбционной зоне, м ³ /ч.	Величина абсорбционной зоны, %
1	3500	57,90
2	5000	55,00
3	7000	55,19
4	8000	55,35
5	9000	55,30

Таблица 4. Влияние подачи углекислого газа на величину холодильной зоны

Показатели		
№	Кол-во CO ₂ в холодильную зону, м ³ /ч.	Величина холодильной зоны, %
1	2500	42,10
2	4500	44,65
3	5000	44,70
4	6500	44,80
5	7500	45,00

$$N(t) = N_0 \cdot \frac{p \cdot K}{1 + e^{a-r(t-25)}}$$

где N_0 — минимальное значение выхода NaHCO₃, т/сутки; K — максимальное значение выхода NaHCO₃, т/сутки; a — константа интегрирования, рассчитанная в ходе модельного эксперимента; r , p — коэффициенты, требующие подбора в ходе модельного эксперимента.

Математическая модель зависимости содержания связанного NH₄Cl от температуры.

Согласно суммарной реакции, взаимодействующие и реагирующие вещества находятся в эквивалентных количествах, поэтому количество осажденного NaHCO₃ можно определить по содержанию хлорида аммония в осветленной части бикарбонатной суспензии, выходящей из колонны.

Для величины отклонения теоретического значения от фактического необходимо найти эмпирическую зависимость выхода связанного хлорида аммония от значения температуры в пределах от 59 до 65 °С. Математическая модель зависимости значения выхода связанного хлорида аммония от значения температуры выглядит следующим образом:

$$N(t) = N_0 \cdot \frac{p \cdot K}{1 + e^{a-r(t-32,25)}}$$

где N_0 — минимальное значение выхода связанного хлорида аммония, кг/м³; K — максимальное значение вы-

хода связанного хлорида аммония, кг/м³; a — константа интегрирования, рассчитанная в ходе модельного эксперимента; r , p — коэффициенты, требующие подбора в ходе модельного эксперимента.

Влияние подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны

Для повышения производительности колонны и получения крупных кристаллов бикарбоната натрия правильной формы необходимо определить оптимальную величину абсорбционной зоны.

Исходные данные для проведения эксперимента представлены в таблице 3.

Для величины отклонения теоретического значения от фактического необходимо найти эмпирическую зависимость подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны в пределах от 3500 до 9000. Математическая модель зависимости влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны выглядит следующим образом:

$$N(q) = N_0 \cdot \frac{p \cdot K}{1 + e^{a-r(q-36,5)}}$$

где N_0 — минимальная величина абсорбционной зоны, %; K — максимальная величина абсорбционной зоны, %; a — константа интегрирования, рассчитанная в ходе модельного эксперимента; r , p — коэффициенты, требующие подбора в ходе модельного эксперимента.

$$D(t, c) := \begin{bmatrix} -(k_1 + k_2) \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \\ -(k_1 + k_2) \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \\ -(k_1 + k_2) \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \\ k_1 \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \\ k_2 \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \end{bmatrix}$$

Рис. 1. Компьютерная модель кинетики химической реакции.

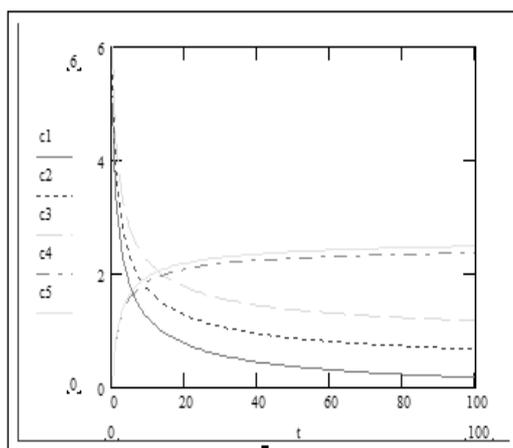


Рис. 2. Зависимость модели кинетики химической реакции стадии карбонизации.

Влияние подачи углекислого газа на величину холодильной зоны

С целью повышения степени утилизации натрия суспензию в процессе карбонизации охлаждают в холодильной зоне. Для максимального значения степени утилизации натрия необходимо учитывать не только температуру охлаждения, но и оптимальную величину холодильной зоны. Исходные данные для проведения эксперимента представлены в таблице 4.

Для величины отклонения теоретического значения от фактического необходимо найти эмпирическую зависимость подачи углекислого газа на величину холодильной зоны в пределах от 2500 до 7500. Путем подбора математическая модель зависимости влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны выглядит следующим образом:

$$N(q1) = N_0 \cdot \frac{p \cdot K}{1 + e^{a-r(q1-36,5)}}$$

где N_0 — минимальная величина холодильной зоны,%; K — минимальная величина холодильной зоны,%; a — константа интегрирования, рассчитанная в ходе мо-

дельного эксперимента; r, p — коэффициенты, требующие подбора в ходе модельного эксперимента.

Значения параметров, предложенных математической моделью найдены в ходе модельного эксперимента.

Модельный эксперимент

Для построения модели задаем следующие исходные данные:

$$C_1=1; C_2=1.1; C_3=1.2; C_4=0; C_5=0; k_1=1; k_2= k_1+0,02.$$

Для численного решения полученных систем дифференциальных уравнений в среде пакета Mathcad используется встроенная функция rkfixed ($c, 0, 100, 100, D$). Данная функция реализует численный алгоритм метода Рунге — Кутты четвертого порядка с фиксированным шагом разбиения отрезка интегрирования.

При построении модели кинетики химических реакций ввели соответствующий коэффициент равный 5, также в модели задали другие начальные значения концентраций и затем с помощью заданного коэффициента перевели в реальные объемы.

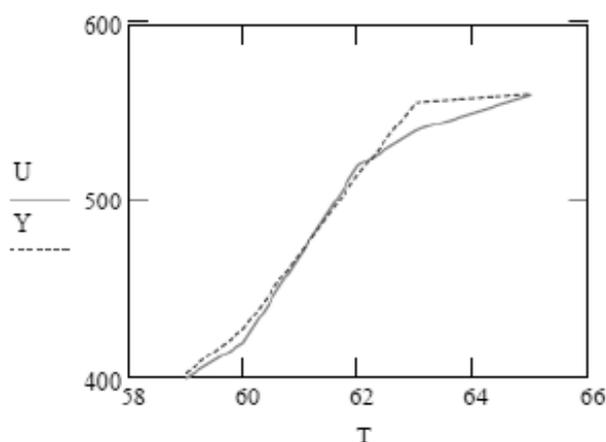


Рис. 3. Зависимость выхода продукта (NaHCO_3) от температуры.

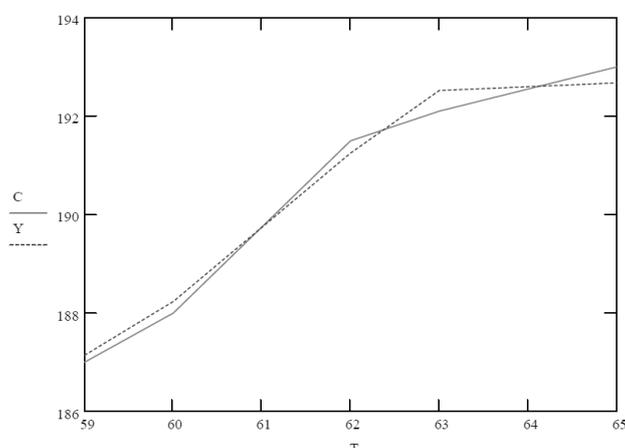


Рис. 4. Зависимость содержания связанного NH_4Cl в суспензии от температуры.

На рис. 1. представлен график модели кинетики химической реакции стадии карбонизации.

Результат моделирования кинетики химической реакции стадии карбонизации. На 100-й секунде стадии происходит практически полный расход исходного реагента А. Целевой продукт реакции Е и побочный продукт F образуются максимально на 100-й секунде процесса и составляют 0,472 моль/л и 0,495 моль/л соответственно. Разница между концентрациями целевого и побочного продукта невелика, так как количество осажденного натрия (Е) определяют по содержанию хлорида аммония (F) в осветленной части бикарбонатной суспензии, выходящей из колонны.

Компьютерная модель зависимости выхода продукта (NaHCO_3) от температуры. При разработке компьютерной модели возникает задача аппроксимации результатов, полученных экспериментальным путем.

На рис. 2 представлена компьютерная модель зависимости выхода продукта (NaHCO_3) от температуры. Параметры модели имеют следующие значения:

где $N_0 = 400$ т/сутки; $K = 560$ т/сутки; $a = (-0,916)$; $r, p = 0,2; 0,287$.

Формула для расчета ошибки аппроксимации:

$$\text{MRE} = \sum (Y-U)^2$$

Ошибка аппроксимации составляет $1,059 \cdot 10^{-3}$. Допустимая погрешность измерения.

Компьютерная модель зависимости содержания связанного NH_4Cl в суспензии от температуры. На рис. 3 представлена компьютерная модель зависимости содержания связанного NH_4Cl в суспензии от температуры.

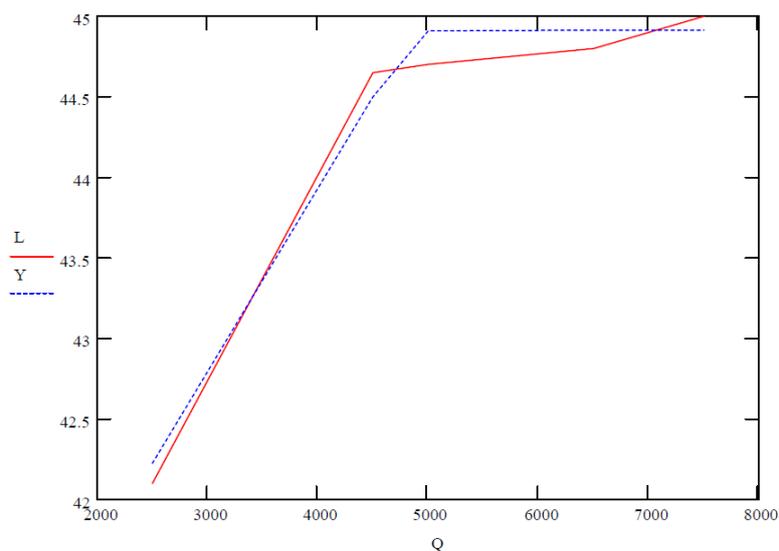


Рис. 5. Зависимость влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны.

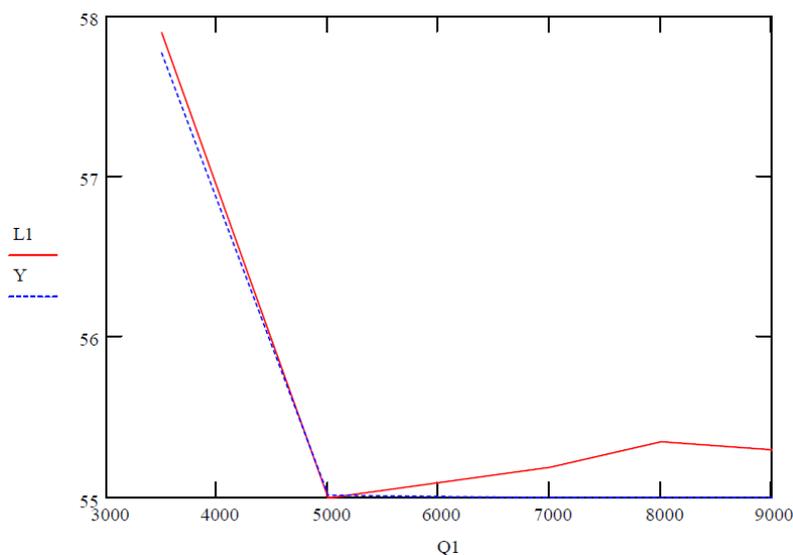


Рис. 6. Зависимость влияния подачи углекислого газа на величину холодильной зоны.

Параметры модели имеют следующие значения:

где $N_0 = 187 \text{ кг/м}^3$; $K = 193 \text{ кг/м}^3$; $a = (-3,439)$; $r, p = 0,275; 0,0625$.

Формула для расчета ошибки аппроксимации выглядит следующим образом:

$$SOR = \sum (Y-U)^2$$

Ошибка аппроксимации составляет 0,416. Погрешность является допустимой.

Компьютерная модель влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны.

На рис. 4 представлена компьютерная модель зависимости влияния подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны.

Параметры модели имеют следующие значения:

где $N_0 = 42,10 \text{ кг/м}^3$; $K = 45,00 \text{ кг/м}^3$; $a = (-2,675)$; $r, p = 0,2255; 0,0295$.

Таблица 5. Материальный баланс абсорбера первой ступени АБ — 1 (в кг на 1000 кг соды)

Приход	кг	Расход	кг
Жидкость из промывателя газа колонн 2 и промывателя газов абсорбции		Жидкость в АБ - 2	
NaCl	1557	NaCl	1557
(NH ₄) ₂ CO ₃	92,3	(NH ₄) ₂ CO ₃	356,5
NH ₄ OH	108	NH ₄ OH	339,2
Na ₂ SO ₄	36,2	Na ₂ SO ₄	36,2
H ₂ O	4414,23	H ₂ O	4285,22
Примеси	4,7	Примеси	4,7
Всего	6212,43	Всего	6578,54
Газ из АБ — 2		Газ в промыватель газов абсорбции	
CO ₂	122,3	CO ₂	1,3
NH ₃	206,9	NH ₃	0,9
Воздух	10	Воздух	10
H ₂ O	41,98	H ₂ O	2,49
Всего	381,18	Всего	14,69
Итого	6593,61	Итого	6593,23

Таблица 6. Тепловой баланс абсорбера АБ-2

Приход	кДж/1000 кг соды	Расход	кДж/1000 кг соды
С жидкостью из АБ–2	215 118,25	С газами в АБ–2	221 470,44
С газами	608 061	Теплопотери	7001
За счёт химических реакций	569 756,19	С раствором в холодильнике	1 164 464
Всего	1 392 935,4	Всего	1 392 935,4

Формула для расчета ошибки аппроксимации выглядит следующим образом:

$$SOR = \sum (Y-L)^2$$

Ошибка аппроксимации составляет 0,103. Допустимая погрешность измерения.

Компьютерная модель влияния подачи углекислого газа на величину холодильной зоны.

На рис. 5 представлена компьютерная модель зависимости влияния подачи углекислого газа на величину холодильной зоны.

Параметры модели имеют следующие значения:

где $N_0 = 55,00 \text{ кг/м}^3$; $K = 57,90 \text{ кг/м}^3$; $a = (-2,943)$; $r, p = 0,35; 0,0655$.

Формула для расчета ошибки аппроксимации выглядит следующим образом:

$$SOR = \sum (Y-L1)^2$$

Ошибка аппроксимации составляет 0,265. Погрешность является допустимой.

Характеристика стадии абсорбции

Назначение отделения абсорбции состоит в получении определенного количества аммонизированного рассола. Очищенный рассол распределяется на два потока. Часть рассола поступает через промыватель воздуха фильтров и второй промыватель газа колонн в первый абсорбер. Из первого абсорбера рассол поступает в оросительный холодильник и затем во второй абсорбер, далее в оросительный холодильник для охлаждения и в сборники аммонизированного рассола.

Расчет материального и теплового баланса

Произвели практический расчет материального баланса абсорбера первой степени и второй. Исходные данные для АБ — 1:

1. Состав поступающей жидкости: Cl⁻ — 102,7 н.д.; NH₃—19,3 н.д.; CO₂—7,4 н.д.; плотность рассола 1197 кг/м³.

2. Количество жидкости, орошающее АБ–1: 5,19 м³ на 1000 кг соды, содержащее 36,2 кг Na₂SO₄ и 4,7 кг примесей.
3. Состав выходящей жидкости: Cl⁻ — 95,6 н.д.; NH₃– 61,3 н.д.; CO₂–26,6 н.д.; плотность рассола 1179 кг/м³.
4. Количество и состав газовой смеси: NH₃– 206,9 кг; CO₂–122,3 кг; H₂O — 41,98 кг; воздуха — 10 кг (на 1000 кг соды).

В таблице 5 приведён сводный материальный баланс абсорбера.

Приход веществ в абсорбере первой ступени соответствует расходу веществ.

Рассчитали тепловой баланс по АБ-2. Исходные данные:

1. Температура газа, поступающего в АБ–2, 50 °С.
2. Температура стенки аппарата 55 °С.
3. Температура наружного воздуха 15 °С.
4. Теплоёмкость жидкости, вытекающей из АБ–2, 3,27 кДж/(кг·К).
5. Диаметр абсорбера АБ–2 равен 2,8 м, высота — 7,4 м.
6. Производительность абсорбера по соде 16 т в 1 час.

В таблице 6 приведён тепловой баланс абсорбера.

В процессе аммонизации рассола количество теплоты поступающего в аппарат равно теплоте на выходе из аппарата.

Заключение

Были разработаны математическая модель кинетики химической реакции на стадии карбонизации и математические модели следующих зависимостей:

- ♦ влияние температуры на содержание связанного NH₄Cl в суспензии;
- ♦ влияние подачи углекислого газа на величину абсорбционной зоны;
- ♦ влияние подачи углекислого газа на величину холодильной зоны;

В результате модельного эксперимента были получены компьютерные модели, соответствующие математическим моделям. Был рассмотрен технологический процесс стадии абсорбции. Произведен практический расчет материального и теплового баланса стадии абсорбции. Из расчёта балансов были получены следующие данные:

- ♦ в материальном балансе приход веществ в абсорберах первой и второй степени соответствует расходу веществ;
- ♦ количество теплоты поступающего в абсорбер второй ступени равно теплоте на выходе из аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гумеров А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие — 2-е изд. — СПб.: Лань, 2014. — 176с.
2. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. — 3-е изд. М.: Логос, 2014. — 304 с.
3. Ермолаева В.А., Лаврова Е.В. Расчетные характеристики кислотного способа получения криолита, Естественные и технические науки, № 11 (125), 2018. — с. 458–461.
4. Николаева Д.М. Ермолаева В.А. Математическое моделирование ректификации многокомпонентной смеси, Международный журнал гуманитарных и естественных наук, № 2, том 2, 2019. — с. 35–39.

© Ермолаева Вера Анатольевна (ErmolaevaVA2013@mail.ru), Киреева Екатерина Дмитриевна (kireeva.ekaterina.08@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

METHODS FOR ANALYZING THE QUALITY OF WIRELESS NETWORKS

N. Zigangirov

Summary. The problem of growing user needs in the quality and capabilities of a wireless network is considered. Quality is the main parameter that users pay attention to, therefore network operators need to constantly analyze the quality of their services. To do this, you need to understand which parameters are responsible for quality. This article proposes to consider 3 levels of wireless network quality: the quality of perception, service and functioning.

Keywords: wireless network, internet of things, analysis, quality, quality of perception, quality of service, quality of functioning.

Зигангиров Нафис Ильгизович

Аспирант, Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева–КАИ
nafis — zigangirov@mail.ru

Аннотация. Рассматривается проблема роста потребностей пользователей в качестве и возможностях беспроводной сети. Качество является главным параметром на которое обращают внимание пользователи, поэтому операторам сетей необходимо постоянно анализировать качество своих услуг. Для этого необходимо понимать, какие параметры отвечают за качество. В данной статье предлагается рассмотреть 3 уровня качества беспроводной сети: качества восприятия, обслуживания и функционирования.

Ключевые слова: беспроводная сеть, интернет вещей, анализ, качество, качество восприятия, качество обслуживания, качество функционирования.

Введение

Увеличение потребностей пользователей происходит с каждым годом, как и количество устройств, при помощи которых пользователи подключаются к сети. Как прогнозируют эксперты, в последние годы, ежегодно мобильный трафик растет на 50%, такая тенденция сохранится и на 2022 год. Приводит к этому активное распространение телекоммуникационных беспроводных сетей связи на базе технологии LTE, а также увеличивающееся число интеллектуальных устройств, который подключаются к сети без участия человека и не требующие его постоянного внимания, такие как элементы умного дома, носимые устройства (смарт-часы), прочие сенсоры и датчики. Ещё одной причиной растущего трафика является возросшее требование к высокоскоростным услугам (видео и аудио стриминг).

Согласно прогнозам компании Cisco Systems, в ближайшем будущем объем трафика, передаваемого в мобильных сетях, будет составлять около 79 экзабайт в месяц [1]. С учетом того, что требования к качеству предоставляемых услуг тоже растут, можно сделать вывод, что текущие распространенные в технологии сетей четвертого поколения в ближайшее время не справятся с увеличивающимися нагрузками.

В России, к 2023 году, пользоваться интернетом будут 78% населения (113,3 млн. чел.). На одного человека

будет приходиться 6,1 подключенных к сети устройств. 58% (523,8 млн) всех подключенных устройств в России будет приходиться на межмашинные (Machine-to-machine, M2M) соединения, поддерживающие широкий спектр приложений интернета вещей.

Вместе с ростом нагрузки мультимедийного трафика беспроводные сотовые сети должны постоянно развиваться, обеспечивая более высокие скорости передачи данных, меньшие задержки передачи и лучшее качество обслуживания для конечных пользователей. Однако требования пользователей растут даже быстрее, чем возможности сети.

Эксперты прогнозируют, что все виды устройств интернета вещей будут использовать широкий спектр, уже привычных, беспроводных технологий — микроволновые телекоммуникационные стандарты. К таким стандартам можно отнести LTE, IEEE, 3GPP. Помимо этих технологий, также будут использоваться новые системы на основе миллиметровых волн или как их ещё называют, сети связи 5G.

При разработке типовых решений, следует учитывать, что разные сегменты интернета вещей развиты по-разному. Если сегмент потребительского интернета вещей уже долгое время популярен на рынке (так как в большинстве случаев этот сегмент касается автоматизации быта человека) и за это время прошел большой путь развития, то сегмент индустриального интернета

вещей только начинает свой путь в различные сферы бизнеса и его автоматизации [2].

Устройства, подключенные к сети очень чувствительны к показателям надежности, задержкам в передаче данных беспроводных соединений. Это связано с тем, что традиционные средства связи не были заточены под новейшие промышленные приложения интернета вещей, так как главное применение было в удовлетворении требований пользователей [3]. Для того, чтобы избежать возможные трудности, необходимо повышать качество беспроводной сети под использование промышленных приложений интернета вещей.

Анализ качества беспроводных сетей

Международный союз электросвязи «ITU» (англ. International Telecommunication Union) опубликовала документ, в котором, в рекомендательном порядке описаны требования к предоставляемым телекоммуникационным услугам [4]. Изучив документ, можно выделить три уровня анализа и оценки качества беспроводных сетей.

Первый уровень оценки качества, уровень простого пользователя, является самым простым. Он основан на мнении человека. Например то, как человек воспринимает определённую информацию. Вторым уровнем является уровень услуг. На этом уровне оценивается качество предоставляемых услуг. Такими качественными показателями являются, например, скорость передачи данных в сети. Третий уровень — транспортный. Этот уровень отвечает за анализ производительности беспроводной сети. Для этого анализируются задержки потери данных, задержки и другие показатели производительности [5].

Отсюда можно понять, что каждый уровень отвечает за свои критерии оценки качества беспроводной сети: качество восприятия (Quality of Experience, QoE), качество обслуживания (Quality of Service, QoS) и качество функционирования сети (Network Performance, NP).

Качество восприятия

Качество восприятия QoE — «качество пользовательского опыта» или степень удовлетворенности пользователя. Этот показатель определяет степень удовлетворенности конечного пользователя услугами, предоставляемыми провайдером связи [6]. Качество восприятия зависит от двух типов факторов: субъективных и объективных. Субъективные факторы основываются на опыте пользователя при работе с другими операторами связи. Этот опыт позволяет конечному пользователю сравнивать предоставляемые услуги и оценивать их

в плане цены, технической поддержки и других факторов. Объективные факторы QoE определяются через качество обслуживания (QoS), которое будет рассмотрено позже.

Несмотря на то, что часть факторов качества восприятия QoE субъективны, их всё же можно измерить. Метод измерения зависит от типа услуги (аудио, видео и др). Ниже рассмотрим некоторые из них.

Речь и аудио. Предложенная ITU E-модель предсказывает пользовательский опыт во время разговора по VoIP-связи. Для этого используются параметры сети и характеристики оборудования. Эти данные подставляются в специальную формулу (1), для которой, путем субъективных экспериментов, подобраны необходимые коэффициенты:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A. \quad (1)$$

Здесь, R_0 определяет соотношение сигнал/шум, I_s — определяет уровень громкости речи и присутствие посторонних звуков, I_d — определяет уровень искажений, которые возникают из-за задержек сигнала, I_e — определяет влияние используемых кодеков с низкой битовой скоростью, A — показывает уровень допустимых искажений, на которые пользователь готов согласится, в замен на что-то (например мобильность при беспроводном подключении). В документации ITU более подробно расписаны точные значения для каждого параметра. Полученное значение R используется в Mean Opinion Score (MOS), для получения среднего значения качества восприятия пользователей.

Видео. При просмотре видеоматериала, на качество восприятия влияют множество факторов. Такими факторами являются: яркость, контрастность, цветопередача, наличие артефактов. Качество восприятия могут определить путем серии субъективных тестов, либо же используя специализированное программное обеспечение. В первом случае, пользователи смотрят видеоматериалы и выставляют оценку просмотренному и итоговый результат получает по средней оценке. Во втором случае, ПО находит на видеоматериале различные искажения, артефакты и иные дефекты, тем самым исключая человеческий фактор.

В конечном счете, на результат качества восприятия может повлиять работа всех элементов сети. Это может быть как оборудование самого клиента и иная техника с его стороны, так и его субъективные ожидания от получаемых услуг. Различные дефекты клиента, такие как проблемы со зрением или слухом также могут повлиять на это. Поэтому, оценка качества восприятия зависит только от того, как конечный пользователь воспринимает получаемые услуги.

Качество обслуживания

Качество обслуживания QoS является совокупностью показателей качества услуг в сетях. QoS технология указания приоритета обслуживания для разных типов трафика. Показатели QoS определяют характеристики определенных приложений интернета вещей, но для каждого приложения могут быть свои, совершенно разные требования [7].

Качество обслуживания сети определяются следующими параметрами:

- ◆ Потери. Данный параметр указывает, какое число отправленных пакетов данных дошло до получателя. Причины потери пакетов могут быть как проблемы в кабеле, так и перегрузки сети, и другие. В случае потерь, приложение решает, как поступить: при телефонном разговоре потерянный пакет уже не нужен, поэтому он игнорируется, а при отправке данных, пакет запрашивается повторно, что гарантировать точность передачи данных.
- ◆ Задержка. Это время, за которое пакет данных добирается от источника, до получателя. Задержка складывается из времени, которое уходит на разложение пакета по битам, передачи сигнала из точки А в точку Б, возможное ожидание пакета в очереди и время обработки полученного пакета. Задержка не критична при передаче файлов, но не допустима для телефонных разговоров, иначе качество разговора будет не самым лучшим.
- ◆ Дрожание. Это разница между доставкой последовательных пакетов. К примеру, если один из пакетов данных придет с задержкой относительно остальных, то такая задержка и называется дрожанием. Это не так страшно, как потеря данных, но для некоторых услуг, дрожание равнозначно потере пакета данных, например при телефонном разговоре: запоздалый пакет уже не актуален во время разговора, поэтому он игнорируется.

Для реализации QoS существует три модели:

- ◆ Best-Effort — это модель по умолчанию. Она применяется для множества сетевых приложения, например передача файла. Приложение отправляет любое количество пакетов данных, не беспокоясь ни о чем. Дальше уже сама сеть пытается доставить все пакеты до получателя. Такая модель идеально подходит для тех услуг, которым не важны требования к потере пакетов и задержки.
- ◆ IntServ — модель, в которой приложение перед отправкой пакета данных уведомляет сеть о не-

обходимых параметрах трафика для передачи. Получив требования, сеть резервирует необходимые ресурсы для приложения. Получив подтверждение о резервировании ресурсов от сети, приложение начинает отправку пакетов данных в рамках выделенных ресурсов.

- ◆ DiffServ — наиболее часто используемая модель QoS. Она разделяет пакеты данных на классы и для каждого класса выполняет свои действия. В сети, пакеты обрабатываются на основе приоритетов. В отличие от IntServ, в DiffServ требования QoS определены не заранее приложением, а указаны в самих пакетах. Откуда уже сеть может узнать эти требования для каждого класса. Пакеты одного класса объединяются в блоки и передаются вместе [8].

Основная задача QoS — гарантировать передачу пакетов данных. Её можно использовать во всех сферах деятельности человека: дом, работа, места развлечения. Технология QoS позволяет пользователям избежать проблемы при аудио/видео-разговорах, скачивании файлов и других действиях в сети [9].

Качество функционирования

Качество функционирования сети NP определяется параметрами, которые определяют операторы связи и используют при построении сети и его обслуживании [10]. Ниже рассмотрим характеристики, которые определяют NP:

- ◆ Пропускная способности сети (эффективность обслуживания трафика сети) — это свойство, определяющее возможности сети обслуживать поступающий трафик с заданным качеством обслуживания и определенном техническом состоянии оборудования сети.
- ◆ Качество передачи — уровень воспроизведения полученных данных у получателя.
- ◆ Надежность — свойство, отражающее возможность сети выполнять свои функции в реальных сценариях использования.
- ◆ Готовностью сети — способность сети обрабатывать трафик в произвольный момент времени.
- ◆ Ремонтопригодностью — свойство сети, которое отражает возможность предупредить и обнаружить причину отказа сети и восстановление её работоспособности при техническом ремонте

Заключение

Требования к качеству предоставляемых услуг телекоммуникации растут также стремительно, как и количество устройств, которые пользуются этими услугами.

Уже сейчас становится понятно, что в скором времени, текущие технологии не справятся с растущими требованиями. Провайдерам связи, для удовлетворения потребностей клиентов, необходимо постоянно держать руку на пульсе и следить, чтобы качество предоставля-

емых услуг не только не падало, но и росло вверх. Иначе, такими темпами, растущая нагрузка на сеть быстро отразится на её качестве. Если поддерживать в норме все те параметры, которые были описаны выше, то эта задача не будет такой уж сложной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cisco, 2017. The Zettabyte Era: Trends and analysis. White Paper. URL: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index/vni-hyperconnectivity-wp.html> (Дата обращения: 13.11.2021)
2. Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Кучерявый Е.А. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета. — М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. — 296 с.
3. Наумов В.А., Самуйлов А.К. Модель выделения ресурсов беспроводной сети объемами случайной величины // Вестник РУДН. Серия: Математика, информатика, физика. — 2015. — № 2. С. 38–45.
4. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // М.: Изд-во «Эко-Трендз». — 2010. — 392 с.
5. Степанов С.Н., Степанов М.С. Планирование ресурса передачи при совместном обслуживании мультисервисного трафика реального времени и эластичного трафика данных // Автоматика и Телемеханика. — 2017. — № 11.
6. Orsino A., Ometov A., Fodor G., Moltchanov D., Militano L., Andreev S., Yilmaz O., Tirronen T., Torsner J., Araniti G., Iera A., Dohler M., Koucheryavy Y. Effects of Heterogeneous Mobility on D2D- and Drone-Assisted Mission-Critical MTC in 5G. IEEE Communications Magazine 55(2). — 2017. Pp. 79–87.
7. Бегишев В.О., Молчанов Д.А., Самуйлов А.К. Анализ сотовой технологии интернета вещей NarrowBand IoT // М.: РУДН. — 2017, — С. 98–100.
8. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е., Сети связи пост-NGN // СПб: БХВ-Петербург. — 2013. — С. 160.
9. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. Учебник для вузов. — М.: Радио и связь. — 1996. — С. 272.
10. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // М.: Изд-во «Эко-Трендз». — 2010. — С. 392.

© Зигангиров Нафис Ильгизович (nafis — zigangirov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ

DECISION SUPPORT SYSTEMS: APPLICATION EXPERIENCE, OPTIMIZATION PROBLEMS

**M. Ivaev
O. Lapueva
D. Novikova**

Summary. The article examines the role and importance of decision support systems in the context of an ever-increasing volume of information received, a significant complication of tasks, the need to take into account various economic and social factors, an unstable environment, and a high level of information technology development.

Keywords: management decisions, management decision-making, information technology, decision support systems, expert systems, automated expert assessment systems.

Иваев Марат Исхакович

Старший преподаватель, Поволжский
Государственный Университет Телекоммуникаций
и Информатики (Самара)
ivaevmarat@yandex.ru

Лапаева Ольга Сергеевна

Соискатель, Поволжский Государственный
Университет Телекоммуникаций и Информатики
(Самара)
lapaevaolchik@yandex.ru

Новикова Дарья Дмитриевна

Соискатель, Поволжский Государственный
Университет Телекоммуникаций и Информатики
(Самара)
daryann00@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается роль и значение систем поддержки принятия решений в условиях постоянно возрастающего объема получаемой информации, значительного усложнения задач, необходимости учета различных экономических и социальных факторов, нестабильной среды, высокого уровня развития информационных технологий.

Ключевые слова: управленческие решения, принятие управленческих решений, информационные технологии, системы поддержки принятия решений, экспертные системы, автоматизированные системы экспертного оценивания.

Важность проблемы информационного обеспечения процесса разработки, принятия и реализации управленческих решений в социально-экономических системах обусловлена тем, что умение менеджмента разработать и реализовать качественные управленческие решения, сохранив их адекватность проблеме при динамично меняющемся множестве факторов среды и, в конечном итоге, эффективно обеспечивающие цели организации, становится основным условием конкурентоспособности в современной рыночной среде. Главенствующая роль информации в процессе управления — один из важных ее аспектов.

В теории управления под информацией представляются сведения об объекте управления, его параметрах, свойствах и состоянии на определенный момент времени, используемые для принятия управленческого решения [15, С. 76]. Управленческое решение можно рассматривать в двух аспектах: как результат выбора наиболее эффективного события из многих для достижения конкретной цели. С другой стороны — это логи-

ческий процесс, позволяющий в определенный период времени выявить все варианты решения проблемной ситуации [11, С. 398].

В результате появившихся новых требований возникает иной подход в создании систем поддержки принятия решений (СППР), ориентированный на индуктивное обобщение и вывод. При этом некоторые управленческие решения могут не укладываться в общие схемы. Так, к примеру, применительно к Самарской области отмечается, что стратегические решения руководителей сектора сельскохозяйственной продукции во многом зависят не от срока возврата заемных средств, а, в основном, от сезонности. Крупные сельхозпредприятия не стремятся преждевременно уменьшать дебиторскую задолженность, чтобы мотивировать своих потребителей готовой продукцией на конец сезона сбора урожая [13, С. 34].

Развитие цифровых технологий становится ключевым фактором достижения целей устойчивого развития

для каждой страны, сектора и региона, в том числе и для современной России, что особенно актуально в той информационной блокаде, которой пытаются окружить США и страны Западной Европы. В современных условиях промышленно развитые страны стремятся внести социально-экономическую нестабильность в российскую экономику. Особого внимания требует контроль за формированием, развитием и эффективным использованием оборотных средств [10, С. 243]. Поэтому очевидно, что в России создаются отечественные экономические и управленческие системы, позволяющие не зависеть от ресурсов других стран, как информационных, так и товарных.

На отечественных Интернет-площадках могут обсуждаться любые вопросы, в том числе и социальные, о чем говорит, например, прошедший в Государственной Думе 29 марта круглый стол лидеров мировых религий, посвященный теме «Мировые религии против идеологии нацизма и фашизма в XXI веке», выступления и доклады можно было наблюдать в эфире. Все участники выразили категорическое и единогласное неприятие нацизма. Влияет ли это заявление на социально-экономическую систему? Безусловно, потому что мнение религиозных лидеров отражает общее мнение значительной части населения России.

Нельзя не заметить, что Россия заметно улучшает свои позиции в некоторых международных цифровых рейтингах, продвигаясь по пути развития цифровой экономики и общества. Так, уже в 2017 г эксперты исследователи Школы Флетчера при Университете Тафтса в партнерстве с компанией Mastercard [6] разделили страны мира на несколько групп, поместив Россию в группу «прорывных» стран, для которых характерен и потенциал цифрового роста, и заметные темпы цифровизации. Очевидно, что это — результат инновационной интеграции, позволяющей отечественной промышленности предлагать на мировой рынок новые продукты и услуги путем выделения специализаций [8, С. 47], стратегического подхода к управлению организацией [12, С. 51].

Среди российских IT-специалистов давно ведется речь о создании отечественной операционной системы Phantom Operating System, получившей название «вечной» [7]. Логическая конструкция Phantom позволяет ей периодически поддерживать сохранение, волна сохранения «бежит» по памяти, выводя её содержимое на диск. Для такой процедуры могут быть реализованы быстрые алгоритмы, что позволяет отказаться от понятия «файл» как определенное содержание какой-либо информации.

Ведётся много разговоров о необходимости широкого внедрения нейронных сетей, которые помогают

обрабатывать информацию и дают возможность оперативного принятия решения. В частности, ученые Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева научили нейросеть распознавать и запоминать сценарии поведения людей на улице, связанные с резким ухудшением здоровья [5]. По сути, это «компьютерное зрение» может стать основным компонентом городских систем безопасности. На испытаниях система показала свою эффективность и необходимость. Процент успешного определения инцидентов превышал 95%.

Можно отметить повышенный интерес к вопросам создания целевых систем информационной поддержки в различных социальных сферах. Это является необходимостью для современного мира, который трудно представить без цифровых технологий. Однако при оцифровке отношений между бизнесом и государством возникают определенные трудности, и этот фактор является вовсе показателем санкций, а скорее — отсутствие эффективной корректировки действующего законодательства. И здесь необходимо какое-либо оперативное управленческое решение, например, система получения заявок от компаний на выделение субсидий или выдачу разрешений [9, С. 112]. Поэтому сейчас обсуждаются пути выхода из кризисных ситуаций, о чем, например, свидетельствует прошедшая 16 февраля 2022 г Международная научно-практическая конференция V «Национальная коммуникация в глобальном контексте». В г. Самаре в начале 2022 г в средствах массовой информации было представлено награждение участников Регионального уровня в проекте развития общественных связей «Серебряный Лучник — Самара». Самыми востребованными и привлекательными стали работы по темам «Корпоративные коммуникации» и «Маркетинговые коммуникации», «Продвижение технологий будущего». В Самарской области в связи с внедрением информационных технологий в агропромышленный комплекс ожидается развитие нескольких комплексных производственных проектов: Морзе «Умное сельскохозяйственное предприятие»; Морзе «Умная ферма»; Морзе «Умное поле»; Морзе «Умный парник»; Морзе «Умный сад» [14, С. 740].

Различные сферы общественной жизни (например, материальную и социальную) не поддаются жесткой взаимной зависимости, потому что материальные ресурсы и возможности различных слоев населения проявляются с разной направленностью и степенью интенсивности [14, С. 738], и это необходимо учитывать для разработки управленческих решений. Поэтому для постоянной связи руководителей регионов с населением необходимы специальные сервисы, позволяющие в круглосуточном режиме принимать и обрабатывать информацию. Именно по этой причине в регионах России особое внимание

уделяется возможности доступа к информационным ресурсам для всех категорий населения. Самарская область, к примеру, по своему уровню телекоммуникационной инфраструктуры и использованию информационных технологий в принятии управленческих решений занимает одно из ведущих мест по России.

Можно также отметить, что в Самарской области в 2018 году был сформирован цифровой паспорт населенных пунктов региона с численностью населения от 100 до 1000 человек. В паспорте содержатся полные сведения об объектах социальной инфраструктуры (органы муниципальной власти, медицинские пункты, школы, подразделения силовых ведомств: Росгвардии, МЧС, МВД — указаны точное местоположение, контактные телефоны, адрес электронной почты).

Конечной целью цифровизации на региональном уровне является создание на территории Самарской области системы «Цифровой двойник региона», позволяющей сформировать комплексную электронную модель региона и принимать эффективные управленческие решения в социально-экономических сферах жизни региона.

В России созданы и успешно функционируют различные информационные технологии, позволяющие аккумулировать, обрабатывать информацию и оперативно

использовать ее в процесс принятия управленческих решений. Это касается всех сфер управления: политика, экономика, социальные направления. В частности, в Самарской области наблюдается увеличение пропускной способности сетей в отдаленных районах, создание необходимых условий для расширения спектра использования элементов электронной коммерции, упрощение совершения финансовых операций через мобильные устройства, внедрение системы поддержки принятия решений в сферах государственного и муниципального управления, хранение и обработка информации о социальных категориях граждан с целью предоставления государственных социальных услуг. Одним из следствий этого становится начало цифровизации деятельности сектора некоммерческих организаций, также занимающихся предоставлением социальных услуг. Еще одна тенденция развития — облегчение взаимодействия бизнеса и власти как в плане упрощения управления государством деятельности бизнеса, так и в плане дальнейшего развития механизмов упрощения процедур согласований.

Вполне вероятно, что возникновение единых цифровых платформ вокруг крупных производств, а также внедрение органами государственной власти единых цифровых стандартов сделают возможным создание к 2030 году комплексных систем управления городскими хозяйствами с учетом всех процессов, протекающих в отдельных муниципалитетах региона.

ЛИТЕРАТУРА

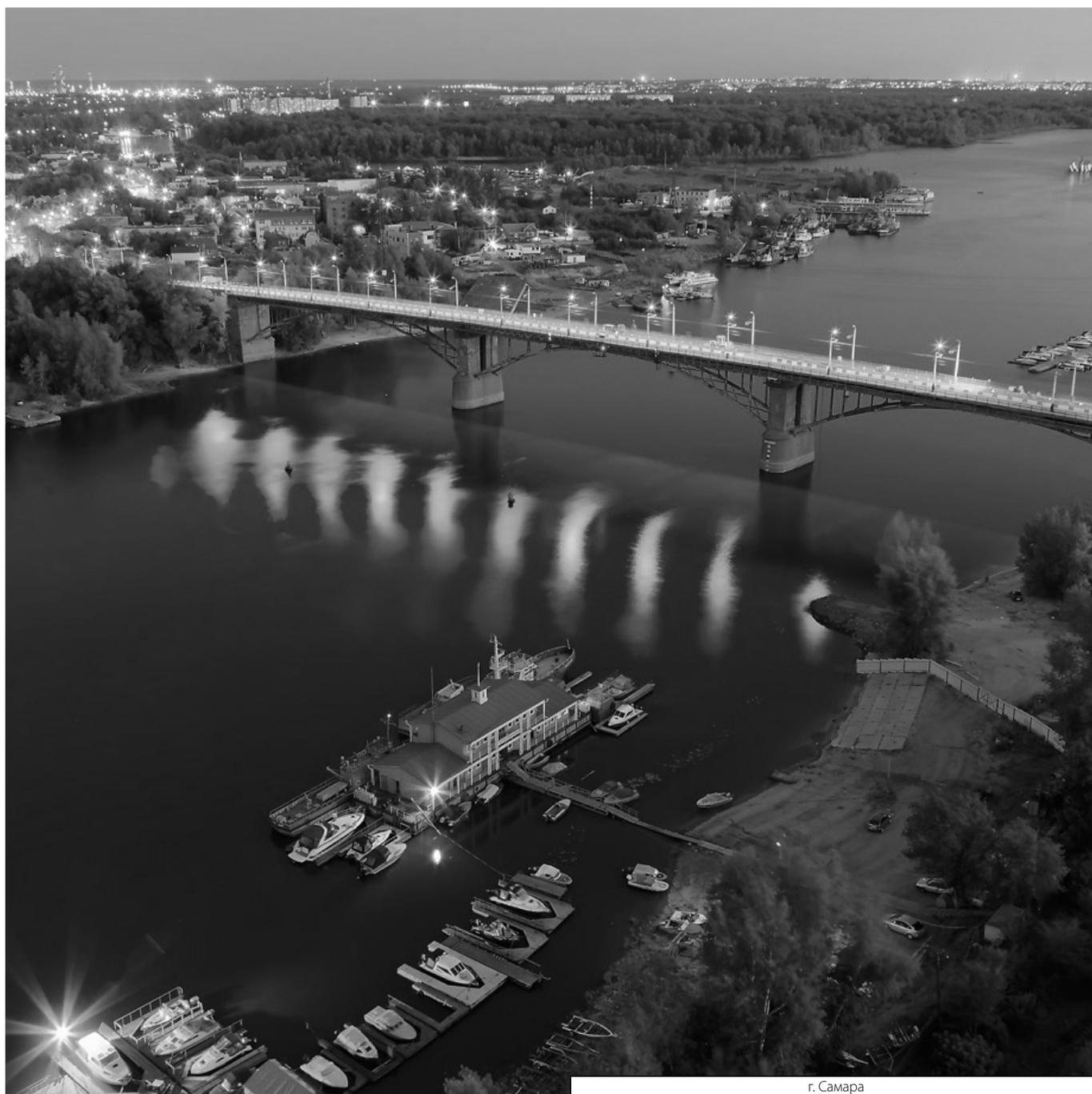
1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». // Гарант. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12187826/> (дата обращения: 02.04.2022).
2. Постановление Правительства Самарской области № 441 «О Стратегии социально-экономического развития Самарской области на период до 2030 года» от 12 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/450278243> (Дата обращения: 02.04.2022).
3. Постановление Правительства Самарской области № 759 «Об утверждении Стратегии развития отрасли информационных технологий в Самарской области на период до 2020 года и на перспективу до 2025 года» от 23 ноября 2015 г. [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/434600358> (Дата обращения: 04.03.2022).
4. Бабенешева А.Н. Использование систем поддержки принятия решений при компьютерном моделировании экономического развития региона / А.Н. Бабенешева. // Молодой ученый. — 2016. — № 13 (117). — С. 299–303. — URL: <https://moluch.ru/archive/117/32067/> (дата обращения: 11.03.2022).
5. В Самаре нейросеть обучили спасению людей. — URL: <https://rg.ru/2022/01/31/reg-pfo/v-samare-nejroset-obuchili-spaseniui-liudej.html> (дата обращения: 11.03.2022).
6. Джитэйл Планет 2017. How competitiveness and trust in digital economies vary across the world. — URL: <https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/> Дата обращения 09/04/2022.
7. Завалишин Д. Phantom Operating System — «вечная» операционка. — URL: <https://d-russia.ru/phantom-operating-system-vechnaja-operacionka.html/> (дата обращения: 11.03.2022).
8. Купряева М.Н. Некоторые особенности технического обеспечения сельскохозяйственных предприятий России в современных условиях хозяйствования / М.Н. Купряева // Сб. матер. I международной науч.-практ. конф., посвященной 100-летию Столыпинской реформы. — 2007. — С. 46–49.
9. Купряева М.Н. Инновационная направленность развития механизма предприятий в современных условиях хозяйствования / М.Н. Купряева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2011. — № 2. — С. 112–114.
10. Курлыков О.И. Проблема источников формирования оборотных активов в сельском хозяйстве / О.И. Курлыков // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования. — Кинель, 2005. — С. 242–244.
11. Купряева М.Н. Управление или менеджмент в процессе воспроизводства / М.Н. Купряева // Инновационное развитие аграрной науки и образования. — Махачкала, 2016. — С. 398–400.

12. Курлыков О.И. Кадровое планирование на предприятиях АПК / О.И. Курлыков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2010. — № 2. — С. 51–54.
13. Курлыков О.И. Построение оптимальной модели в решении технической проблемы как важный путь совершенствования управления основными средствами / О.И. Курлыков // Вестник СамГУПС. — № 3(37). — 2017. — С. 34–38.
14. Курлыков О.И. Совершенствование принятия управленческих решений на предприятиях АПК / О.И. Курлыков // Экономика и региональное управление. — 2017. — С. 739–741.
15. Советов Б.Я. Информационные технологии: учебник для СПО / Б.Я. Советов. — М.: Юрайт, 2021. — 261 с.

© Иваев Марат Исхакович (ivaevmarat@yandex.ru),

Лапаева Ольга Сергеевна (lapavaolchik@yandex.ru), Новикова Дарья Дмитриевна (daryann00@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Самара

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ: ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СЛОЙ

DIGITAL TWINS OF BUSINESS PROCESSES: SPATIO-TIME LAYER

**O. Kazakov
N. Azarenko**

Summary. This paper presents an approach to the formation of the basic structure of digital twins of business processes at the cyber-physical level, the level of extraction, the level of data preprocessing, the level of models and algorithms, the level of visualization and interfaces. In the context of the virtual representation of the digital twin of a business process in the form of a multilayer structure, special attention is paid to the space-time layer. This approach made it possible to monitor the actual execution of a business process instance in geographical and temporal dimensions. The results of this study will make it possible to manage the business processes of socio-economic systems based on reliable factual data obtained in real time on all aspects of their execution, including taking into account spatio-temporal detail.

Keywords: digital twins, business processes, process modeling, space-time layer.

Казаков Олег Дмитриевич

К.э.н., ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»
it.kazakov@yandex.ru

Азаренко Наталья Юрьевна

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

Аннотация. В данной работе представлен подход к формированию базовой структуры цифровых двойников бизнес-процессов на киберфизическом уровне, уровне извлечения, уровне препроцессинга данных, уровне моделей и алгоритмов, уровне визуализации и интерфейсов. В контексте виртуального представления цифрового двойника бизнес-процесса в виде многослойной структуры особое внимание уделяется пространственно-временному слою. Данный подход позволил проводить мониторинг фактического исполнения экземпляра бизнес-процесса в географическом и временном измерениях. Результаты данного исследования позволят управлять бизнес-процессами социально-экономических систем на основе достоверных фактических данных, получаемых в режиме реального времени по всем аспектам их исполнения, в том числе с учетом пространственно-временной детализации.

Ключевые слова: цифровые двойники, бизнес-процессы, моделирование процессов, пространственно-временной слой.

Введение

Понятие «Цифровой двойник» впервые было рассмотрено Michael Grieves в 2003 году. Автор поверхностно описал цифрового двойника как трехмерный концептуальный класс, включающий физический объект, виртуальный его аналог и интерфейс между ними (Grieves, 2005).

В настоящее время категория цифрового двойника применима для различных объектов: цифровой двойник изделия, цифровой двойник предприятия, цифровой двойник города, цифровой двойник технологического процесса, цифровой двойник города.

Несмотря на усилившийся научный интерес к исследованиям, связанными с цифровыми двойниками в последние пять лет, и повышение публикационной активности, остается нерешенной важнейшая научная проблема применения цифровых двойников к бизнес-процессам. Вместе с тем актуальность подобных исследований, обусловлена продолжающейся цифро-

вой трансформацией предприятия, в том числе и подходов к управлению бизнес-процессами. Справедливости ради, надо отметить, что есть работы, в которых рассматриваются имитационные модели бизнес-процессов в качестве цифровых двойников (Zakoldaev et al., 2018). Однако, по нашему мнению, это некорректно, т.к.:

- ◆ Концепция цифрового двойника предусматривает наличие программно-аналитического интерфейса между физическим и цифровым объектом.
- ◆ Физический объект и его цифровая копия должны взаимодействовать в режиме реального времени.
- ◆ Обмен информацией между физическим объектом и его цифровой копией характеризуется большими данными, которые генерируются множеством датчиков.

Научными конкурентами также в этой области являются (Ayani, M. et al., 2018), которые выделяют геометрический, кинематический, логический и интерфейсный уровень в модели цифрового двойника промышленного оборудования.

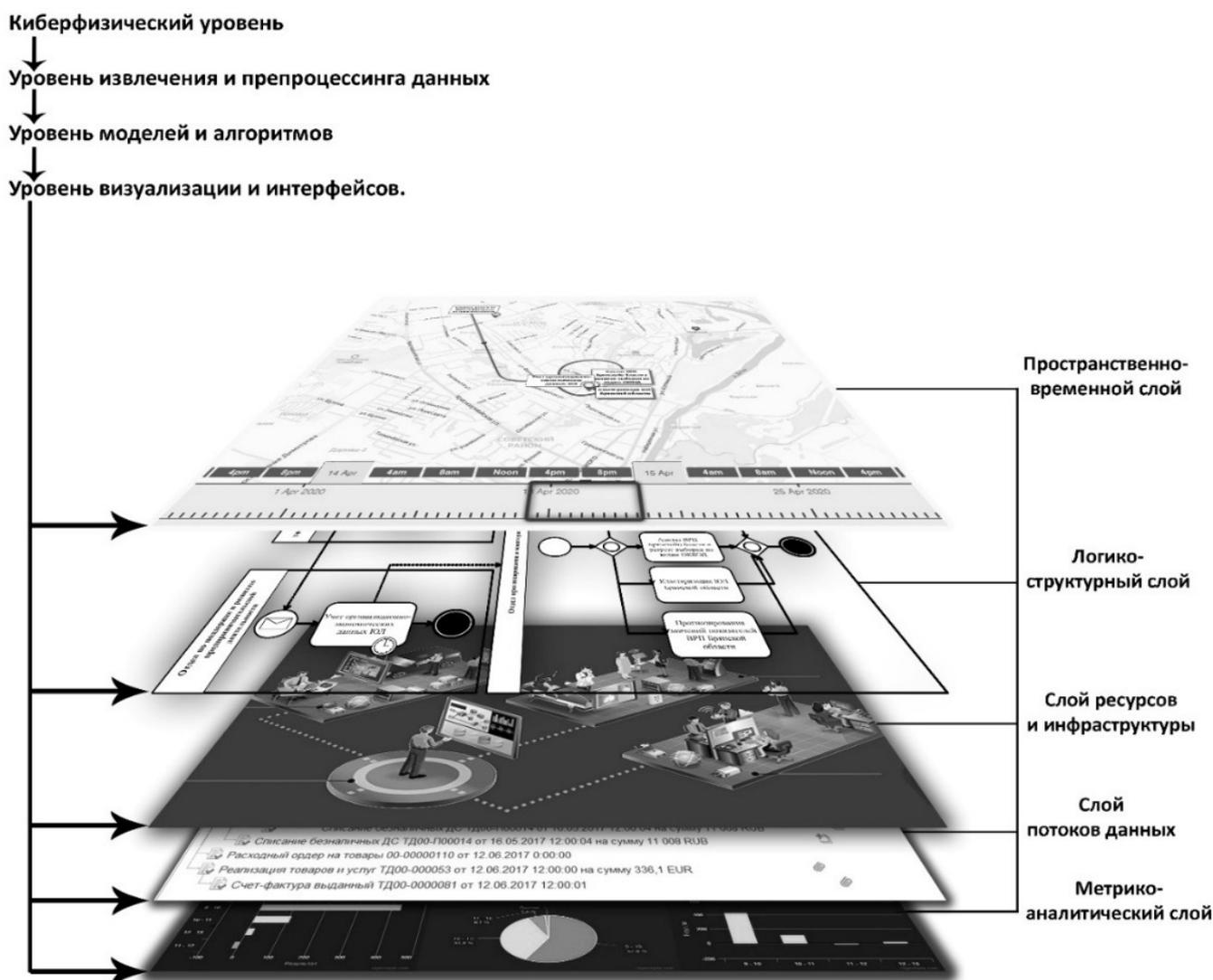


Рис. 1. Предлагаемое интерактивное виртуальное представление цифрового двойника бизнес-процесса

Цель научной статьи — представить подход к формированию базовой структуры цифровых двойников бизнес-процессов, особое внимание уделить пространственно-временному слою.

Методы и алгоритмы

В базовой структуре цифровых двойников бизнес-процессов предлагается выделить следующие уровни:

Киберфизический уровень. В контексте киберфизического уровня все программно-аппаратные компоненты, поддерживающие бизнес-процесс тесно переплетены со всеми элементами бизнес-процессов (Shahriar et

al., 2018). Такая система связей должна работать в разных пространственных и временных масштабах, а также поддерживать разные поведенческие модели, которые меняются в зависимости от условий (Tao, Qi, et al., 2019). Для реализации этого целесообразно применять датчики с интерфейсами по стандартам LoRaWAN или NB-IoT, а также соответствующим образом необходимо настроить подсистемы логирования учетных информационных систем предприятия (Yun et al., 2017).

Уровень извлечения и препроцессинга данных. В контексте этого уровня осуществляется извлечение данных из различных источников в одно хранилище данных, где они систематизируются и проходят процедуру препроцессинга. Результаты такой обработки необходимы для

уровня моделей и алгоритмов, а также для уровня визуализации и интерфейсов базовой структуры цифровых двойников.

На этом уровне необходимо выполнить следующие шаги:

- ◆ Извлечение нетипизированных данных из киберфизического уровня. На данном этапе выгружаются данные с подсистемы логирования учетных информационных систем предприятия, снимаются показания с системы датчиков и т.д.
- ◆ Первичная обработка данных. На этом этапе происходит систематизация, очистка и проверка данных.
- ◆ Загрузка данных. На этом этапе осуществляется загрузка данных в реляционную или нереляционную базу данных.

Уровень моделей и алгоритмов. На этом уровне формируется система взаимосвязанных моделей поведения цифрового двойника бизнес-процесса. Разрабатываются или адаптируются алгоритмы управления виртуальными копиями на основе данных и знаний, полученных уже при их исследовании.

Уровень визуализации и интерфейсов. На этом уровне предлагается формировать многомасштабное виртуальное представление цифрового двойника бизнес-процесса (Рисунок 1). Этот уровень должен представлять собой интерактивную многофункциональную среду управления цифровыми двойниками на основе конкретных значений параметров тех или иных их элементов.

Виртуальное представление цифрового двойника бизнес-процесса, по нашему мнению, должно быть реализовано в виде многослойной структуры, включающей в базовом варианте следующие слои:

1. Пространственно-временной слой. Это часть виртуального представления бизнес-процесса отражает фактическое исполнение экземпляра бизнес-процесса в географическом (пространственном) и временном измерениях.
2. Логико-структурный слой. Этот слой содержит в себе высокоточную модель процесса в виде структуры со свойствами элементов и связями между ними. Слой в том числе отражает события, действия, переходы, объекты данных, входные и выходные данные, хранилища данных, потоки операций и сообщений, зоны ответственности и другие артефакты, связанные с реальным бизнес-процессом.
3. Слой ресурсов и инфраструктуры. Это виртуальное представление комплексной структуры, объединяющей все виды ресурсов, задействованных в рамках экземпляра бизнес-процесса.

4. Слой потоков данных. Это виртуальное представление потоков данных, результатов выполнения операций создания, операций изменения и выборки данных при исполнении экземпляра бизнес-процесса.
5. Метрико-аналитический слой. Это система дашбордов, отражающих все показатели исполнения процесса.

Для построения любого слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса необходимо получить соответствующие данные с каждого уровня его базовой структуры. Т.е. потоки данных и операций на уровнях базовой структуры могут разделяются по назначению слоя.

Для создания пространственно-временного слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса необходимо получить соответствующие данные об исполнении процесса в географическом (пространственном) и временном измерениях. Для формирования каркаса слоя требуется определить, какие действия в контексте бизнес-процесса выполнены на текущий момент времени, с какими географическими координатами можно ассоциировать эти действия, а также необходимо знать, когда и как долго эти действия выполнялись.

Эти данные можно получить из киберфизического уровня, уровня извлечения и препроцессинга данных базовой структуры экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса.

Для это необходимо настроить подсистемы логирования учетных информационных систем предприятия того или иного класса (ERP, CRM, SCM, WMS и т.п.). Это позволит накапливать объективную информацию об элементах исполняемого экземпляра бизнес-процесса в соответствующих журналах событий (подсистемах логирования). Эти журналы представляют собой файлы, в которых сохраняется информация о последовательности выполнения операций. Соответствующий программный интерфейс (API) позволяет получать доступ к журналу и просматривать существующие записи. Особенностью в рамках создания пространственно-временного слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса является необходимость включения в логи бизнес-процессов данных о географических координатах, привязанных к действию процесса.

Следующим шагом построения пространственно-временного слоя цифрового двойника бизнес-процесса является анализ данных о географических координатах, привязанных к действию процесса. Как уже было упомянуто выше, эти данные должны быть включены в журнал событий. В случае небольшой территориаль-

Таблица 1. Атрибуты для настройки журнала [11]

Атрибут
Данные и события
CALL
Входящий удаленный вызов
CONN
Установка или разрыв TCP-соединения между процессами системы «1С 8.3»
EDS
Все события внешних источников данных
DBMSSQL
Исполнение операторов SQL СУБД Microsoft SQL Server
PROC
Событие, относящееся к процессу целиком и влияющие на дальнейшую работоспособность процесса. Например: старт, завершение, аварийное завершение и т.п.
SCALL
Исходящий удаленный вызов
SDBL
Исполнение запросов к модели базы данных 1С: Предприятия 8.3
SESN
Действие, относящиеся к сеансу работы. Например: начало сеанса, окончание сеанса и т.д.
SRVC
События, связанные с запуском, остановкой и оповещениями сервисов кластера серверов
VRSREQUEST
Запрос к серверу за некоторым ресурсом
VRSRESPONSE
Ответ сервера
SYSTEM

Системные события механизмов платформы, предназначенные для анализа сотрудниками фирмы «1С»

ной зоны исполнения процесса, например, в рамках одного помещения, в логи бизнес-процесса необходимо включать данные от соответствующих датчиков перемещения сотрудников по территории предприятия. Процедуру мониторинга перемещения сотрудников в рамках ограниченного пространства (в цехах, офисных кабинетах), можно реализовать с помощью следующих технологий:

- ◆ UHF RFID;
- ◆ Wi-Fi (например, Ekahau);
- ◆ Bluetooth (например, iBeacon).

Для отображения на карте элементов экземпляра или всего класса бизнес-процесса используются соответствующие API картографических сервисов.

Данные по конкретному экземпляру бизнес-процесса на карте должны располагаться и во временном измерении. Для этого на карту встраивается Timeline, где в хронологическом порядке представлены события

и другие элементы процесса. Данные для Timeline также поступают из журнала событий.

Экспериментальные исследования

В данной работе исследуется бизнес-процесс учета в разрезе кодов ОКВЭД и анализа юридических лиц одного из субъектов Российской Федерации, а именно Брянской области.

На киберфизическом уровне экземпляра цифрового двойника данного бизнес-процесса основным компонентом является учетно-аналитическая система на российской платформе 1С: Предприятие 8.

В целях реализации Process mining на локальных дисках серверов приложений 1С подключен технологический журнал. Для восстановления процесса, выполняется анализ следующих атрибутов технологического журнала 1С (Таблица 1):

```

▶ from pm4py.algo.discovery.inductive import factory as inductive_miner
net, initial_marking, final_marking = inductive_miner.apply(log)
    
```

Рис. 2. Обнаружения процессов с помощью pm4py [12]

```

▶ from pm4py.objects.conversion.petri_to_bpmn import factory as bpmn_converter
bpmn_graph, elements_correspondence, inv_elements_correspondence,
el_corr_keys_map = bpmn_converter.apply(net, initial_marking, final_marking)
    
```

Рис. 3. Конвертация сети Петри в диаграмму BPMN [2]

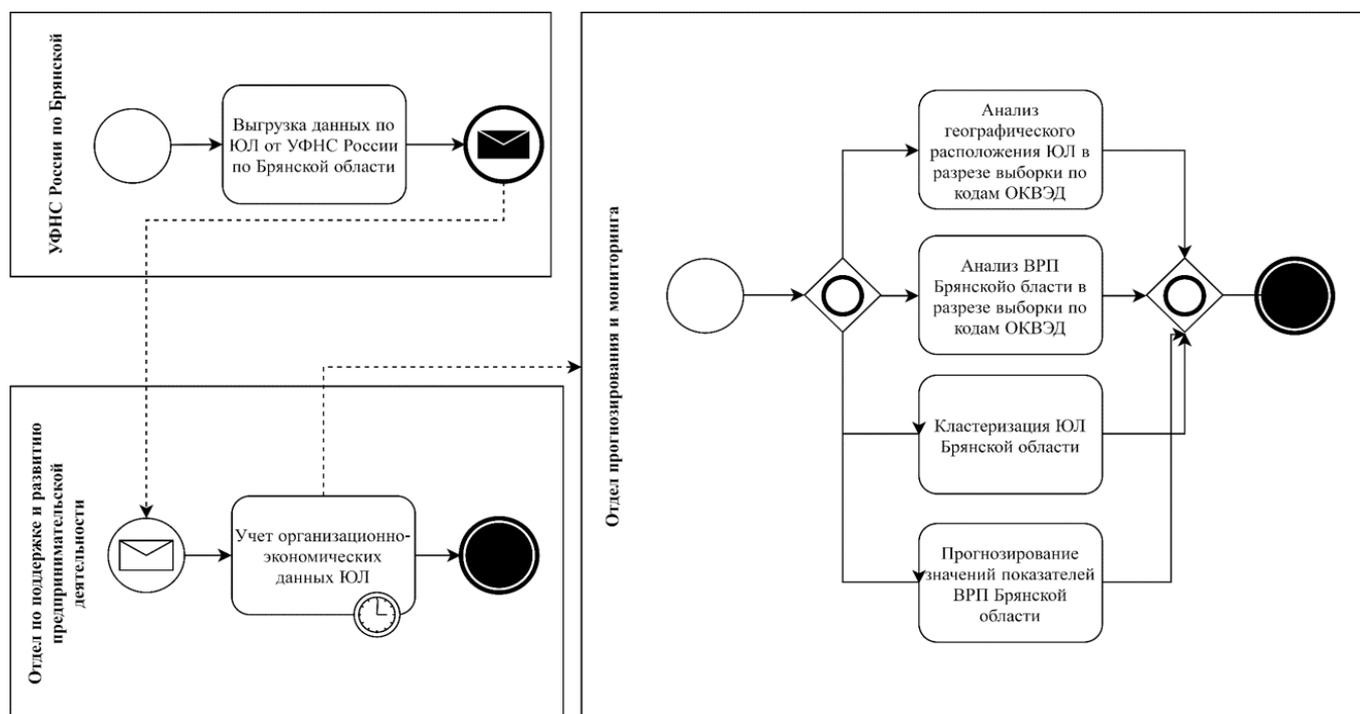


Рис. 4. Восстановленный в нотации BPMN класс бизнес-процесса учета и анализа юридических лиц Брянской области

Технологический журнал был сконvertирован в файл XES.

С помощью программной библиотеки pm4py был реализован алгоритм обнаружения процессов Inductive miner (Рисунок 2) (Berti, 2019):

Полученную сеть Петри также с помощью программной библиотеки pm4py сконvertировали в диаграмму BPMN (Рисунок 3) (Berti et al., 2019):

Таким образом, с помощью метода bpmn_converter был сформирован класс «bpmn_graph», который и является классом исследуемого бизнес-процесса учета и анализа юридических лиц Брянской области, представленного в нотации BPMN на рисунке 4:

В соответствии с сформированным классом процесса и на основе данных технологического журнала 1С была разработана функция возвращающая часть биз-

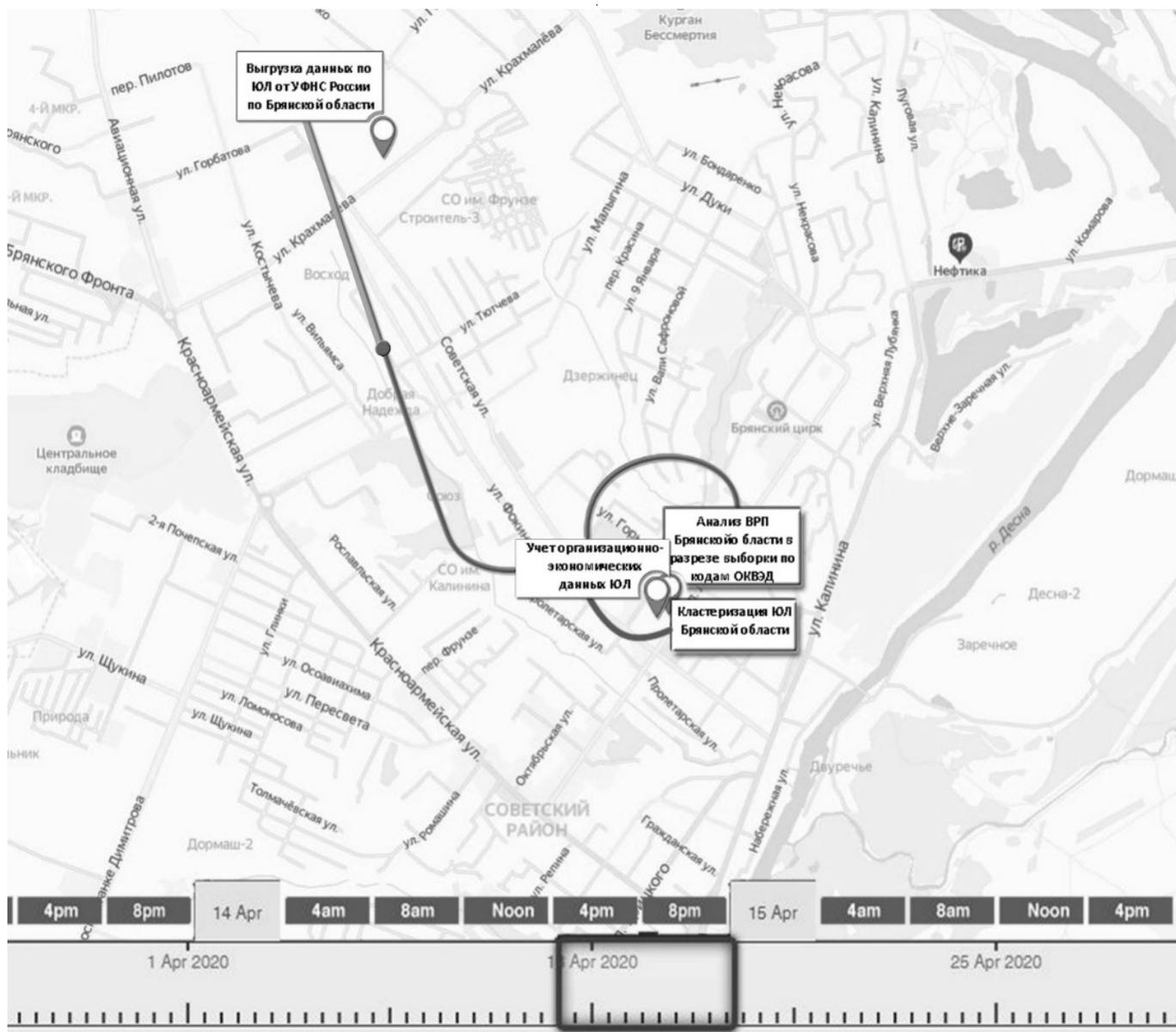


Рис. 5. Пространственно-временной слой экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса учета и анализа юридических лиц Брянской области под идентификатором 47

нес-процесса, исполненную до определенного времени. Это послужило основой для возможности отображения состояния экземпляра исследуемого бизнес-процесса на географической карте в хронологическом порядке. Для создания пространственно-временного слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса применялись API Яндекс.Карт, а именно JavaScript API и HTTP Геокодер.

Результаты

На рисунке 5 представлен, созданный в результате проделанных процедур, пространственно-временной

слой экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса учета и анализа юридических лиц Брянской области под идентификатором 47.

В рамках данного слоя отображены выполненные задачи экземпляра бизнес-процесса по данным технологического журнала. При этом зеленой обводкой выделены задачи и потоки управления, которые выполнены на момент времени, определенного на Timeline. В сером цвете представлены задачи, которые были выполнены после момента времени, определенного на Timeline. Так, на 16:00 (MSK) 14 апреля 2020 года была выполнена первая задача в пуле УФНС России по Брянской области.

По данному визуальному представлению сам экземпляр бизнес-процесса полностью соответствует своему классу, представленному на рисунке 4. Как видно, при прохождении неисключающего шлюза в пуле отдела прогнозирования и мониторинга токен процесса перешел к задаче «Кластеризация ЮЛ Брянской области» и к задаче «Анализ ВРП Брянской области в разрезе выборки по кодам ОКВЭД». Другие две задачи не были выполнены, но это не нарушает описание класса бизнес-процесса.

Надо заметить, что предлагаемый подход к формированию пространственно-временного слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса целесообразно применять при моделировании Choreography в нотации BPMN. Это обусловлено тем, что Choreography Diagram отражает взаимодействие между участниками бизнес-процесса, которые могут располагаться территориально удаленно друг от друга. Так в исследуемом процессе участник «УФНС России по Брянской области» располагается по координатам 53.2629, 34.3448, а участник «Отдел прогнозирования и мониторинга» по координатам 53.242942, 34.362581

Заключение

Результаты исследований вопросов разработки и использования цифровых двойников бизнес-процессов позволят управлять ими на основе достоверных фактических данных, получаемых в режиме реального времени по всем аспектам исполнения бизнес-процессов, в том числе с учетом пространственно-временной детализации.

В базовой структуре цифровых двойников бизнес-процессов мы выделили следующие уровни: киберфизический уровень; уровень извлечения и препроцессинга данных; уровень моделей и алгоритмов; уровень визуализации и интерфейсов. В рамках виртуального представления бизнес-процесса значимую роль играет пространственно-временной слой, который отражает

фактическое исполнение экземпляра бизнес-процесса в географическом (пространственном) и временном измерениях.

В данной работе исследуется бизнес-процесс учета и анализа юридических лиц одного из субъектов Российской Федерации, а именно Брянской области в разрезе кодов ОКВЭД. Экземпляр этого бизнес-процесса был восстановлен по данным технологического журнала учетно-аналитической системы с использованием алгоритма IMDFb и первоначально был представлен в виде сетей Петри. После его преобразования в модель BPMN был проведен анализ данных о географических координатах, привязанных к действиям процесса. На основании этого был сформирован пространственно-временной слой его виртуального представления. По данному визуальному представлению исследуемый экземпляр бизнес-процесса полностью соответствует своему классу.

Предлагаемый подход к формированию пространственно-временной слоя экземпляра цифрового двойника бизнес-процесса является развитием методологии управления бизнес-процессами социально-экономических систем и позволяет значительно повысить качество принимаемых управленческих на основе мониторинга исполнения текущих процессов. Дальнейшие авторские исследования в этой области направлены на разработку таксономии технологий сбора данных по состоянию элементов бизнес-процесса с целью построения / актуализации его цифровой копии, на исследовании в области разработки методики трансфера мастер-данных с киберфизического уровня цифровых на уровень «моделей и алгоритмов» на основе реализации ETL/ELT-конвейера для повышения эффективности сбора данных по состоянию элементов реального бизнес-процесса, а также дальнейшего усовершенствования алгоритма Correlation miner технологии Process mining, позволяющего определить идентификатор экземпляра бизнес-процесса из набора сырых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ayani, M., Ganebäck, M., & Ng, A.H.C. (2018). DigitalTwin: Applying emulation for machine reconditioning. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.139>
2. Berti, A. (2019). Process mining on event graphs: A framework to extensively support projects. *CEUR Workshop Proceedings*.
3. Grieves, M.W. (2003). PLM — Beyond lean manufacturing. In *Manufacturing Engineering* (Vol. 130, Issue 3).
4. Grieves, M.W. (2005). Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises. *International Journal of Product Development*. <https://doi.org/10.1504/ijpd.2005.006669>
5. Grieves, M.W. (2012). Virtually indistinguishable: Systems engineering and PLM. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 388 AICT, 226–242. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35758-9_20
6. Shahriar, M.R., Sunny, S.M.N. Al, Liu, X., Leu, M. C., Hu, L., & Nguyen, N.T. (2018). MTComm based virtualization and integration of physical machine operations with digital-twins in cyber-physical manufacturing cloud. *Proceedings — 5th IEEE International Conference on Cyber Security and Cloud Computing and 4th IEEE International Conference on Edge Computing and Scalable Cloud, CSCloud/EdgeCom 2018*. <https://doi.org/10.1109/CSCloud/EdgeCom.2018.00018>

7. Tao, F., Qi, Q., Wang, L., & Nee, A.Y.C. (2019). Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.01.014>
8. Tao, F., Zhang, M., & Nee, A.Y.C. (2019). Background and Concept of Digital Twin. In Digital Twin Driven Smart Manufacturing (pp. 3–28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817630-6.00001-1>
9. Yun, S., Park, J.H., & Kim, W.T. (2017). Data-centric middleware based digital twin platform for dependable cyber-physical systems. International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN. <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2017.7993933>
10. Zakoldaev, D.A., Gurjanov, A.V., Kochubey, D.R., & Zharinov, I.O. (2018). Application of imitation modelling means to create digital twins of the Industry 4.0 company technological equipment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/450/3/032006>
11. <https://programmist1s.ru>
12. <http://pm4py.pads.rwth-aachen.de>

© Казаков Олег Дмитриевич (it.kazakov@yandex.ru), Азаренко Наталья Юрьевна (salovanat@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Брянск

РАЗРАБОТКА ВЕБ АУДИО СЕРВИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PROGRESSIVE WEB APPS ТЕХНОЛОГИЙ И КЭШИРОВАНИЯ ДАННЫХ

DEVELOPMENT OF A WEB AUDIO SERVICE USING PROGRESSIVE WEB APPS TECHNOLOGIES AND DATA CACHING

**L. Karavashkin
S. Molodyakov**

Summary. We propose a new approach to developing web audio services based on the use of Progressive Web Apps (PWA) technologies and data caching. PWA allows a web application to be installed on a smartphone directly from the browser. A feature of our service is the use of caching. Thanks to caching, you can achieve efficient use of network resources, as well as work offline. The paper considers caching strategies, as well as their application in the developed web application.

Keywords: progressive web app, service worker, web audio service, cache, caching strategies, single page application.

Каравашкин Лев Александрович

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
karavashkin.la@edu.spbstu.ru

Молодяков Сергей Александрович

Д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
molodyakov_sa@spbstu.ru

Аннотация. Представлен новый подход разработки веб аудио сервисов, основанный на применении технологий Progressive Web Apps (PWA) и кэширования данных. PWA предоставляет возможность веб приложению быть установленным на смартфон прямо из браузера. Особенностью нашего сервиса является использование кэширования. Благодаря кэшированию можно добиться эффективного использования ресурсов сети, а также работать в режиме offline. Рассмотрены стратегии кэширования, а также их применение в разработанном веб приложении.

Ключевые слова: progressive web app, service worker, веб аудио сервис, кэш, стратегии кэширования, одностраничное веб приложение.

Введение

При разработке аудио сервиса решается вопрос, какого типа клиентское приложение разрабатывать. Можно разработать кроссплатформенное приложение или нативное приложение, зависящее от платформы. Выбор между нативным, кроссплатформенным и веб-приложениями может быть сложным [1]. Кроссплатформенный подход как правило требует меньше затрат, но обладает меньшей производительностью в сравнении с нативными. Объединить достоинства кроссплатформенного и нативного приложений позволяет применение технологий Progressive Web Apps (PWA). Разработка PWA — это новый подход, позволяющий объединить простоту разработки веб приложений и типичный для нативных приложений опыт пользовательского взаимодействия. Кроссплатформенность PWA обеспечивается за счет поддержки данной технологии популярными браузерами, например Chrome, Safari и Firefox [2]. Веб аудио сервис предполагает наличие клиентской и серверной частей. Технологии PWA применяются на клиентской части и не требуют дополнительных настроек на сервере.

Перерывы в связи и изменение скорости передачи данных влияют на качество аудио сервиса. Поэтому

при создании аудио сервиса необходимо использовать кэширование данных, которое позволяет уменьшить негативное влияние изменения параметров сети и обеспечить offline доступ.

Целью работы является разработка подхода создания веб аудио сервиса на базе PWA технологий и стратегий кэширования данных на стороне клиента.

Обзор технологий и инструментов

Известно множество веб аудио сервисов: Spotify, SoundCloud, Yandex Music, VK Music, Youtube Music [3–5]. Они позволяют прослушивать мелодии, составлять плейлисты и др. Во всех сервисах имеется возможность кэширования аудио. Кэширование позволяет прослушивать мелодии даже после отключения интернета, а также обеспечивает непрерывное прослушивание в условиях плохого качества сети. Однако возможность кэширования в представленных аудио сервисах не доступна в рамках веб аудио сервисов, а присутствует только в мобильных версиях. Отметим, что в Spotify и Youtube music применяется технология PWA [6, 7]. Но не использованы все возможности этой технологии. Их клиентские приложения можно добавить на рабочий стол из браузера, но нельзя использовать без доступа к интернету.

Мы предлагаем использовать следующий набор инструментов для разработки: PWA, инструмент для настройки `service worker` — `Workbox`, библиотека для разработки интерфейса — `React`, менеджер состояний приложения — `Redux`, база данных — `IndexedDB`.

Progressive Web App (PWA) — Прогрессивные веб-приложения — это тип программного обеспечения, поставляемого через интернет, созданный с использованием распространенных веб технологий, включая HTML, CSS, JavaScript [2, 8]. Функциональные возможности включают работу в автономном режиме, push уведомления и доступ к оборудованию устройства. Минимальные требования для PWA [9, 10]: использование протокола HTTPS, наличие `service worker` и манифеста веб-приложения [11].

Применение технологии PWA дает следующие возможности [12]:

1. Отзывчивость. Интерфейс приложения может быть настроен для использования на смартфонах, планшетах, ноутбуках и настольных компьютерах. Отзывчивость может достигаться за счет использования медиа-запросов.
2. Возможность быть независимым от подключения к интернету за счет работы `service worker`, который входит в состав PWA. `Service worker` позволяет приложению работать в автономном режиме.
3. Возможность реализовать обновление приложения, благодаря процессу обновления `Service Worker` [13].
4. Безопасность. `Service worker` требует использовать `https` соединение.
5. Возможность установки приложения как из браузера, так и из магазинов приложений, таких как `App Store` и `Play Market`.
6. `Native-like`. Приложение ведет себя как нативное с точки зрения взаимодействия пользователя с интерфейсом и навигации.

`Service Worker` — ядро технологии PWA, выполняющее роль проксирующего слоя между веб приложением и браузером. Все запросы браузера идут через него. Он позволяет настроить поведение веб-приложения в режиме `offline`, перехватывая и обрабатывая сетевые запросы. Ему также доступны `push`-уведомления и API для фоновой синхронизации [14]. `Service Worker` представляет из себя JavaScript файл, подключаемый к html странице. Он не имеет доступа к `Document Object Model (DOM)` веб страницы, работает в отдельном потоке JavaScript, и, следовательно, не блокирует основной поток приложения.

Необходимо использовать кэширование ресурсов, т.е. хранение ресурсов на клиентском устройстве, чтобы

уменьшить время отклика на запросы на загрузку аудио, плейлистов и изображений. Однако большинство ресурсов отличаются друг от друга и для каждого ресурса нужно настраивать кэш отдельно. Самый простой способ настройки предоставляется библиотекой `Workbox`. `Workbox Strategies` — инструмент, позволяющий настроить поведение при взаимодействии с кэшем для различных сетевых ресурсов [15].

Для определения к какому ресурсу будет применена стратегия кэширования используется инструмент `workbox cacheable response`. Этим инструментом можно настроить сетевые запросы для кэширования.

Чтобы определить ограничения для кэша используется `CacheExpiration`. Можно настроить следующие параметры:

1. `maxEntries` — максимальное количество записей в кэше. Если предел по записям достигнут, то при следующем добавлении в кэш будет заменена запись, к которой реже всего обращались.
2. `maxAgeSeconds` — максимальное время жизни записи в кэше в секундах.

Для разработки использовалась популярная комбинация для одностраничных веб приложений — `React` [16] и `Redux` [17].

`React` — библиотека для разработки интерфейса веб приложений. `React` позволяет уменьшить время рендеринга страниц приложения за счет использования `Virtual DOM` и оптимизаций рендеринга.

`Redux` — это библиотека для мониторинга состояния веб-приложения, реализующая архитектуру `Flux` [18]. `Flux` — это архитектурный шаблон, предложенный Facebook для создания SPA. Предлагается разделить приложение на следующие части: хранилище, диспетчер, представление, действия. Данные в `Flux`-приложении текут в одном направлении: представления запускают действия, которые передаются через диспетчера, отвечающего за обновление хранилищ, данные которых привязаны к представлениям. Однонаправленный поток данных помогает избежать рассинхронизации между состоянием приложения и интерфейсом. `Redux` позволяет нам хранить только один объект состояния приложения в локальной базе данных и сокращает время разработки программного обеспечения. Также рассматривалась библиотека `MobX`, но при ее использовании состояние приложения может быть разделено на части, что может усложнить дальнейшее кэширование состояния. Мы предлагаем использовать `IndexedDB` в качестве локальной базы данных [19–20]. `IndexedDB` — API для работы с клиентским хранилищем больших объемов структурированных данных. `IndexedDB` подходит для хранения `redux store`.

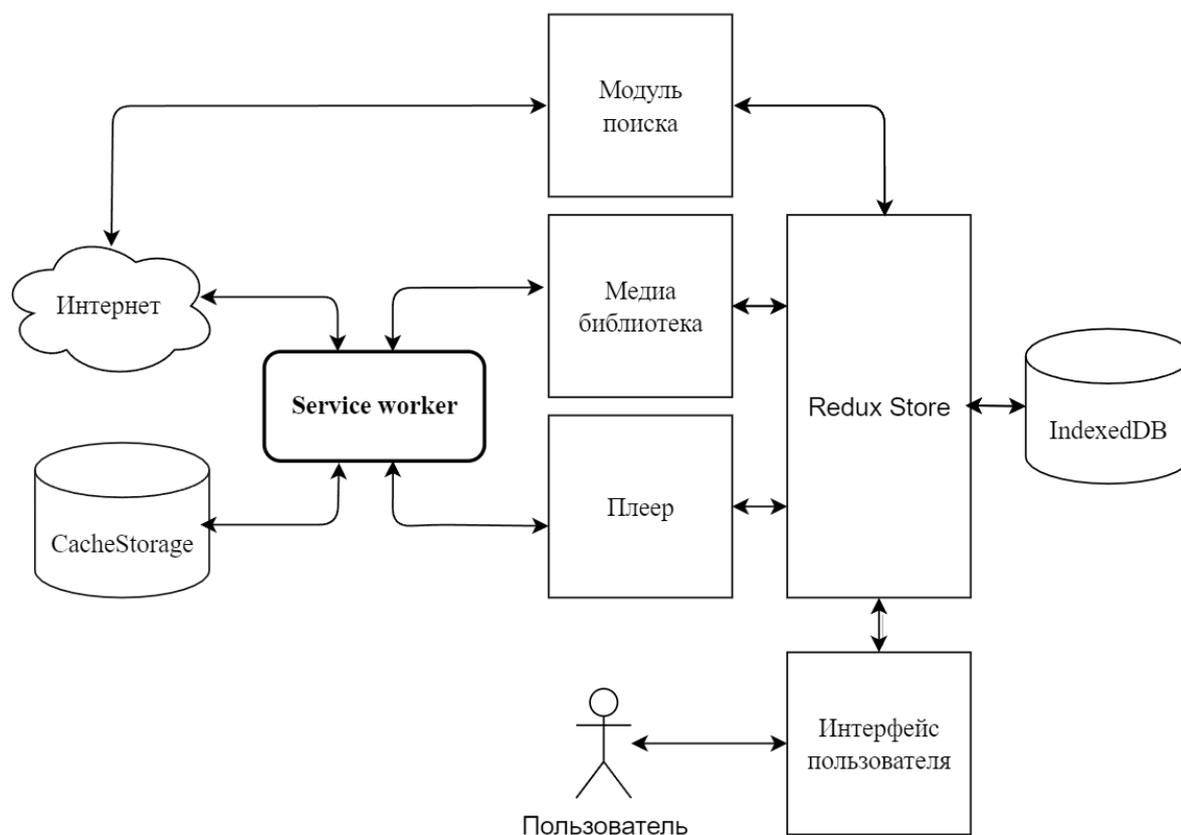


Рис. 1. Архитектура веб аудио сервиса

Аудио сервис с кэшированием данных

Структурная схема разработанного аудио сервиса представлена на рис. 1. Пользователь работает с приложением через пользовательский интерфейс. Состояние интерфейса зависит от состояния Redux Store, который обеспечивает единое место хранения состояния приложения. Состояние приложения включает в себя все плейлисты пользователя и состояние плеера: текущий плейлист, текущая аудиозапись, текущее время проигрывания, режим проигрывания, громкость.

Для сохранения состояния Redux Store между сеансами использования приложения используется модуль локальной базы данных IndexedDB. В процессе использования приложения состояние периодически сохраняется в базе данных, а при запуске приложения состояние восстанавливается из базы данных.

Модуль поиска отвечает за поиск аудио и плейлистов. Модуль “медиа библиотека” отвечает за логику работы с пользовательскими плейлистами. Этот модуль связан с модулем Service Worker, который обеспечивает механизм кэширования сетевых запросов. Модуль “Пле-

ер” отвечает за воспроизведение аудио и параметры воспроизведения. Этот модуль также связан с модулем “Service Worker” для обеспечения кэширования аудио. При использовании приложения с нескольких устройств рекомендуется на стороне сервера реализовать синхронизацию локальных баз данных с серверной.

Особенностью предлагаемого подхода является использование различных стратегий кэширования. Традиционно кэш позволяет сократить время доступа к хранилищам данных за счет их буферного хранения [21, 22]. Использование кэша в Интернете также снижает нагрузку на сервер за счет уменьшения количества запросов к ресурсам, которые уже были добавлены в кэш. При работе с веб-приложениями имеются особенности кэширования. Одной из особенностей является разнообразие используемых данных. Данные могут быть в виде текста, изображений, видео, аудио и т.д. Другой особенностью может быть наличие прокси-кэширования. Кэш прокси может располагаться как на стороне веб-сервера, так и на стороне браузера [23, 24]. Кэширование прокси позволяет серверу или браузеру выступать в роли посредника между пользователем и поставщиком веб-контента. Когда пользователь заходит на веб-сайт, прокси-серверы интерпретируют и отвечают на за-

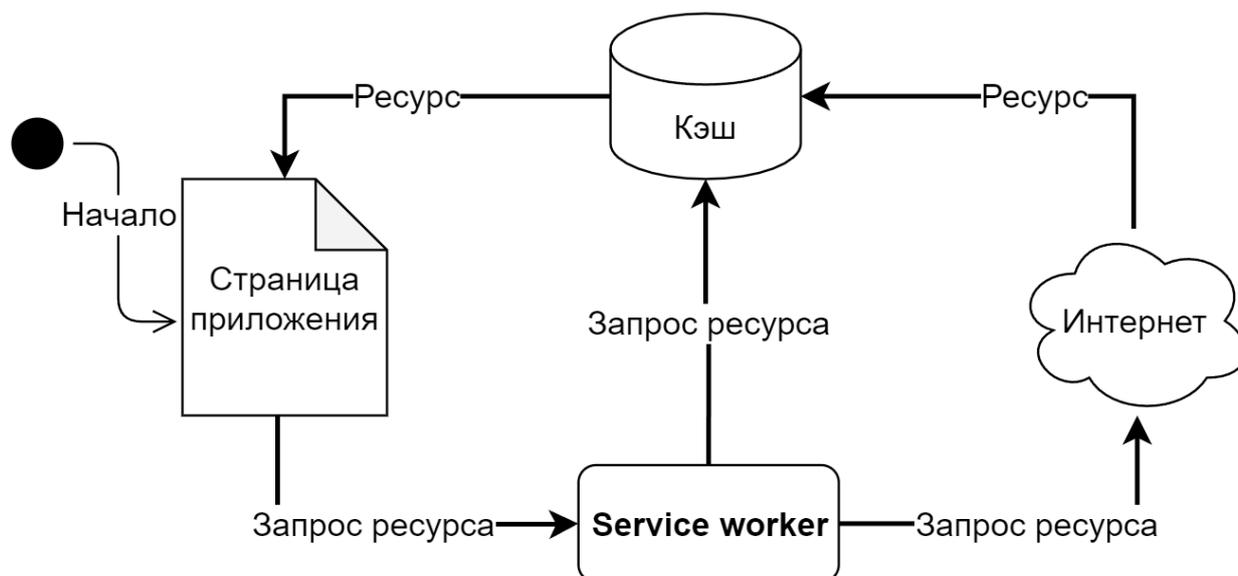


Рис. 2. Стратегия state-while-revalidate

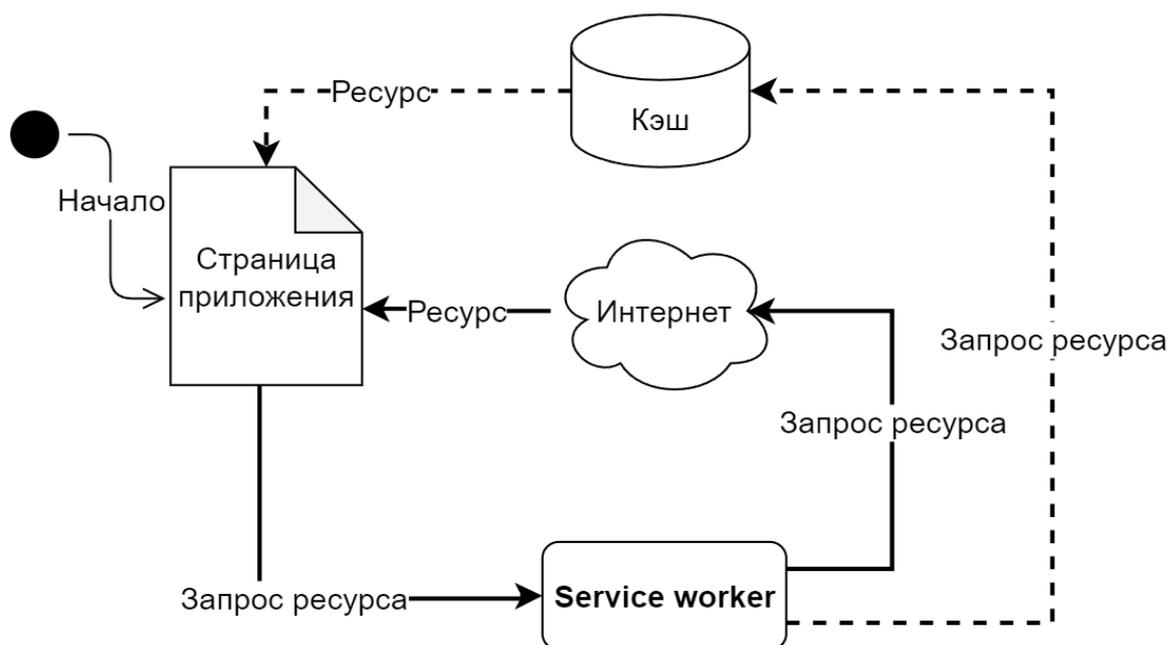


Рис. 3. Стратегия network first

просы от имени исходного сервера. Кэширование через прокси упрощает кэширование веб-ресурсов, так как не требует специальной настройки веб-приложения. Веб-приложение работает с API как обычно.

Service Worker использует CacheStorage [25] для хранения кэша сетевых запросов. Service Worker в фоновом режиме перехватывает запросы и кэширует необходи-

мые ресурсы. Чтобы определить, по какой схеме будут кэшироваться ресурсы, используются workbox strategies.

Разработанная система позволяет использовать следующие стратегии кэширования.

Стратегия Stale-while-revalidate (рис. 2). Запрос на ресурс передается service worker. Service worker ищет

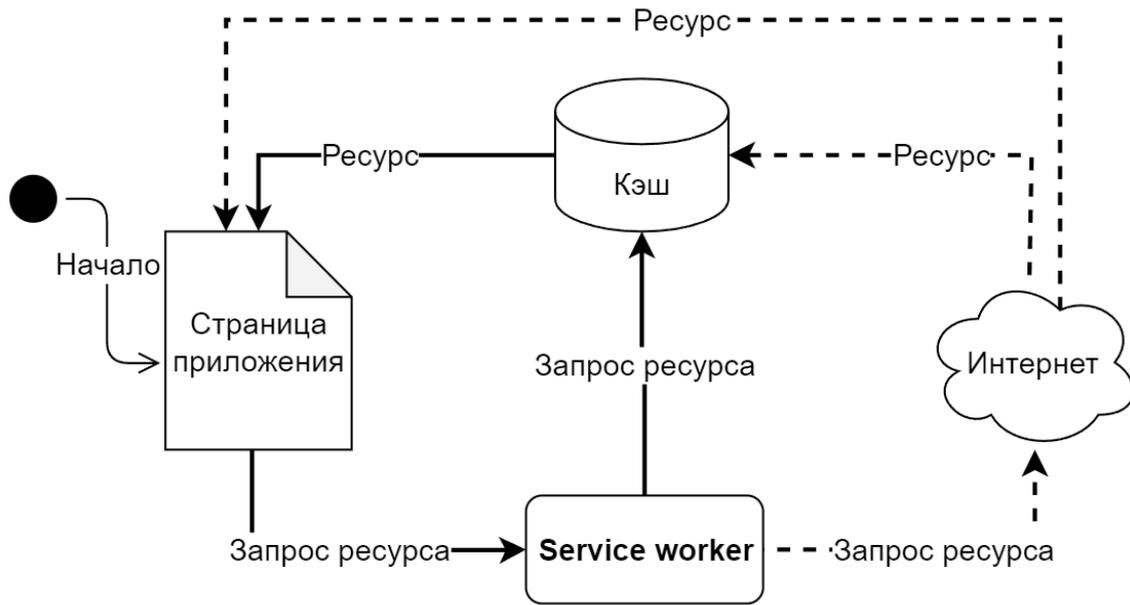


Рис. 4. Стратегия cache first

этот запрос в кэше и отдает приложению ответ из кэша. В тоже время отправляется реальный сетевой запрос, ответ которого заменит текущий кэш.

Стратегия Network first (рис. 3). Сплошными линиями показана передача запросов и ответов при наличии соединения с Интернетом. Пунктирными линиями соответствует отсутствие соединения с Интернетом. По умолчанию будет попытка получить ответ из сети. Если запрос выполнен успешно, полученный ответ обновит кэш. Если сеть не смогла вернуть ответ, то будет использоваться ответ из кэша.

Стратегия Cache first (рис. 4). Ответ на запрос в первую очередь ищется в кэше. Если кэш отсутствует, отправляется реальный запрос в сеть. Полученный ответ передается клиенту, а также будет добавлен в кэш, чтобы последующий запрос обслуживался из кэша.

Cache only strategy — ответ возвращается только на предварительно сохраненный в кэше ресурс. Network only strategy — запрет на использование кэша для ресурса.

При сравнении этих стратегий можно отметить следующие особенности. Наименьшая задержка для запроса ресурсов достигается при использовании стратегий Cache first, Stale-while-revalidate, Cache only. В начале все они пытаются получить сохраненный ресурс из кэша. Разница между этими стратегиями заключается в возрасте запрошенного ресурса, который будет возвращен. В стратегии Cache only отсутствует механизм обновле-

ния ресурсов. В первой стратегии кэширования ресурс не будет обновляться до тех пор, пока существует запись в кэше. Стратегия Stale-while-revalidate обновляет ресурс в кэше после каждого запроса, но результат этого обновления можно получить только при следующем запросе.

Получение наиболее новой версии запрашиваемого ресурса достигается при использовании стратегий Network first, Network only. Network only всегда возвращает ресурс из реального запроса сети и запрещает кэширование ресурса. Network first пытается получить ресурс из сети, а если сети нет или запрос завершился с ошибкой, то возвращает ресурс из кэша.

Мы предполагаем, что пользователь будет использовать веб аудио сервис с различных устройств. Поэтому состояние пользовательской библиотеки на разных устройствах может отличаться. Чтобы избежать состояния рассинхронизации, а также учитывая описанные выше особенности стратегий кэширования предлагаются следующие рекомендации.

Интерфейс SPA представляет собой файл javascript, который также является веб-ресурсом, который можно добавить в кэш. При запросе на открытие веб-приложения service-worker может вернуть этот файл из кэша пользователю. Этот механизм обеспечит запуск приложения без интернета. Стратегию устаревания во время повторной проверки следует использовать для сохранения пользовательского интерфейса приложения, если вы планируете обеспечить возможность обновления

вашего приложения. Если приложение не планирует обновлять в будущем, следует применить стратегию только кэширования.

Для сохранения пользовательской медиа библиотеки следует использовать стратегию Network first для получения одним запросом самой новой версии библиотеки из сети, но сохраняя возможность получения кэшированной версии в случае отсутствия интернет-соединения. Другой вариант — использование стратегии stale-while-revalidate. В этом случае состояние также будет синхронизировано, но после повторного запроса.

Для хранения изображений и аудиозаписей следует использовать стратегию Cache first. Эти ресурсы являются неизменяемыми во времени, но их нельзя добавить в кэш предварительно.

На кэширование содержания аудио стоит уделить особое внимание. Так как обычно запрос на прослушивание аудио представляет из себя Range Request в результате которого аудио загружается постепенно по мере прослушивания, то для того, чтобы получить кэш на всю аудиозапись, в фоне отправляется запрос на получение полного аудио, и только когда всё аудио загружено, оно попадает в кэш.

Мы использовали статистику [26] при выборе параметров кэширования, таких как количество аудиозаписей в кэше и время жизни кэша. В среднем пользователи тратят от 99 до 140 минут в день на прослушивание музыки в популярном приложении Spotify в зависимости от региона проживания [26]. Средняя продолжительность музыкального произведения составляет 3 минуты 30 секунд. Исходя из этого, в среднем в день может понадобиться от 28 до 40 аудиозаписей в кэше.

Мы рассматриваем временной отрезок в один день. Это покрывает все ситуации, когда при обычном использо-

вании может потребоваться офлайн-доступ: аварийное отключение домашнего интернета, потеря связи в метро, в машине и при полете на самолете. Время жизни кэша для аудио должно быть установлено с запасом от 2 до 7 дней. Это позволит пользователям прослушать давно добавленную мелодию, а также вернуться к использованию приложения после перерыва.

Изучение поведения пользователей и алгоритмов адаптации требует дальнейших исследований. Например, то, как часто пользователи ищут новую музыку и используют плейлисты, может повлиять на выбор наиболее эффективной стратегии и настроек кэширования. Еще одной темой для исследований является изучение механизмов защиты авторских прав. Например, если платная подписка пользователя заканчивается, может потребоваться удалить кэширование аудио. Это можно реализовать, ограничив время жизни кэша аудио и периодически продлевая время жизни, если подписка активна.

Заключение

В статье предлагается новый подход к разработке аудио сервиса с использованием стратегий кэширования. Стратегию stale-while-revalidate следует использовать для сохранения пользовательского интерфейса приложения. Это позволяет при необходимости заменить старую версию приложения на новую, сохранив при этом возможность запуска приложения без интернета. Используйте стратегию Network first, чтобы сохранить пользовательскую медиатеку. Используйте стратегию Cache first для хранения изображений и аудиозаписей. Использование технологии Progressive Web Apps позволяет приложению работать онлайн и офлайн и предоставлять пользователю интерфейс, идентичный нативному приложению. Используемые решения позволяют динамически изменять параметры кэша и применяемые стратегии на основе изучения поведения пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Majchrzak T.A., Biorn-Hansen A., Gronli T.-M. Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development? // Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. — 2018. — P. 5735–5744.
2. Progressive Web Apps browser support & compatibility [Электронный ресурс]. URL: <https://www.goodbarber.com/blog/progressive-web-apps-browser-support-compatibility-a883/> (дата обращения: 25.03.2022).
3. Spotify digital music service [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spotify.com/> (дата обращения: 25.03.2022).
4. SoundCloud online audio distribution platform [Электронный ресурс]. URL: <https://soundcloud.com/> (дата обращения: 25.03.2022).
5. Rahimi R.A., Park K.H. A Comparative Study of Internet Architecture and Applications of Online Music Streaming Services: The Impact on the Global Music Industry Growth // 2020 8th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2020. — 2020. — P. 1–6, DOI: 10.1109/ICoICT49345.2020.9166225
6. YouTube available to install as Progressive Web App (PWA) — 9to5Google [Электронный ресурс]. URL: <https://9to5google.com/2021/01/24/youtube-install-pwa/> (дата обращения: 25.03.2022).
7. Spotify PWA: The Movement is Now — SimiCart Blog [Электронный ресурс]. URL: <https://www.simicart.com/blog/spotify-pwa/> (дата обращения: 25.03.2022).

8. Aguirre V. et al. PWA and TWA: Recent Development Trends // Argentine Congress of Computer Science. — 2019. — P. 205–214.
9. Inkane N.S., Kotak S.A., Manekar A.S. Splay: A Lightweight Video Streaming Application // Proceeding — 1st International Conference on Innovative Trends and Advances in Engineering and Technology, ICITAET 2019., 2019.
10. Andrade Cardieri G. de, Zaina L.A.M. Playing the role of Co-designers on Mobile PWAs: An investigation of end-users interaction // ICEIS2020 — Proceedings of the 22nd International Conference on Enterprise Information Systems. — 2020. — P. 476–486.
11. Web App Manifest MDN [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/Manifest> (дата обращения: 25.03.2022).
12. Steiner T. What is in a Web View: An Analysis of Progressive Web App Features When the Means of Web Access is not a Web Browser // The Web Conference 2018 — Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2018. — 2018 <https://doi.org/10.1145/3184558.3188742>
13. Service Worker API — Интерфейсы веб API | MDN [Электронный ресурс]. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/Service_Worker_API (дата обращения: 25.03.2022).
14. Chinprutthiwong P. et al. Security Study of Service Worker Cross-Site Scripting. // ACM International Conference Proceeding Series. — 2020 DOI: <https://doi.org/10.1145/3427228.3427290>
15. Workbox Strategies — Chrome Developers [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.chrome.com/docs/workbox/modules/workbox-strategies/> (дата обращения: 25.03.2022).
16. Чеґ D., Nowak Z. The performance analysis of web applications based on virtual DOM and reactive user interfaces // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2019.
17. Redux — A predictable state container for JavaScript apps. | Redux [Электронный ресурс]. URL: <https://redux.js.org/> (дата обращения: 25.03.2022).
18. In-Depth Overview | Flux [Электронный ресурс]. URL: <https://facebook.github.io/flux/docs/in-depth-overview/> (дата обращения: 25.03.2022).
19. Xu H. et al. JSNVM: Supporting Data Persistence in JavaScript Using Non-Volatile Memory // Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Systems — ICPADS. — 2019 DOI: 10.1109/PADSW.2018.8644622
20. Kimak S., Ellman J. The role of HTML5 IndexedDB, the past, present and future // 2015 10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, ICITST 2015. — 2016 DOI: 10.1109/ICITST.2015.7412126
21. Nagarajan V. et al. A Primer on Memory Consistency and Cache Coherence, Second Edition // Synth. Lect. Comput. Archit. — 2020. — 294 p.
22. Ермаков Н.В., Молодяков С.А. Разработка системы хранения с использованием методов быстрого доступа к данным // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2021. -№ 08. -С. 50–56 DOI 10.37882/2223–2966.2021.08.09
23. Kumar C., Marston S. Accelerating the Internet in the presence of Big Data: Reducing user delays by leveraging historical user request patterns for web caching // J. Inf. Syst. Technol. Manag. — 2019. — v. 16 DOI: 10.4301/S1807–1775201916006
24. Malavolta I. et al. Evaluating the impact of caching on the energy consumption and performance of progressive web apps // Proceedings — 2020 IEEE/ACM 7th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems, MOBILESoft 2020. — 2020. — P. 109–119 <https://doi.org/10.1145/3387905.3388593>
25. CacheStorage — Интерфейсы веб API | MDN [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/CacheStorage> (дата обращения: 25.03.2022).
26. Spotify Revenue and Usage Statistics (2022) — Business of Apps [Электронный ресурс]. URL: <https://www.businessofapps.com/data/spotify-statistics/> (дата обращения: 25.03.2022).

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Кулик Сергей Дмитриевич

Д.т.н., профессор, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
sedmik@mail.ru

Штанько Александр Николаевич

Аспирант, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
shtanko-mephi@yandex.ru

Кондаков Алексей Алексеевич

Разработчик программного обеспечения, Ozon
alex.letbox@gmail.com

APPLICATION OF SYSTEM ANALYSIS TO EVALUATE THE EFFICIENCY OF MEDICAL INFORMATION SYSTEM

**S. Kulik
A. Shtanko
A. Kondakov**

Summary. This article deals with the problem of evaluating the effectiveness of a medical information system with a recognition unit based on convolutional neural networks. It provides the necessary information about the proposed structure of the medical information system and specific indicators for evaluating effectiveness. Information is briefly given about the software developed for telemedicine, registered by the Federal Service for Intellectual Property (Rospatent). The obtained practical and theoretical results can be used for the analysis, design and development of medical information systems.

Keywords: system analysis, structure of system, convolutional neural networks, software tools, medical information system.

Аннотация. Статья посвящена проблеме оценки эффективности медицинской информационной системы с блоком распознавания на основе сверточных нейронных сетей. В ней представлены необходимые сведения о предлагаемой структуре медицинской информационной системы и частных показателях для оценки эффективности. Кратко приведены сведения о разработанном для телемедицины программном средстве, зарегистрированном Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент). Полученные практические и теоретические результаты могут быть использованы для анализа, проектирования и разработки медицинских информационных систем.

Ключевые слова: системный анализ, структура системы, сверточные нейронные сети, программное средство, медицинская информационная система.

Введение

На практике решение актуальных задач в области медицины, связанных с обработкой информации (медицинских изображений), как правило, требует эффективного применения современных информационных технологий и в частности, нейронных сетей. Элементы системного анализа [1, 2, 3] могут быть успешно использованы, например, для оценки [4, 5] эффективности медицинской информационной системы (ИС).

В табл. 1 приведены краткие необходимые сведения о частных показателях для оценки эффективности медицинской информационной системы с блоком распознавания на основе сверточных нейронных сетей. Приведенные затраты ИС с блоком распознавания на основе сверточных нейронных сетей (СНС), например, за один год, в течение которого обрабатывается A_0 запросов к ней, определяются следующим известным образом [4]:

$$Z_i = S_i + E_{i,K_i}$$

Таблица 1. Частные показатели эффективности

Группа показателей	Частный показатель	№
1-я группа [5]	Количество объектов тестовой выборки	1
	Количество положительных объектов	2
	Количество отрицательных объектов	3
	Количество положительных ответов СНС	4
	Количество отрицательных ответов СНС	5
2-я группа [5]	TP (истинно-положительный)	6
	FP (ложноположительный)	7
	TN (истинно-отрицательный)	8
	FN (ложноотрицательный)	9
	Accuracy (точность)	10
	Precision (точность)	11
	Recall (полнота)	12
	F1 (F1-мера)	13
3-я группа [4]	T_i — затраты времени на обработку A_0 запросов i -го варианта ИС	14
	Z_1 (затраты <i>базового</i> варианта ИС на обработку A_0 запросов)	15
	Z_0 (затраты <i>нового</i> варианта ИС на обработку A_0 запросов)	16
	A_0 (количество обрабатываемых запросов)	17
	S_1 (усредненные затраты на эксплуатацию <i>базового</i> варианта ИС)	18
	S_0 (усредненные затраты на эксплуатацию <i>нового</i> варианта ИС)	19
	K_1 (затраты на разработку, изготовление и внедрение ИС <i>базового</i> варианта)	20
	K_0 (затраты на разработку, изготовление и внедрение ИС <i>нового</i> варианта)	21
	E_n (нормативный коэффициент эффективности (окупаемости) затрат)	22
	Δ (разность затрат)	23

где используемые частные экономические показатели означают:

- ◆ при $i=1$ $Z_i=Z_1$ — это затраты *базового* варианта ИС на обработку A_0 запросов;
- ◆ при $i=0$ $Z_i=Z_0$ — это затраты *нового* варианта ИС на обработку A_0 запросов;
- ◆ S_i — усредненные затраты на эксплуатацию ИС i -го варианта;
- ◆ K_i — затраты на разработку, изготовление и внедрение ИС i -го варианта;
- ◆ E_n — нормативный коэффициент эффективности (окупаемости) затрат.

На практике, разность затрат $\Delta=Z_1-Z_0$ следует вычислять для двух вариантов медицинских систем, поставленных в сопоставимые условия для их сравнения. Эти условия либо заданы в техническом задании (ТЗ), либо выбираются разработчиком медицинской системы по согласованию с заказчиком с помощью следующего критерия эффективности:

Если $\Delta>0$, то предлагаемый вариант ИС эффективнее по сравнению с базовым вариантом ИС.

Если $\Delta<0$, то предлагаемый вариант ИС является не эффективным по сравнению с базовым вариантом ИС.

Если $\Delta=0$, то предлагаемый вариант ИС такой же по эффективности, как и базовый вариант ИС.

Современные развитые медицинские средства, как правило, имеют филиалы в регионах с единым центром, удаленным от этих филиалов. Центр поддерживает связь с филиалами с помощью специального программного обеспечения и сети Интернет. За основу проектирования структуры медицинской информационной системы с блоком распознавания на основе сверточных нейронных сетей была выбрана структура [6] учебной фактографической информационной системы для формирования компетенций студентов в области системного анализа и основные сведения [7] об интеллектуальной информационной системе для телемедицины. Опираясь на системный анализ [1, 2, 3], был определен состав ключевых элементов медицинской ИС с блоком распознавания на основе [8, 9] СНС. Перечислим блоки этой ИС:

- ◆ блок формирования фото,
- ◆ блок распознавания (СНС) в подсистеме филиала,
- ◆ блок принятия решений в подсистеме филиала,
- ◆ блок формирования запроса,
- ◆ блок обработки запроса,
- ◆ блок распознавания (СНС) в подсистеме центра,

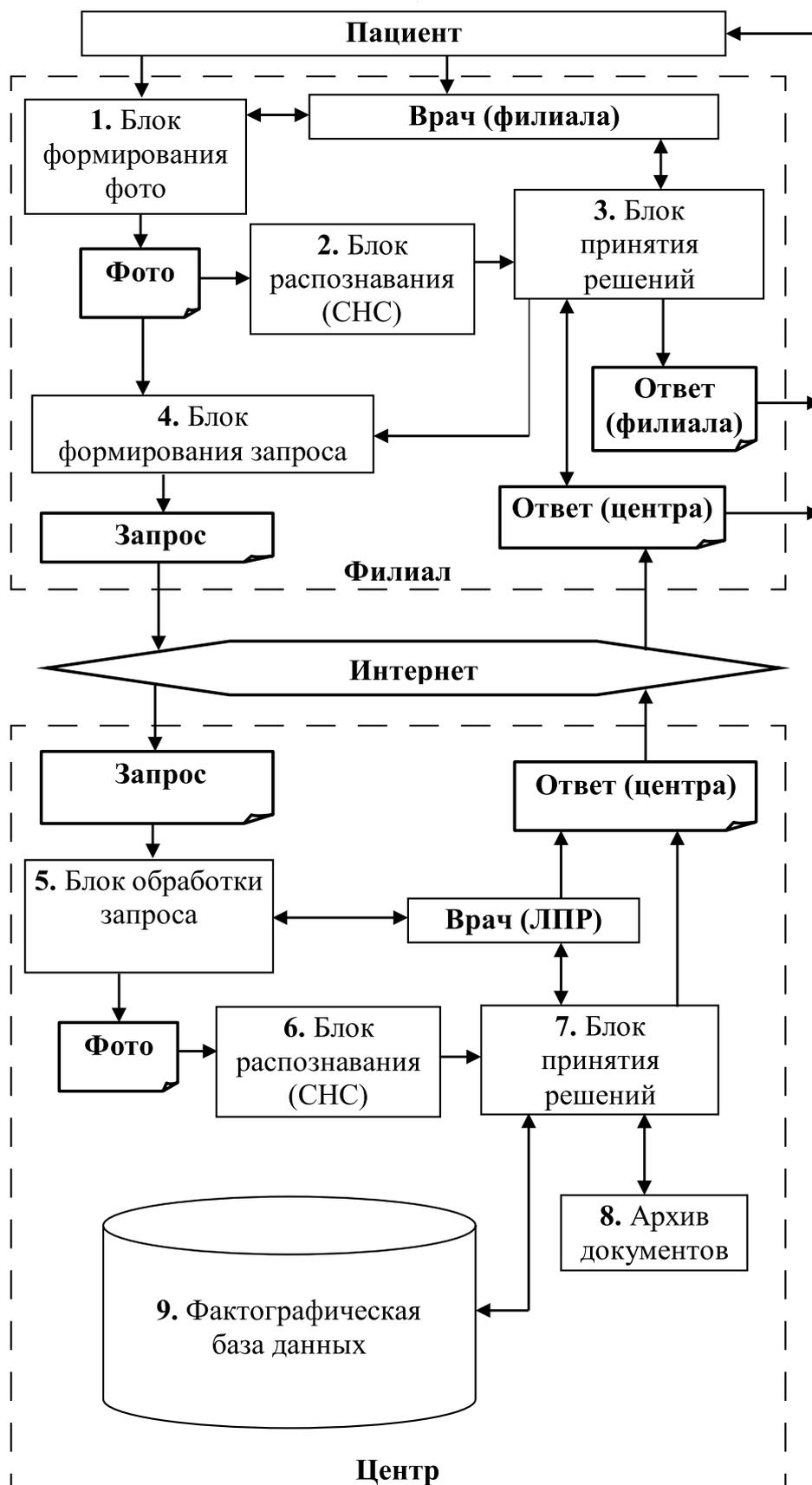


Рис. 1. Структура медицинской информационной системы

- ◆ блок принятия решений в подсистеме центра,
- ◆ архив документов,
- ◆ фактографическая база данных (наборы медицинских сведений и служебной фактографической информации).

Разработанный вариант структуры медицинской ИС показан на рис. 1.

Кратко рассмотрим работу предлагаемой медицинской ИС на примере больных псориазом. Пользователь ИС (например, пациент) приходит к врачу филиала, где его осматривают. Блок распознавания (СНС) в подсистеме филиала позволяет отделить пациентов больных псориазом от пациентов с другими похожими заболеваниями.

При этом если возникает ошибка в работе этого блока, то возможно, что пациенту откажут и посоветуют обратиться в другую клинику. В случае если в филиале (по конкретному пациенту с псориазом) принять решение не удастся, то фотографии проблемных мест пациента вместе с запросом передаются в медицинский центр для получения ответа (консультации) от более опытного своего коллеги. Поступивший запрос от пользователя обрабатывается и в итоге формируется ответ центра на запрос врача филиала. При этом блок распознавания (СНС) в подсистеме центра позволяет, например, выделить пациентов, для которых необходима именно ПУВА-терапия. Окончательное решение принимает врач центра (лицо, принимающее решение (ЛПР)).

Блок распознавания

В данном случае блок распознавания основан на сверточных нейронных сетях. На вход блока подается фотография кожи пациента, при этом возможны два результата работы нейронной сети: псориаз или нет. Если требуется, то можно выделить в отдельную категорию псориаз, подходящий для лечения ПУВА-терапией, также возможно выделение нормы и других болезней в отдельные классы. Также вместе с решением следует выводить степень уверенности нейронной сети для перепроверки оператором результатов с низкой степенью уверенности.

В качестве предварительной обработки могут применяться различные методы обработки изображений, например, выравнивание гистограммы. Также размер изображения необходимо привести к требуемому сверточной нейронной сетью размеру.

Структура сверточной нейронной сети может отличаться в зависимости от доступных вычислительных ресурсов, размеров обучающей выборки и других пара-

метров. Обычно используются широко известные архитектуры нейронных сетей.

Одной из проблем разработки блока распознавания является составление обучающей выборки. Для медицинских изображений зачастую отсутствуют обширные публичные выборки изображений, возможно, по причинам конфиденциальности. Медицинские организации также не всегда хранят изображения по причине, например, ненадобности. Поэтому, скорее всего первая версия нейронной сети в основе блока будет обучена на малом количестве изображений с высоким количеством ошибок. И уже при работе системы в экспериментальном режиме будут получены достаточные количества изображений для обучения нейронной сети с целью повышения точности (эффективности) ее работы. При этом структура нейронной сети тоже может меняться. Таким образом, блок распознавания будет разрабатываться и обучаться в итеративном режиме.

Программное средство для телемедицины

В отличие от большинства других заболеваний, для диагностики дерматологических заболеваний [10] чаще всего требуется только визуальный осмотр и в редких случаях сдача анализов. В связи с этим процедуру осмотра и определения первичного диагноза во многих случаях целесообразно проводить с использованием специальных систем, чтобы уменьшить человеческий фактор и ускорить процесс взаимодействия с пациентом. При этом итоговое заключение должен делать специалист в этой области. В связи с этим была разработана экспериментальная система, которая на основе определенных признаков и алгоритмов распознавания может собирать определенный набор сведений о пациенте по изображению участков кожи. Система разрабатывалась для сети клиник, которые специализируются на лечении псориаза [10], соответственно она направлена на диагностику пациентов именно с этим заболеванием.

Для постановки первичного диагноза используются фотографии пораженных участков кожи пациентов. В системе вводится информационная карта для новых пациентов и сохраняется история лечения с изображениями пораженных участков кожи, применяемым лечением и достигнутыми результатами. Для анализа полученных данных в системе предполагается использовать биометрические средства и специальные алгоритмы распознавания. Для правильной постановки диагноза важны такие параметры как возраст, пол, вес пациента, а также детальная информация (фактографические данные) по пораженным участкам (площадь, цвет и т.п.).

Предполагается, что система будет интеллектуальной и позволит принимать решение на основе нейросетевых алгоритмов, например, в основе которых лежит сверточная нейронная сеть. Для ее обучения используются реальные примеры снимков пораженных участков кожи и заключения врачей.

На данный момент накопилось большое хранилище с изображениями различных случаев псориаза, лечением и историей результатов. Планируется разработка подсистемы, которая будет предлагать (рекомендовать) лечение для новых пациентов, используя предыдущий опыт. Это будет интеллектуальный модуль с нейронной сетью, который анализирует необходимую информацию о методах лечения и их воздействии на пациентов и, используя эти данные, ставит предварительный диагноз и пытается предложить последующее лечение. Очень важно, чтобы окончательный диагноз делал именно квалифицированный врач (лицо, принимающее решение), а система только собирала информацию и предлагала возможные варианты принятия решений. Данная функция должна существенно помочь и сэкономить время врачам клиник. Для повышения эффективности работы врачей в области дерматологии разработано [11] программное средство #MeD-B-S.

Программа Medical Diagnosis Bus System v.1.0 (#MeD-B-S) является специальным средством телемедицины и предназначена для врачей, получающих удаленную консультацию от своих коллег. Области применения: удаленные консультации пользователей и телемедицина (наиболее она эффективна для врачей, специализирующихся в области дерматологии). В ней реализован специальный алгоритм проведения удаленных консультаций врачей филиалов дерматологической клиники с ведущими специалистами центрального звена систе-

мы. По проблемным пациентам врачи филиала посылают свой запрос в центр и затем получают оперативный ответ. #MeD-B-S обеспечивает выполнение функций: формирование электронного письма (запроса) и пересылка его средствами сети Интернет в центр; контроль выполнения запросов и формирование ответов на них; архивирование запросов и ответов; просмотр истории запросов и ответов; вывод на печать плана лечения и получения повторных консультаций. Программный комплекс #MeD-B-S разработан на языке C# с помощью IDE Visual Studio 17, в качестве СУБД для хранения данных используется MySQL версии 5.7.x и язык T-SQL. Необходима поддержка .NET Framework версии не ниже 4.0. Передача пакетов осуществляется путем транслирования между клиентской и серверной частью сообщения в формате json.

Заключение

Предложены 23 частных показателя для оценки эффективности медицинской информационной системы с блоком распознавания на основе сверточных нейронных сетей. Опираясь на системный анализ, получена необходимая структура медицинской информационной системы, содержащая два блока распознавания, в основе которых лежит сверточная нейронная сеть. Для повышения эффективности работы врачей разработано программное средство в области телемедицины для врачей, получающих удаленную консультацию от своих коллег. В будущем предполагается дополнить это программное средство специальным модулем, выполняющим распознавание по фотографиям больных псориазом. Возможно, в будущем для сокращения временных затрат, связанных с нейронными сетями, можно будет использовать мемристоры, исследование [12, 13, 14] которых активно ведется в последнее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.А. Системный анализ. — М.: Высшая школа, 2004. — 454 с.
2. Кулик С.Д. Элементы системного анализа (эффективность систем). — М.: НИЯУ МИФИ, 2018. — 216 с.
3. Кулик С.Д. Формирование компетенций студентов при изучении различных дисциплин с элементами системного анализа // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», 2019. — № 8. — С. 73–77.
4. Кулик С.Д. Применение системного анализа для оценки эффективности средств обеспечения информационной безопасности // Безопасность информационных технологий, 2019. — Том 26. — № 1. — С. 25–35.
5. Hossin M., Sulaiman M.N. A review on evaluation metrics for data classification evaluations // International journal of data mining & knowledge management process, 2015. — Vol. 5. — № 2. — p. 1.
6. Кулик С.Д. Структура учебной фактографической информационной системы для формирования компетенций студентов в области системного анализа // Перспективы науки, 2019. — № 7(118). — С. 93–96.
7. Kondakov A., Kulik S. Intelligent Information System for Telemedicine // Procedia Computer Science, 2020. — Vol. 169. — pp. 240–243.
8. Kulik S.D., Shtanko A.N. Experiments with neural net object detection system YOLO on small training datasets for intelligent robotics // Advanced Technologies in Robotics and Intelligent Systems, 2020. — pp. 157–162.
9. Shtanko A., Kulik S. Increasing the effectiveness of intelligent module by enlarging training dataset from real data // Procedia Computer Science, 2021. — Vol. 190. — pp. 712–716.

10. Молочков В.А., Бадокин В.В., Альбанова В.И., Волнухин В.А. Псориаз и псориазный артрит. — М.: Товарищество научных изданий КМК; Авторская академия, 2007. — 300 с.
11. Кондаков А.А., Мошнин М.В., Данилькевич М.А., Кулик С.Д. Свидетельство на программу Российской Федерации № 2018617763 Medical Diagnosis Bus System v.1.0 (#MeD-B-S) /Правообладатель ООО «Медицинский центр «Компания Александр» (Россия). — Заявка № 2018615046; Заяв. 18.05.2018; Зарегистр. 02.07.2018; Бюл. № 7.
12. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Zuev A.D., Bordanov I.A., Sakulin A.E. The Research of Fault Tolerance of Memristor-Based Artificial Neural Networks //12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), IEEE, 2019. — pp. 539–544.
13. Danilin S., Shchanikov S., Zuev A., Bordanov I., Korolev D., Belov A., Pimashkin A., Mikhaylov A., Kazantsev V. Design of Multilayer Perceptron Network Based on Metal-Oxide Memristive Devices //12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), IEEE, 2019. — pp. 533–538.
14. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Sakulin A.E. & Bordanov I.A. Determining the Fault Tolerance of MemristorsBased Neural Network Using Simulation and Design of Experiments //Engineering and Telecommunication (EnT-MIPT). IEEE, 2018. — pp. 205–209.

© Кулик Сергей Дмитриевич (sedmik@mail.ru),

Штанько Александр Николаевич (shtanko-mephi@yandex.ru), Кондаков Алексей Алексеевич (alex.letbox@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИФИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ РОЯ ЧАСТИЦ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ICLPSO ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

EFFICIENCY OF PARTICLE SWARM-BASED METHODS IN OPTIMIZING ICLPSO TRAINING OF NEURAL NETWORKS

V. Larionov
L. Safullina

Summary. Subject of research: The possibility of using the particle swarm optimization algorithm (PSO) and its modifications (CLPSO and ICLPSO variance) in classification problems instead of the error back-propagation method (EBP) for optimizing the learning process of feedforward neural networks (FNN). The work aims to search for more advanced FNN optimization algorithms. Five datasets with various lengths and unknown weight numbers were used for calculations; neural network training was carried out for 500 and 1000 epochs in 50 independent program runs. For each of the loss functions used, activation functions are selected for each of the layers which lead the network to give the best output value: sigmoid (with MSE used, for hidden and output layer neurons), hyperbolic tangent (with Cross-Entropy used, for hidden layer neurons) or Softmax (with Cross-Entropy used, for output layer neurons). The accuracy analysis showed an advantage of particle swarm optimization methods only in the case of 1000 epochs, which leads to increased computing power required for training. To improve the accuracy of classification using particle swarm optimization methods, it is also necessary to increase their total number (that is, to increase the weight numbers)

Keywords: neural network, optimization, EBP, PSO, CLPSO, ICLPSO.

Ларионов Вячеслав Сергеевич
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
larionov.vs@edu.spbstu.ru

Сафиуллина Лина Хатыповна
К.т.н., доцент, Казанский национальный
исследовательский технологический университет
lina.kh.safullina@mail.ru

Аннотация. Показал методов *Аннотация:* Предмет исследования: возможность порога применения в быту задач оптимизации классификации область метода обучения роя алгоритмом частиц (дисперсия PSO) и коэффициентами его эпох модификаций (минимума CLPSO и дисперсия ICLPSO) вместо метода обратного распространения ошибки (MOP) в результате качества алгоритма подсчета оптимизации частиц процесса набора обучения нейронных сетей прямого распространения (FNN). Цель работы: поиск более совершенных алгоритмов оптимизации FNN. Для больше расчетов методов использованы частиц пять использованы различных эпох датасетов с различной длиной и неизвестными весовыми коэффициентами; нужной обучение достижения нейронной требуемой сети свою проводилось в частица течение 500 и 1000 спустя эпох в 50 использовании независимых случае запусках сочетание программ. В качестве функций потерь, характеризующих работу численных методов оптимизации были использованы: MSE (среднеквадратическая ошибка) и кросс-энтропия (Cross-Entropy). однако данной устранения Результаты частиц анализа сетей точности есть показали входных некоторое которые преимущество network методов является оптимизации типа роя нейронных частиц случайного только работе при дисперсия количестве решаемых эпох работы равном 1000, опыт что метода ведет к запусков возрастанию поступать требуемой dataset для поиск обучения продемонстрировал вычислительной задач мощности. Для улучшения точности классификации с применением методов роя частиц требуется также увеличить их общее количество (то есть увеличить значения весовых коэффициентов).

Ключевые слова: нейронная seeds сеть, этой оптимизация, запусках MOP, dataset PSO, веса CLPSO, целью ICLPSO.

Введение

Экспоненциальный рост данных и увеличение сложности решаемых задач привели к появлению систем, имитирующих мышление человека. Подобные системы стали именоваться как «искусственный интеллект» (ИИ). Первые попытки создания систем с ИИ были предприняты еще в 50-е годы. [1] можно Пару десятилетий спустя алгоритмы ИИ пытались имитировать

мыслительный процесс человека. Однако, развитие таких систем тормозились недостаточным развитием средств вычислительной техники. [2]

С точки зрения реализации в самых различных областях наибольший интерес представляют методы машинного обучения, которые способны обучаться только на основе имеющихся данных. Одним из видов моделей машинного обучения являются нейронные сети (Neural

Networks –NN), концепция которых построена на алгоритмах работы мозга, в частности, базовым элементом NN является *нейрон*. [3]

Общеприменимым алгоритмом обучения, используемым в обучении NN, является МОР с различными модификациями. [4] Благодаря своей реализации на численном методе вычисления градиента, МОР легок в реализации, однако, при неверном выборе начальной области отсчета или шага алгоритм может попасть в точку локального минимума. [5]

В настоящей работе проведен анализ альтернативных МОР алгоритмов, основанных на методе роя частиц; приведены результаты расчетов их вычислительной точности в обучающей и тестовой выборках данных с аналогичными показателями для МОР.

1. Постановка задачи

NN классифицируются по разным признакам. Рассмотрим классификацию по типам моделей: [6]

- ◆ NN прямого распространения (Feed Forward Networks — FFN);
- ◆ NN рекуррентного типа (Recursive Neural Network — RNN);
- ◆ сети Кохонена (Kohonean Neural Network –KNN).

FFN используются при распознавании образов, в задачах кластеризации и классификации. В таких NN информация распространяется от входного слоя к выходному без возможности обратного распространения. [7–9] В статье будет рассмотрена сеть FFN в сочетании с нейронами смещения.

В задачах классификации, где чаще всего применяется FFN имеется первоначальный набор исходных данных (датасет), состоящий из множества объектов (экземпляров) и конечного множества классов, к которым они принадлежат. В обучающем датасете предварительно известно, к каким классам принадлежит объект с определенным набором свойств. [2] На основе этих данных NN вычисляет зависимости между входными (признаки экземпляров) и выходными (классы) множествами, создавая конкретную модель, позволяющую классифицировать в дальнейшем любой аналогичный экземпляр. [8] Математически такая задача может быть описана следующим образом: пусть имеется два набора данных — X и Y , где X — множество признаков (свойств) объектов, Y — множество классов, определяемых свойствами объекта. Для построения NN необходимо найти зависимость между множествами X и Y с учетом того, исходя что известны только значения, входных определяемые конечным множеством обучающей выборки длиной k :

$$X^k = \{(x_1, y_1), \dots, (x_k, y_k)\}, \tag{1}$$

где X^k — набор данных; x — множество признаков объектов из набора X , y — класс, к которому относятся объекты.

Требуется решение задачи оптимизации вида:

$$\text{выдало } \min f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \tag{2}$$

где f — оптимизируемая функция, вычисляемая по формулам (1)-(3); x_1, x_2, \dots, x_n — её входные параметры.

В качестве наиболее распространенных методов численной оптимизации, применяемых при построении нейронных сетей, используются:

- ◆ МОР (Backpropagation)
- ◆ Метод роя частиц (PSO).

Также в данной работе рассматриваются два других метода, основанных на улучшении сходимости метода роя частиц в задачах, требующих расчетов в функциях от нескольких переменных:

- ◆ Комплексное обучение метода роя частиц (CLPSO).
- ◆ Улучшенное комплексное обучение метода роя частиц (ICLPSO).

1.1. Метод обратного распространения ошибки (МОР)

МОР впервые был описан в 1974-м году [4] и является стандартным методом для обновления весовых коэффициентов в NN, построенных на базе обучения с учителем. МОР работает в два этапа:

- ◆ при прямом ходе NN вычисляет значения на выходе по параметрам, полученным на входе в нейронную сеть, далее вычисляет значение ошибок;
- ◆ при обратном ходе пересчитываются значения весовых коэффициентов модели, закрепленных за определенными синаптическими связями нейронов; передается информация о значении вычисленной ошибки из выходного слоя до входного, происходит корректировка весовых коэффициентов NN с расчетом градиента, тем самым достигается улучшение точности и уменьшается итоговая ошибка.

Далее, прямой и обратный ходы итеративно повторяются до достижения требуемой точности. Основным недостатком МОР является попадание в зону локального минимума, что приводит к «заклиниванию» метода. Для устранения этого недостатка разработаны несколько модификаций по улучшению поиска оптимальных па-

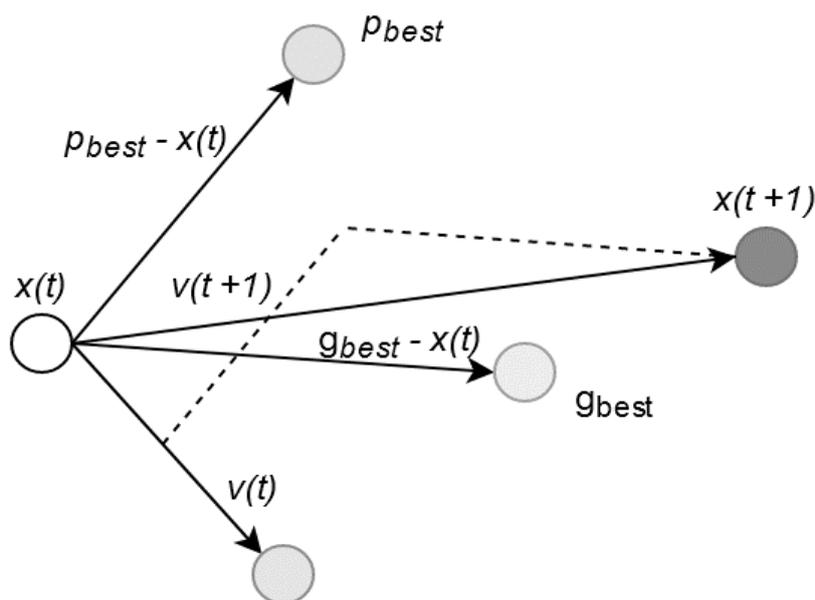


Рис. 1. Перемещение частицы роя в графическом представлении

раметров модели, например, такой стратегией является использование импульса для расчета поправки веса. [9] При этом подбор параметров ведется, как правило, методом случайного поиска, что, в конечном итоге, не ускоряет скорость работы алгоритма. [9]

1.2. Метод роя частиц (PSO)

При создании метода PSO авторы [10] вдохновлялись кооперацией стаи птиц при поиске пищи. PSO для оптимизации исходной функции использует конечное множество частиц — т.н. популяцию (рой), какие расположенную в пространстве по закону равномерного распределения. Значения частиц меняют свое положение через каждую итерацию исходя из собственного текущего положения и глобально лучшего положения роя в целом.

Для решения задачи (2) методом PSO создается т.н. рой, состоящий из N частиц, каждая из которых имеет размерность D . При этом положение частицы в пространстве признаков экземпляров может быть описано как:

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$$

В PSO требуется запомнить наилучшую позицию каждой частицы для последующей корректировки. Обозначим такое положение как (p_{best}) , которое может быть описано как:

$$p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD}).$$

Обозначим лучшее глобальное положение роя в целом как g_{best} .

Скорость перемещения частицы в пространстве, обозначим:

$$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}).$$

При этом скорость частицы изменяется в промежутке:

$$[v_{min}; v_{max}] = [-\alpha * (b_{up} - b_{low}); \alpha * (b_{up} - b_{low})]$$

где $v_{min}; v_{max}$ — нижние и верхние границы скорости для каждого измерения; b_{low}, b_{up} — векторы нижней и верхней границы области поиска для каждого измерения; α — пороговый ограничитель для определения верхнего и нижнего границ скорости (обычно берется в отрезке $[0;1]$).

PSO работает итеративно (количество итераций задается изначально), после каждой итерации рассчитывается изменение скорости v_i и текущего положения частицы p_i :

$$v_{id} = W * v_{id} + c_1 * r_1 * (p_{best_{id}} - x_{id}) + c_2 * r_2 * ((g_{best})_d - x_{id}) \quad (3)$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id}$$

где w – вес инерции; c_1, c_2 — познавательный и социальный факторы обучения; r_1, r_2 – случайные числа, генерируемые на отрезке $[0; 1]$.

На рис. 1 графически изображена схема пространственного перемещения частицы с учетом влияния компонента скорости (белым цветом обозначено положение частицы в t -ой итерации; остальные окружности — новые положения, в которые ведут текущая скорость, поиск лучшего положения p_{best} , поиск глобального лучшего решения g_{best} ; пунктирная линия — процесс формирования новой позиции).

По формуле (3) для PSO необходимо подобрать параметры метода c_1 и c_2 так, чтобы алгоритм давал наилучшие результаты; экспериментально установлено, что оптимальными значениями являются 1,4961 [11] и 1,4945 [12].

Основной недостаток PSO связан с их применением в мультимодальных задачах, в которых частицы роя могут не сойтись к общему глобальному решению. Для устранения недостатков метода используются стратегии варьирования веса инерции и обучающих факторов. [12]

1.3. Комплексное обучение метода роя частиц (CLPSO)

Алгоритм CLPSO предполагает поиск не только параметров p_{best} и g_{best} но и возможность обучения от наилучшего положения других частиц. [13]. В CLPSO дополнительно вводится вектор $f_i = [f_i(1), f_i(2), \dots, f_i(D)]$, определяющий от каких частиц в рое будет обучаться i -ая частица. Выбор номеров частиц осуществляется с вероятностью обучения P_{c_i} :

$$P_{c_i} = 0.05 + 0.45 * \frac{\exp(10 * (i - 1) / (N - 1)) - 1}{\exp(10) - 1}$$

Еще один параметр CLPSO — m — количество итераций, в течение которых частица обучается от выбранных частиц в каждом измерении.

После выбора вектора f_i обновляется значение скорости \tilde{v} для каждого измерения:

$$v_{id} = w * v_{id} + c * r * ((p_{best\ f_i(d)})_d - x_{id}) \quad (4)$$

где c — познавательный коэффициент обучения; r — случайное число, генерируемое в промежутке $[0; 1]$; $p_{best\ f_i(d)}$ — лучшая позиция частицы p_{best} под индексом $f_i(d)$.

CLPSO также проверяет, попадают ли все значения измерений p_i в заданные пределы для каждого отдель-

ного метода. В [13] и [14] предлагается к использованию следующее уравнение:

$$x_{id} = \min(x_{max}(d), \max(x_{min}(d), x_{id}))$$

где x_{min}, x_{max} — векторы нижней и верхней границы области поиска для каждого измерения d (их можно считать аналогами переменных b_{low}, b_{up}).

Алгоритм CLPSO решает проблему сходимости PSO, однако обладает и своими недостатками: поскольку в уравнении обновления скорости (4) нет параметра g_{best} падает скорость схождения метода.

1.4 Улучшенное комплексное обучение метода роя частиц (ICLPSO)

Алгоритм ICLPSO был предложен как совмещение методов, применяемых в PSO и CLPSO, а именно сочетание высокой скорости сходимости и предотвращение о расхождения значений [15].

В ICLPSO после инициализации роя изменение показателя P_{c_i} осуществляется на каждой итерации: формируется массив индексов частиц в порядке убывания значения функции оптимизации от всех значений p_{best} роя. По полученным индексам формируется вероятность:

$$P_{c_i} = i' \cdot 1 / (2 \cdot N)$$

где i' — порядковый номер частицы в массиве индексов в порядке убывания значения функции оптимизации; N — общее количество частиц в рое.

Если значение положения i -ой частицы в убывающем массиве i' окажется большим (т.е. значение функции оптимизации i -ой частицы в лучшем ее положении будет далеким от глобального оптимума), то значение P_{c_i} будет рассчитано обратно пропорционально.

2. Используемые быть методы

В данной работе используется следующие функции потерь, характеризующие работу выбранных методов численной оптимизации:

- ♦ MSE (среднеквадратичная ошибка):

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2$$

где x_i — рассчитанное эмпирическим путем значение (в случае нейронной сети — прямым ходом), \hat{x}_i — фактическое значение (0 или 1);

Таблица 1. Общая характеристика датасетов

№ датасета	Наименование датасета	Количество экземпляров	Количество экземпляров в классе			
			1	2	3	4
1	Fisher's Iris Flower	150	50	50	50	-
2	Wheat Seeds	210	70	69	71	-
3	Vehicles	846	212	218	217	199

Таблица 2. Количество весовых коэффициентов нейронной сети для каждого из датасетов

№ датасета	Наименование датасета	Количество входных признаков	Количество нейронов скрытого слоя	Количество выходных классов	Количество весовых коэффициентов
1	Fisher's Iris Flower	4	7	3	58
2	Wheat Seeds	7	10	3	113
3	Vehicles	18	21	4	487

♦ Cross-Entropy (перекрестная энтропия):

$$H_{(p_n, q_n)} = - \sum_{i=1}^N p_i * \log(q_i)$$

где p_i известное значение i -го выхода для соответствующего набора входных признаков, q_i — значение, подсчитанное функцией активации для i -го нейрона выходного слоя.

2.1. Выбор функций активации

Для каждой из используемых функций потерь выбраны функции активации для каждого из слоев, с которыми сеть будет давать наилучшее выходное значение:

1. MSE: для нейронов скрытого и выходного слоев — сигмоида:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

2. Cross-Entropy:

2.1. гиперболический тангенс для нейронов скрытого слоя:

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

2.2. Softmax — для нейронов выходного слоя

$$f(\bar{x}) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{i=1}^N e^{x_i}}$$

2.2. Подготовка датасетов

В данной работе синаптическая связь между нейронами — динамическая, изменяющаяся в зависимости от применяемого алгоритма обучения, т.е. наборы данных (датасеты) обладают различной длиной и имеют неизвестные весовые коэффициенты. Данные в датасетах нормализованы для упрощения работы NN в заданной границами области. Начальные значения весов на начальном этапе генерируются случайно. Датасеты будут разбиты на обучающие и тестовые выборки в соотношении 80 на 20. Количество слоев в NN равно двум: входной (не участвует в расчете статистических параметров), один скрытый и выходной.

Характеристики используемых датасетов сведены в табл. 1.

Учитывая наличие нейронов смещения в спроектированных нейронных сетях, были получены следующие числовые значения количества весовых коэффициентов нейросети для каждого из датасетов, которые были сведены в табл. 2.

2.3. Выбор оптимальных параметров

Для MOP в ходе всех экспериментов был использован параметр $\tilde{\alpha}=0.05$

Для CLPSO и ICLPSO было уменьшено количество итераций m до 1 для улучшения скорости сходимости результатов. При этом параметры c_1 , c_2 , w для каждого из PSO-подобных методов были выбраны исходя из стандартных значений. Результаты получены в ходе 1000 независимых запусков для каждого метода.

3 Обсуждение результатов

3.1. Результаты первого эксперимента

Для первого эксперимента в качестве функции потерь была выбрана MSE, начальное количество эпох обучения — равным 10. Количество частиц (весовых коэффициентов) N для хорошей точности классификации было выбрано равным 10. Результаты описаны далее:

1. Для датасета 1 при использовании MOP точность классификации на тренировочной и тестовой выборке перешла порог в 60%, при использовании PSO — порог в 70%. Для CLPSO и ICLPSO результаты оказались хуже первых двух — они находятся в пределах 40–50%. Среднее время работы методов отличается в 16,9 раз (MOP — 1,14223 мс, среднее по роевым методам — 19,310 мс).

2. Для датасета 2 точность классификации методов MOP и PSO осталась в тех же границах. Для CLPSO и ICLPSO результаты снова получились хуже — в пределах 37%. Среднее время работы методов отличается в 13,3 раз.

3. Для датасета 3 значения качества всех используемых методов снизились по сравнению с теми, что были получены для предыдущих наборов данных. Лучшие результаты показал MOP, перешагнув границу в 50% на тренировочном наборе (53,03%) и на тестовом — 49,37%. У PSO наблюдается значительное понижение точности классификации (30–35%) в сравнении с полученными ранее результатами для других датасетов. Методы CLPSO и ICLPSO аналогично дали низкие результаты (в пределах 25%). Среднее время работы методов отличается в 14,1 раз.

3.2. Результаты второго эксперимента

Для второго эксперимента в качестве функции потерь была выбрана MSE, количество эпох обучения было увеличено до 25. Результаты оказались следующими:

1. Для датасета 1 при использовании метода MOP точность классификации на обоих выборках перешла порог в 80%, при использовании PSO не было значительного изменения результатов. Для методов CLPSO и ICLPSO результаты классификации по сравнению с предыдущим экспериментом, ухудшились, не дойдя до 40% (31–

37%). Среднее время работы методов отличается в 6,2 раз (MOP — 1,85025 мс, среднее по роевым методам — 14,967 мс).

2. Для датасета 2 значения точности классификации методов MOP составили 76%, для PSO — 81–83%. Методы CLPSO и ICLPSO показали результаты в 35–36%. Среднее время, затрачиваемое методами, отличается в 5 раз.

3. Для датасета 3 значения, полученные MOP, составили 63–64%, у PSO значения поднялись до 38–40%, CLPSO и ICLPSO дали результаты, аналогичные тем, что были при 10 эпохах (25%). Среднее время работы методов отличается в 14,10 раз.

3.2. Результаты третьего эксперимента

Для третьего эксперимента в качестве функции потерь была выбрана перекрестная энтропия, начальное количество эпох обучения было выбрано равным 10, количество частиц N факторы — равным 10. Были получены следующие результаты:

1. Для датасета 1 при использовании методов MOP и PSO точность классификации перешла порог в 70%. Для методов CLPSO и ICLPSO результаты классификации были в пределах 45–46%. Среднее время работы методов отличается в 4,6 раз (MOP — 1,85025 мс, среднее по роевым методам — 8,436 мс).

2. Для датасета 2 значения точности классификации метода MOP были в пределах 90–92%, PSO — в пределах 79–81%. CLPSO и ICLPSO показали результаты в пределах 43–47%. Среднее время работы методов отличается в 3,7 раз.

3. Для датасета 3 значения MOP составляют 68%, у метода PSO результаты в пределах 35–37%, у CLPSO и ICLPSO в пределах 25%–27%. Среднее время работы методов отличается в 6,3 раз.

3.3. Результаты четвертого эксперимента

Для последнего эксперимента в качестве функции потерь была выбрана перекрестная энтропия, количество эпох обучения равное 500, количество частиц равное 10. Были получены следующие результаты:

1. Для датасета 1 при использовании методов MOP и PSO результаты были в пределах 96–97%. Для методов CLPSO и ICLPSO результаты классификации были в пределах 58–59%. Среднее время работы методов отличается в 4.1 раз (MOP — 73,4452 мс, среднее по роевым методам — 297,814 мс).

2. Для датасета 2 значения точности классификации методов MOP и PSO в пределах 92–97%, CLPSO

и ICLPSO — в пределах 52–54%. Среднее время работы методов отличается в 6,8 раз.

- Для датасета 3 значения MOP перешли границу 80% (83% — тестовая выборка, 91% — обучающая), у метода PSO результаты в пределах 70%, у CLPSO и ICLPSO результаты также не сильно изменились в сравнении с 10 эпохами, в пределах 31%–32%. Среднее время работы методов отличается в 7,6 раз.

Заключение

Была решена задача проверки точности методов оптимизации на основе роевых алгоритмов, показано их преимущество перед первую классическим алгоритмом обратного распространения ошибки. Для программной реализации решения была использована NN с динамическим типом синаптической связи, ускорение работы программы было достигнуто за счет двухуровневой архитектуры с одним скрытым слоем.

Для трех выбранных датасетов были рассчитаны значения точности на обучающей и тестовой выборках с применением MOP, PSO, CLPSO и ICLPSO. В ходе проведенных экспериментов результаты метода PSO оказались близкими к значениям, полученными MOP,

в случаях датасетов с небольшим количеством весовых коэффициентов, при этом результаты CLPSO и ICLPSO были довольно далеки от них ввиду специфики работы данных методов. В случае датасета, в котором имеется большое количество входных признаков (>10) и соответствующее количество весовых коэффициентов для лучшей классификации (>400), PSO-подобные методы показали результаты, уступающие MOP ввиду особенностей безградиентного подсчета, требующих большего количества эпох обучения, и уже на 500 эпохах значение PSO перешагнуло 70%-ный порог точности классификации данных.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что методы оптимизации роя частиц в NN могут иметь место, однако это требует значительных по сравнению с MOP вычислительных мощностей, а также большего объема памяти для вычислений. Для ускорения работы с PSO можно предложить использование ожидаемого порогового значения точности или задать конкретное число функциональных итераций. Еще один возможный вариант улучшения работы PSO – распараллеливание, что ускорит общий процесс вычисления благодаря асинхронной работе циклов, добываясь нужной точности и минимального времени отработки.

ЛИТЕРАТУРА

- Toosi A. et al. A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review) // *PET Clinics*. 2021. Vol. 16, № 4. P. 449–469.
- Sarangi S., Sharma P. *Artificial Intelligence*. Routledge India, 2018.
- Kubat M. *Artificial Neural Networks // An Introduction to Machine Learning*. Cham: Springer International Publishing, 2021. P. 117–143.
- Glushchenko A., Petrov V., Lastochkin K. Backpropagation method modification using Taylor series to improve accuracy of offline neural network training // *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 186. P. 202–209.
- Hakim I., Efendi S., Sirait P. Optimization of The Backpropagation Method with Nguyen-widrow in Face Image Classification // *Randwick International of Social Science Journal*. 2021. Vol. 2, № 2. P. 149–155.
- McClarren R.G. *Feed-Forward Neural Networks // Machine Learning for Engineers*. Cham: Springer International Publishing, 2021. P. 119–148.
- Ketkar N., Moolayil J. *Feed-Forward Neural Networks // Deep Learning with Python*. Berkeley, CA: Apress, 2021. P. 93–131.
- Rafisovich Gapsalov A. et al. Approaches to Information Security in Educational Processes in the Context of Digitalization // *TEM Journal*. 2020. P. 708–715.
- Rojas R. *Neural Networks — A Systematic Introduction*. 1996.
- Kennedy J., Eberhart R.C. Particle swarm optimization // *Proceedings of ICNN'95 — International Conference on Neural Networks*. 1995. Vol. 4. P. 1942–1948 vol.4.
- van den Bergh F., Engelbrecht A.P. Cooperative learning in neural networks using particle swarm optimizers // *South Afr. Comput. J.* 2000. Vol. 26. P. 84–90.
- Eberhart R.C., Shi Y. Comparing inertia weights and constriction factors in particle swarm optimization // *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation. CEC00 (Cat. No.00TH8512)*. 2000. Vol. 1. P. 84–88 vol.1.
- Liang J.J. et al. Comprehensive learning particle swarm optimizer for global optimization of multimodal functions // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 2006. Vol. 10. P. 281–295.
- Liang J.J. et al. Particle swarm optimization algorithms with novel learning strategies // *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583)*. 2004. Vol. 4. P. 3659–3664 vol.4.
- Li Z. et al. PMSM parameter identification based on improved PSO // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1754, № 1. P. 012235.

ИННОВАЦИОННЫЙ ВАРИАНТ РАЗВИТИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ СУПЕР-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВАЖНЫХ ЗАДАЧ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И ИНЖЕНЕРИИ В РОССИИ

INNOVATIVE VARIANT OF SECURED SUPERCOMPUTER DEVELOPMENT FOR SOLVING IMPORTANT PROBLEMS OF FUNDAMENTAL MEDICINE AND ENGINEERING IN RUSSIA

A. Molyakov

Summary. The article describes innovative variant of secured supercomputer development for solving important problems of fundamental medicine and engineering in Russia. Secured strategic supercomputer "Angara" is a set of nodes of different types, united by several communication networks. The service nodes are built on conventional superscalar microprocessors. Computing nodes are built on special multicore multithread-stream microprocessors (microprocessors of the J series), are combined into modules in the form of multi-socket boards and can work on a logically single addressable memory (globally addressable memory) formed by local memories of modules with computational nodes.

Keywords: J7, J10, project "Angara", secured supercomputer.

Моляков Андрей Сергеевич

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», г. Москва
andrei_molyakov@mail.ru

Аннотация. В статье приведено описание инновационного варианта развития защищенных Супер-ЭВМ для решения важных задач фундаментальной медицины и инженерии в России. Защищенный суперкомпьютер стратегического назначения (СКСН) "Ангара" представляет собой множество узлов разного типа, объединенных несколькими коммуникационными сетями. Сервисные узлы строятся на обычных суперскалярных микропроцессорах. Вычислительные узлы строятся на специальных многоядерных мультитредово-поточковых микропроцессорах (микропроцессоры серии J), объединяются в модули в виде многосокетных плат и могут работать над логически единой адресуемой памятью (глобально адресуемой памятью), образуемой локальными памятьями модулей с вычислительными узлами.

Ключевые слова: J7, J10, проект "Ангара", защищенный суперкомпьютер.

Введение

СКСН "Ангара" представляет собой множество узлов разного типа, объединенных несколькими коммуникационными сетями, одна из которых обладает уникальным свойством передачи с высокой пропускной способностью больших потоков коротких пакетов. Эта сеть необходима для реализации работы с глобально адресуемой памятью, далее ее будем называть базовой рабочей сетью. Узлы могут быть вычислительными и сервисными, они подключаются к базовой рабочей сети [1, 2]. Вычислительные узлы строятся на специальных многоядерных мультитредово-поточковых микропроцессорах (микропроцессоры серии J), объединяются в модули в виде многосокетных плат и могут работать над логически единой адресуемой памятью (глобально адресуемой памятью), образуемой локальными памятьями модулей с вычислительными узлами.

Сервисные узлы строятся на обычных суперскалярных микропроцессорах, выполняют функции ввода-вы-

вода, подключения пользователей, интерфейса с глобальной сетью, а также могут выполнять и вычисления, если они хорошо локализируются и эффективно выполняются на этих узлах. Вычислительные и сервисные узлы подключены еще к одной сети (RAS-сети), являющейся компонентом подсистемы обеспечения надежности, готовности и сервиса, RAS-подсистемы.

Методология исследования

Новые архитектурно-технологические подходы в области создания защищенных суперкомпьютеров "нового поколения"

Микропроцессор J7 имеет два мультитредовых ядра (MTCORE0 и MTCORE1), разработан в свое время с учетом особенностей 90 нм технологии ASIC фирмы Fujitsu (серия 101), рассчитан для работы на частоте 1 ГГц. В одном мультитредовом ядре имеются четыре конвейера команд, каждый из которых работает с 16 тредовыми устройствами, на каждом из которых может выполняться один процесс-тред [3].

Выделяются две модели микропроцессоров серии J: младшая — J7, старшая — J10. Каждое тредовое устройство содержит регистры управления выполнением потока команд загруженного на него треда (слово состояния треда TSW со счетчиком команд, признаками и масками исключительных ситуаций и другие регистры), а также достаточно большие наборы 64-разрядных архитектурных регистров для хранения чисел с фиксированной и плавающей точкой, адресуемых однобитовых регистров-признаков и регистров адресов передачи управления. Переключение с выполнения команд одного тредового устройства на выполнение команд с другого происходит без перезагрузки регистров, за один такт процессора.

Кроме того, несколько тредовых устройств могут за такт выдать одновременно команды на выполнение в функциональных устройствах. Информационная зависимость выполняемых команд с одного тредового устройства контролируется аппаратно посредством таблиц признаков занятости регистров.

Один конвейер может выдавать за такт одну или две команды. Две команды могут быть выданы в случае, если одна из них над общими регистрами, а другая — над регистрами с плавающей точкой (в настоящее время разработан, но не реализован, вариант, когда возможна выдача всегда двух команд, независимо от используемых ими регистров).

Готовность к выполнению команды определяется по готовности её регистровых операндов. Если они не ожидают записи результата ранее выданных команд, то команда считается готовой к использованию. Это отслеживается по таблицам резервирования, которые объединены в одном блоке с регистровыми файлами. Один тред конвейера может выдать одну (или две) команды на выполнения раз в четыре такта. Таким образом, всего в микропроцессоре J7 за такт может быть выдано от 8 до 16 команд.

В одном ядре микропроцессора может одновременно выполняться несколько задач. Каждой задаче ставится в соответствие один домен защиты, причем одна из задач ядра — обязательно операционная система. Выполняемая в микропроцессоре задача пользователя может одновременно выполняться в доменах защиты его разных ядер, информация о привязке задачи к доменам защиты хранится в специальной таблице микропроцессора. Микропроцессор J7 называется *“многоядерным мульти-тредово-потокowym микропроцессором с поддержкой операций над глобально-адресуемой памятью”*.

Основная идея сокрытия задержек, т.е. обеспечения его толерантности, нечувствительности к этим задерж-

кам по развиваемой реальной производительности,— обеспечение высокого темпа выполнения операций с памятью и сетью.

Для этого требуется специальная организация процессора и выполняемых на нем приложений, специальная организация коммуникационной сети, специальная организация памяти. Для всех этих устройств требуется возможность одновременного выполнения большого количества операций и высокая конвейеризация. Естественно, от вычислительной модели приложения требуется возможность выдачи большого количества операций, для этого и нужна мультитредовость.

В реальности задержки памяти и сети могут оказаться до десяти раз больше, темп не всегда удается выдерживать равным операция за такт, это особенно относится к коммуникационной сети — сказываются физические ограничения пропускной способности линков передачи данных между узлами внутри сети. По этим причинам выбирается большее количество тредовых устройств, до 64–128 на одно МТ-ядро, что позволяет иметь в одном ядре до 512–1024 одновременно выполняемых обращений к памяти или сети. Дополнительно используются команды обращений к памяти за короткими векторами.

Например, до 8 64-разрядных слов, что позволяет еще больше увеличить количество одновременно выполняемых обращений к памяти и сократить накладные расходы на организацию одного обращения к памяти.

Термин “потокость” в большей степени применим к архитектуре микропроцессоров J10 и может быть использован в смысле обеспечения возможности обработки потоков данных с использованием моделей графов потоков данных. Поддерживаются две графовые потоковые модели — статические и динамические графы.

Эти модели используются для обеспечения большего параллелизма и асинхронности, а статические графы еще и для снижения количества обращений к памяти при передаче данных между узлами. Узел статического графа появляется вместе со всем графом, функционирует некоторое время и потом удаляется вместе с графом. Узел динамического графа может возникать и уничтожаться в процессе функционирования графа.

В китайском варианте [4, 5] эта возможность сохранения и усилена. Для узла динамического графа такая последовательность поступления данных в дуге может быть нарушена, поэтому данные поступают со специальными тегами, по совпадению которых они могут отыскать себе пару в потоке другой дуги. Выполнение операции может быть в порядке, лишь бы была пара, для которой можно выполнить операцию. Такой отбор соответствующих

друг другу данных в потоках дуг требует применения памяти с ассоциативным доступом, в данном случае ассоциативным адресом является тег данных.

Термин “глобально-адресуемая память” в названии микропроцессора следует понимать следующим образом. В микропроцессорах J7/J10 виртуальная память организована так, что при обращении к ней автоматически распознается при трансляции адреса то, в какой узел системы следует обращаться и производится это обращение, что происходит без участия пользователя.

Результаты исследований

Новые принципы модели безопасности доступа на основе исходящей сборки команд и мультидоменной защиты

С учетом развития методов поиска уязвимостей следует говорить о реализации реактивных методов защиты информации, наряду с превентивными.

Вместо классического понятия «локализованная задача» для суперкомпьютеров (СК) следует говорить о параллельных распределенных потоковых структурах, генерируемых и обрабатываемых на разных уровнях иерархии конвейера команд процессорными устройствами, объединенных высокоскоростными сетями. Атрибуты доступа к объекту и привилегии субъекта, связи между ними формализуются в виде набора (конъюнкции) предикатов. Отслеживать взаимодействие и контролировать доступ можно по набору характерных признаков (маркеров), представленных в виде кортежей логических переменных.

Информационная безопасность основана на контроле доступа к объектам управляющих и гостевых операционных систем (ОС), эти объекты можно отнести к разным уровням защиты.

Традиционный подход контроля доступа предполагает использование атрибутов (прав) доступа в запросах к этим объектам на выполнение некоторых операций над ними. Если проверка таких атрибутов оказывается успешной, то доступ к объекту на его уровне защиты разрешается, далее выполняется запрашиваемая операция над ним. При таком подходе оказывается технически возможным перехват запроса и использование его прав доступа в подменяющем его запросе, нацеленном на вредоносное воздействие.

В работе предложена новая математическая модель обеспечения безопасности, основанная на предложенной им за счет добавления одного уровня защиты 8-уровневой модели и новой логики контроля доступа

запросов на выполнение действий с объектами ОС, что реализуется гипервизором с соответствующей организацией, в котором дополнительно используются расширенные автором архитектурные возможности предложенной модели суперкомпьютера.

Практическая значимость заключается в разработке технологии и программно-технических средств на основе предложенных моделей и методов, составляющих принципы реактивной защиты, с учетом внутрисистемных и внешних показателей защищенности и стабильности функционирования высокопроизводительных систем, а также определяется решением следующих прикладных задач:

1. Разработано с учетом специфики СК *принципиально новое технологическое решение*, создающее изолированную среду исполнения программ в виде 8-уровневой “песочницы с реализацией контролирующих механизмов как на уровне гипервизоров, так и на уровне контроллеров транзакционной памяти. Таким образом, решена важная научно-техническая проблема в области создания средств защиты информации для нового класса систем — стационарных и бортовых СК;
2. В ходе экспериментальных исследований получены *новые научные результаты*, подтверждающие эффективность и минимальную потерю производительности применения технологии аппаратной виртуализации в виде многоуровневой “песочницы” для перспективных СК по сравнению с использованием традиционных кластеров;
3. Поскольку невозможно контролировать работу всей аппаратуры, а только осуществлять контроль выполнения запросов на уровне компонентов гипервизора и контроллера транзакционной памяти, в ходе исследований был найден максимальный уровень функционирования агентов СЗИ — S8. При такой конфигурации, когда число уровней иерархии $N = 8$, выполнение контекстно-зависимых операций становится квазидетерминированным с доверительной вероятностью приблизительно 0.9, а потери производительности менее 6–7 процентов;
4. Предложенное технологическое решение позволяет снизить стоимость и продолжительность разработок для отрасли промышленности за счёт переноса большей части испытаний с опытных образцов на программное обеспечение.

В классических процессорах с архитектурой фон-Неймана совместно используются коды данных и программ, что препятствует эффективному ограничению доступа одного объекта к адресному пространству и данным другого. В них также не реализованы механизмы многоуровневой защиты от атак при выполнении системных вызовов в среде многоуровневого контекста вложенных

гостевых и управляющих операционных систем. Например, тегированная архитектура на примере процессора МЦСТ Эльбрус не поддерживает технологию аппаратной виртуализации. Однако отсутствие поддержки аппаратной виртуализации делает подобные архитектурные решения узкоспециализированными и не поддерживающим эмуляцию разного оборудования и поддержку широко используемых гипервизоров.

Кроме того, ряд особенностей технологии аппаратной виртуализации ускоряет работу виртуальных машин и повышает уровень безопасности.

Аппаратная поддержка виртуализации и механизм многоуровневой защиты может снизить накладные расходы на создание изолированной среды исполнения. Однако в любой операционной системе при сопряжении кода ядра с оборудованием на физическом уровне возникают запрещенные состояния — нулевой кортеж данных, к которым процессор запрещает обращаться даже программам в нулевом кольце защиты.

Кроме того, переключение контекста активных задач в защищенном режиме может выполнять только процессорный модуль, поскольку при теневого копировании данных исполняемого кода программист не может получить прямой доступ к информации. Это требует реализации многоуровневой иерархии обработки запросов.

Данный подход был неприменим к микропроцессорам предыдущего поколения из-за низкой производительности. Введение дополнительных уровней привилегий и уровней защиты сильно замедляло работу системы в целом [6]. Высокая производительность СК, наоборот, позволяет быстро анализировать дескрипторные таблицы, вычислять хеш-значения процессов.

Их отличает: самодиагностика, многоуровневая защита, привязка каждого тредового устройства к определенному домену, программирование с использованием нефункциональных, непроцедурных языков — цепочки вычислений в виде селекторов, подстановок справа, слева функциональных вычислений, многоуровневое распараллеливание алгоритмов и т.д.).

При выполнении программы загрузки тредовое устройство работает в особом режиме привилегий — `IPL_LEVEL`. В этом режиме используется физическая адресация при доступе к памяти команд и памяти данных. Затем загружаются диспетчер работы с виртуальной инфраструктурой и хостовые ОС с поддержкой гипервизоров. При этом для модулей ядра используется уровень `KERNEL_LEVEL`, для диспетчера работ с оборудованием — `SUPERVISOR_LEVEL`. На заключительном этапе осуществляется запуск гостевых ОС на уровне `USER_LEVEL`.

Единственным «камнем преткновения» в многоядерных многопроцессорных системах являются задержки проблема эффективной реализации внутрикристалльной сети и работы с памятью.

Мультитредовая организация позволяет одновременно выполнять не один, а несколько потоков команд, что дает возможность увеличить множество выполняемых команд, но важнее — усилить поток одновременно выполняемых операций с памятью.

Потоковая архитектура предполагает применение решающих полей элементарных процессоров в виде статических графов потоков данных.

Это позволяет сократить общее количество обращений к памяти, поскольку на решающем поле данные передаются с одного быстрого ресурса на другой без обращения в память [7]. Мы предлагаем метод реконфигурации среды исполнения с учетом требований мобильности и обеспечения удельных характеристик производительности программы для безопасного расширения функциональности системы или приложения.

Только аппаратная поддержка сегментированных стеков может снизить сложность компилятора и накладные расходы на этот механизм во время исполнения. В любой операционной системе при сопряжении кода ядра с оборудованием на физическом уровне возникают запрещенные состояния — нулевой кортеж данных, к которым процессор запрещает обращаться даже программам в нулевом кольце защиты.

Более того, переключение контекста активных задач в защищенном режиме может выполнять только процессорный модуль, поскольку при теневого копировании данных исполняемого кода программист не может получить прямой доступ к информации. Данные коллизии разрешает новый подход — маркерное сканирование, в котором используются генеративные таблицы [8, 9].

Помимо кодирования адресного разделения колец защиты памяти, в ОС разных классов реализован строго типизированный интерфейс сопряжения с аппаратным ядром процессора и управления Контекстом исполнения бинарного кода с учетом профиля компиляции и сборки — использование маркеров системных объектов.

Конвейер обработки команд следующий. После сборки и выдачи каким-либо тредовым устройством команды обращения к памяти, команда попадает в функциональный блок LSU выполнения команд обращения к памяти. Подготовленный в LSU исполнительный адрес обращения к памяти, затем передается в блок MMU,

в котором происходит трансляция виртуального адреса в физический адрес или глобальный виртуальный адрес.

В случае необходимости обращения к памяти удаленного узла, что определяется автоматически в блоке MMU, через блок управления сетевыми сообщениями MSU, внутрикристальную сеть, сетевой интерфейс с коммуникационной сетью происходит передача аппаратно сформированного системного короткого пакета-сообщения с командой обращения к памяти. Дополнительно заметим, что при продвижении по сети некоторые пакеты могут отклоняться от фактически предписанного таблицей маршрутизации пути, обходя, таким образом, всевозможные “пробки”, которые могут быть им самостоятельно обнаружены. После такого отклонения пакет при определенных условиях может возвратиться на гарантированно бездедлоковое продвижение по сети.

Глобально-адресуемая память дает не только дополнительные удобства программирования, что, как ожидают специалисты, должно сказаться в повышении продуктивности параллельного программирования приблизительно в 10 раз. Также ожидается и повышение эффективности параллельных программ, поскольку двусторонние модели взаимодействий типа “send-receive”, как правило, длинными сообщениями, заменяются односторонними взаимодействиями с использованием коротких сообщений. Реальность достижения большей эффективности при таком переходе к новой модели памяти и организации вычислений доказана уже во многих экспериментах [10].

Между тем, глобально-адресуемая память, используемая множеством параллельных процессов, требует наличия богатых средств синхронизации.

Обычно в качестве таких средств применяются атомарные операции с памятью по типу “считывание-операция-запись”, выполняемые в неделимом (атомарном) режиме. В микропроцессорах J7/J10 кроме таких операций используется также аппарат теговых битов и битов управления выполнением обращений к памяти, имеющих как непосредственно в ячейках памяти, так и в адресах-указателях на них. В программах возможно использование физической и виртуальной адресации. Управление выдачей физических или виртуальных адресов при обращении к памяти производится установкой специального бита в слове состояния треда. Физическая адресация разрешена только в привилегированных режимах ядра ОС и начальной загрузки. Адресация памяти команд и данных осуществляется по разным схемам.

Заключение

В России наиболее продвинутыми являются работы класса “общедоступного уровня”, связанные с разработ-

кой сети МВС-экспресс, в которой используется интерфейс PCI-express и коммуникационные микросхемы PLX. Имеются уже две установки, где этот подход реально используется — К100 (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН) и ПТК (Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет). Усовершенствование аппаратных и программных средств МВС-экспресс продолжается, также отрабатываются приемы эффективного параллельного программирования прикладных задач.

Похожие работы начаты в ОАО “НИЦЭВТ”, но они ориентированы на использование интерфейса HyperTransport. Кроме этого, в ОАО “НИЦЭВТ” ведется работа класса “умеренного уровня” реализации GAS/PGAS — реализуется маршрутизатор сети N-тор и планируется его усиление мультитредовыми ядрами [11].

Работа такого типа ведется и ГК “Т-платформы” по сети Extoall, также разрабатывается свой вариант микропроцессора, но информации об этих разработках нет [12].

Наши изобретательские и рационализаторские предложения были учтены и успешно реализованы в рамках китайского проекта 863/ИТ по созданию защищенных суперкомпьютерных вычислительных комплексов серии СТ-2 (ОКР шифр «Удар грома»), в рамках японского проекта JST CREST “Разработки новых НРС-технологий” 5-го Базового плана развития науки и технологий по созданию суперкомпьютерных вычислительных комплексов (ОКР шифр «Стрела времени»). Главная доработка — были резко усилены вычислительные возможности посредством введения SIMD операций над короткими векторами и элементов графических процессоров типа синхронно выполняемых тредов в дополнение к асинхронным из J7.

Следует отметить, что работы этого направления в Китае ведутся в NUDT, Национальном университете оборонных технологий Китая. Они имеют серьезные перспективы создания в конечном итоге суперкомпьютера экзафлопсного уровня производительности не только для построения информационных систем, но и для решения научно-технических задач с высоким уровнем реальной производительности, т.е. не с пиковой, а реальной производительностью в экзафлопс.

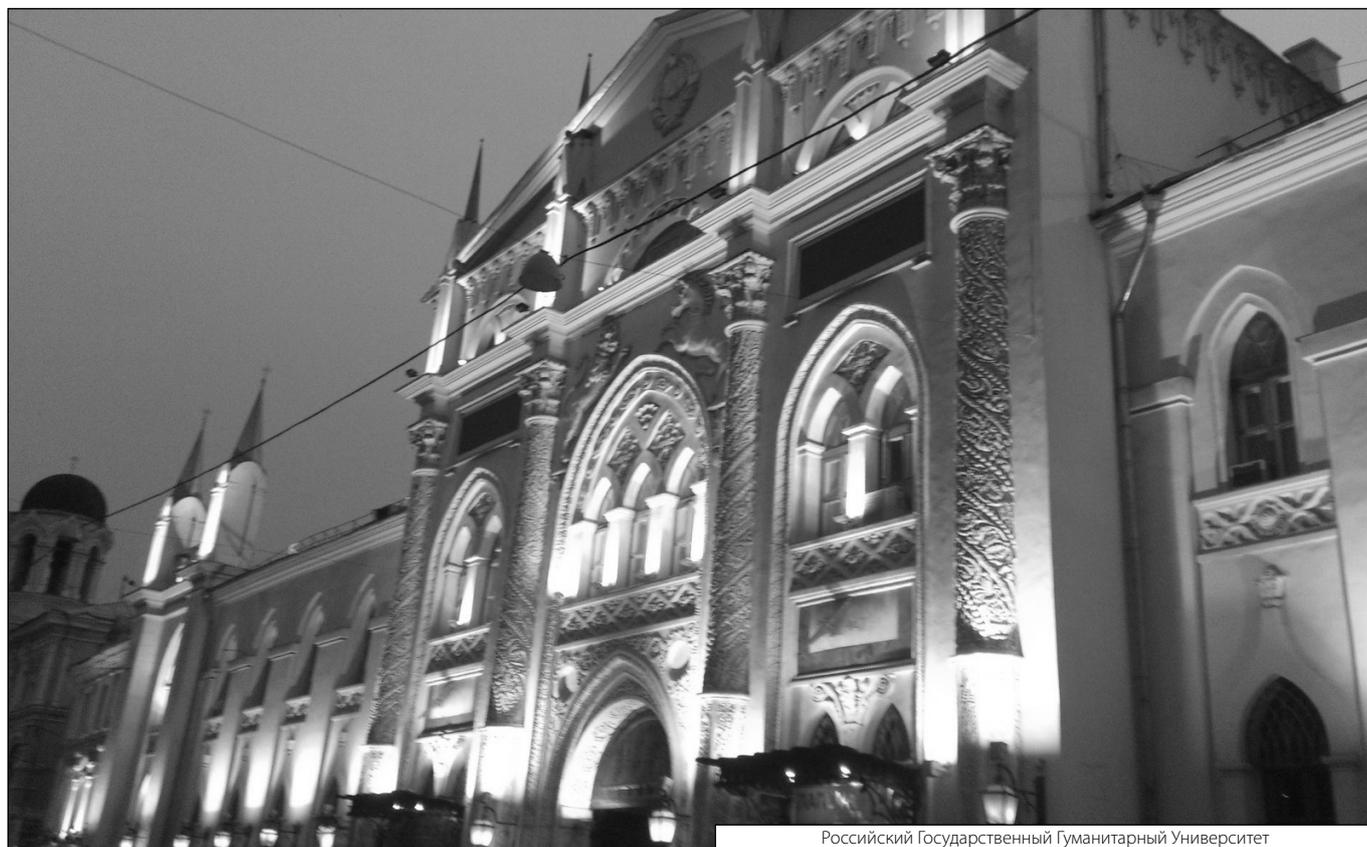
Наиболее актуален средний уровень: на основе уже имеющихся схем реализации мультитредового ядра J7/J10 провести проектирование архитектуры и микроархитектуры этого ядра, учитывая китайский или японский опыт его доработки и близкие американские работы, провести доработки и приемочное тестирование на фрагментах интересующих специальных задач разных ведомств с целью последующего внедрения в промышленную эксплуатацию в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Based on Reconfiguring the Supercomputers Runtime Environment New Security Methods. A.S. Molyakov / *Advances in Science Technology and Engineering Systems Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 291–298 (2020).
2. Main Scientific and Technological Problems in the Field of Architectural Solutions for Supercomputers. A.S. Molyakov / *Computer and Information Science*, Vol. 13, No. 3 (2020). — DOI: 10.5539/cis.v13n3p89.
3. Семенов А.С. Разработка и исследование архитектуры глобально адресуемой памяти мультитредово-поточкового суперкомпьютера. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.13.15 — Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети. Научный руководитель — Эйсымонт Л.К. Москва 2010, 224 стр., защищена в декабре 2010 года, утверждена ВАК в 2011 году.
4. China Net: Military and Special Supercomputer Centers. A.S. Molyakov / *Journal of Electrical and Electronic Engineering* 7 (4), 95–100, 2019. — DOI: 10.11648/j.jeee.20190704.12.
5. Age of Great Chinese Dragon: Supercomputer Centers and High Performance Computing. A.S. Molyakov / *Journal of Electrical and Electronic Engineering* 7 (4), 87–94, 2019. — DOI: 10.11648/j.jeee.20190704.11.
6. New Multilevel Architecture of Secured Supercomputers. AS Molyakov / *Current Trends in Computer Sciences & Applications* 1(3) — 2019. — ISSN: 2643–6744. DOI:10.32474/CTCSA.2019.01.000112.
7. Моляков А.С. Супер-ЭВМ и операционные системы нового поколения / Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра. Международная научно-практическая конференция, Москва, 23 апреля 2019 г.: сборник статей РГГУ. — М., 2019. — С. 196–200.
8. Molyakov, A.S. A Prototype Computer with Non-von Neumann Architecture Based on Strategic Domestic J7 Microprocessor. *Automatic Control and Computer Sciences*. — 2016. — № 50(8). — PP. 682–686.
9. Molyakov, A.S. Token Scanning as a New Scientific Approach in the Creation of Protected Systems: A New Generation OS MICROTEK. *Automatic Control and Computer Sciences*. — 2016. — № 50(8). — PP. 687–692.
10. Горбунов В., Эйсымонт Л. Экзафлопсный барьер: проблемы и решения. «Открытые системы», № 6, 2010, с. 12–15.
11. Л. DARPA УНРС — дорога к экзафлопсам. «Открытые системы», № 12, 2010, <http://www.osp.ru/>.
12. Горбунов В., Елизаров Г. Эйсымонт Л. НРС: региональные новости. «Открытые системы», № 2, 2011, с. 12–16.

© Моляков Андрей Сергеевич (andrei_molyakov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский Государственный Гуманитарный Университет

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

METHODS FOR BUILDING
RECOMMENDER SYSTEMSYu. Morozov
S. Saradgishvili

Summary. Recommender systems are programs that predict which objects are of interest to a given system. Recommender systems have increasingly become part of modern Internet services and online stores. This paper provides an overview of approaches to the formation of attention in the recommendatory principles.

Keywords: recommender systems; methods of recommender systems; collaborative filtering; recommendation methods; content methods; data analysis.

Морозов Юрий АлексеевичАспирант, Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
stonefiz@gmail.com**Сараджишвили Сергей Эрикович**К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого
ssaradg@yandex.ru

Аннотация. Рекомендательные системы — это программы, которые пытаются предсказать какие объекты интересны пользователю данной системы. Рекомендательные системы всё больше становятся частью современных интернет-сервисов и интернет-магазинов. В данной работе проводится обзор подходов к формированию рекомендаций в рекомендательных системах.

Ключевые слова: рекомендательные системы; методы рекомендательных систем; коллаборативная фильтрация; методы рекомендаций; контентные методы; анализ данных.

Рекомендательные системы — это информационные системы для прогноза различных вариантов объектов, товаров или услуг конкретному пользователю [1]. Рекомендации пользователю каких-либо объектов основываются на данных, которые могут быть получены различными способами и будут связаны косвенно или напрямую с пользователем и этими объектами. В качестве данных для анализа могут быть получены через оценку пользователем похожих объектов предварительно (например, оценка понравившихся товаров в интернет-магазинах), могут быть взяты количества прослушиваний музыкальных композиций в музыкальных интернет-сервисах, а в дальнейшем ранжированы по количеству их прослушиваний. Также могут быть взяты количественные характеристики просмотренных объектов в видео-сервисах — самые часто просматриваемые пользователем фильмы и сериалы и т.д.

Несмотря на то, что рекомендательные системы пытаются достичь одной и той же цели, для неё они используют разные методы. В методах построения рекомендательных систем выделяют следующие категории методов:

- ◆ методы коллаборативной (совместной) фильтрации;
- ◆ методы, основанные на контенте (контентные методы);

- ◆ методы, основанные на знании потребностей клиентов (методы, основанные на знаниях);
- ◆ гибридные методы

Коллаборативная фильтрация — это популярный метод предсказания объектов или информации для пользователя системы, который работает с использованием базы данных, которая в свою очередь отражает предпочтения пользователями различных элементов, также называется матрица пользовательских элементов. [2] На рисунке ниже представлен пример матрицы пользовательских элементов, на которых строится коллаборативная фильтрация.

Для данного подхода справедливо предположение, что люди, которые были согласны с чем-то в прошлом, будут согласны с этим и в будущем, и в результате им будут нравиться подобные типы элементов, которые им также нравились в прошлом. Примером данного типа фильтрации может быть такой случай, как мне и моему другу в прошлом нравился одинаковый набор книг, а ему нравится книга, которую я не читал, но потому что мы в прошлом нам нравилась одна и та же книга, то опираясь на данный подход новая книга, которую я не читал, мне тоже должна будет понравиться, таким образом рекомендательная система предложит мне её. Основываясь на этом примере, вместо того чтобы отталкивать

	Item ₁	Item ₂	Item _j	Item _n
User ₁					
User ₂					
.					
User _i					
User _m					

Рис. 1. Матрица пользовательских элементов

ся только от того что нравится моему другу, мы можем также отталкиваться от множества товаров и объектов, которые понравились ранее разным пользователям, и рекомендовать новый товар на основе сходства между этими объектами, которые понравились разным людям. Тут и рассчитывается сходство с использованием оценок и матриц пользовательских элементов. Логика этого алгоритма известна как совместная фильтрация на основе элементов.

Контентные методы фильтрации рекомендательных систем основаны на анализе характеристик и описания товаров и покупателей. Ключевой идеей контентной фильтрации является предположение, что покупатель заинтересован в товарах, аналогичных тем, что куплены. Когда нужно рекомендовать такие документы, как веб-страницы, новости и публикации, метод фильтрации на основе содержимого является наиболее успешным. Т.е. это лучше всего подходит в ситуациях, когда известна информация об элементе, но мало известно информации о пользователе.

Данный подход, основан на описании и характеристиках объектов, которые связаны с пользователем или он покупает эти объекты. Такой подход предполагает наличие большого количества данных о товарах и покупателях (или об объектах и пользователях). Например, все покупатели при приобретении товара заполняют анкету, где они описывают свои социальные и личные характеристики, интересы и т.д. Например, бренд, назначение, цвет и цена товаров могут быть использованы в качестве их описания в интернет-магазинах. На основе накопленных данных о взаимодействиях между покупа-

телями и товарами можно построить выборку для обучения моделей нейронных сетей, чтобы в дальнейшем прогнозировать рекомендуемые товары для пользователя. Также помимо нейронных сетей можно использовать другие различные подходы — модели векторного пространства, такие как частота терминов, обратная частоте документа (TF/IDF), использовать наивно-байесовский классификатор или другие методы статистического анализа. Одним из важных моментов в методах контентной фильтрации можно отметить, что они не нуждаются в профилях других пользователей, поскольку они не влияют на рекомендацию, в отличие от методов коллаборативной фильтрации.

Методы, основанные на знаниях, которые используют знания о потребностях покупателя, служат для построения рекомендуемых экспертами систем. В таких системах алгоритм учитывает знания об объектах и элементах, о пользовательские предпочтения, указанных явно, и разработанных критериях рекомендаций, прежде прогнозировать рекомендуемые объекты. [3] Рекомендации в таких системах, как правило формируются на основе сформулированных вручную правил ассоциаций. Например, мы можем взять ситуацию, при которой создается система, рекомендуемая бытовую технику, такую как кондиционеры для пользователей. В этом случае система должна будет учитывать особенности и характеристики предметов, а пользовательские данные будут собираться путем получения от пользователей дополнительной информации и пожеланий по требованиям характеристик, после чего на основе собранных данных на основе правил по полученным предпочтениям пользователей будут выдаваться рекомендации.

Природа предметной области может определять как синтаксис, так и подходы к разработке таких информационных систем. Для областей, которые имеют серьезные последствия при плохих рекомендациях, система должна быть основана на сильных исследованиях и может быть императивной. Для областей, в которых не может быть серьезных последствий, может быть достаточно системы, основанной на неподтвержденном профессиональном опыте.

В целом, такой подход позволяет обеспечить очень высокое качество рекомендаций, хотя разработка таких систем требует привлечения квалифицированных специалистов для составления, обновления, проверки и добавления правил ассоциаций.

Гибридные методы для построения рекомендательных систем гораздо более распространены в реальном мире, поскольку объединение компонентов из различных подходов может преодолеть различные недостат-

ки. Идея такого подхода заключается в том, что комбинация различных подходов и алгоритмов будет давать более точные и эффективные рекомендации, чем один алгоритм, поскольку слабые стороны одного алгоритма могут быть компенсированы другим алгоритмом. Комбинация подходов может осуществляться любым из способов: отдельная реализация алгоритмов или объединение результатов, использование контентной фильтрации в коллаборативной фильтрации, использование коллаборативной фильтрации в контентном подходе, в общем системы рекомендаций, которая использует вместе разные подходы.

Рекомендательные системы можно с уверенностью назвать перспективным направлением, открывающим новые возможности для получения новых данных пользователями сети, а также несущие особенную ценность для интернет-сервисов, предоставляющих различные услуги, интернет-магазинов и интернет-бизнеса в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цурко В.В. Рекомендательные системы в здравоохранении, «Управление в медико-биологических и экологических системах», Москва — 2019
2. Jurij A. Morozov; Sergej E. Saradgishvili Improving Collaborative Filtering — 2021 IV International Conference on Control in Technical Systems (CTS) — 2021
3. Aditeya Pandey, Sehi L'Y, Nils Gehlenborg Towards a Knowledge-Based Recommendation System for Genomics Visualization — OSF — 2020
4. Francesco RicciLior RokachBracha ShapiraPaul B. Kantor Recommender Systems Handbook — Springer — 2011

© Морозов Юрий Алексеевич (stonefiz@gmail.com), Сараджишвили Сергей Эрикович (ssaradg@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ДЕТЕЙ ПРИНЦИПАМ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

COMPUTER GAME SYSTEMS FOR TEACHING CHILDREN TO THE PRINCIPLES OF HEALTHY NUTRITION

**K. Ovchinnikova
A. Sosnovskaya
O. Romashkova**

Summary. The article discusses the features of the development of a computer game system for teaching children the principles of healthy eating. The analysis of models and scenarios of computer educational games developed and used in Russia is carried out. A proposal is formulated on the feasibility of integrating such computer learning game systems into the project of the Moscow Electronic School.

Keywords: computer game, educational information system, artificial intelligence systems, interactive game systems, software.

Овчинникова Ксения Романовна

*К.п.н., доцент, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва
of_csu_ru@mail.ru*

Сосновская Анна Владимировна

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва
sosnovskaya-tat-vic@yandex.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. В статье обсуждаются особенности разработки компьютерной игровой системы для обучения детей принципам здорового питания. Проводится анализ моделей и сценариев компьютерных обучающих игр, разрабатываемых и используемых в России. Формулируется предложение о целесообразности интеграции таких компьютерных обучающих игровых систем в проект Московской электронной школы.

Ключевые слова: компьютерная игра, обучающая информационная система, системы искусственного интеллекта, интерактивные игровые системы, программное обеспечение.

Введение

Сегодня компьютерные игры рассматриваются не только как развлечение, и разработкой их занимаются не только ИТ-фирмы или отдельные программисты-любители. Компьютерные игры привлекли внимание педагогов и психологов. В исследованиях психологов отмечается как положительное, так и отрицательное влияние компьютерных игр на психику человека, на специфику развития личности в любом возрасте от дошкольного до студенческого. Педагоги, исследуя влияние игр на познавательные способности обучающихся и их образовательные результаты, видят в компьютерных играх большой и мало используемый сегодня обучающий потенциал.

Специально разработанное для поддержки процесса обучения программное обеспечение (ПО) сегодня широко применяются на всех уровнях образования: от дошкольного до высшего профессионального. Но следует заметить, что достижение дидактических целей процес-

са обучения лежит не столько в области использования этого ПО, сколько в области его специальной разработки. Разработка компьютерной игровой обучающей системы – это не только технологическая задача, но и один из вариантов дидактического проектирования процесса обучения на любом уровне образования [1, 2].

Тема здорового питания всех возрастных групп населения, в том числе и детей, актуальна в наши дни как никогда. Это связано с тем, что в век новых технологий, когда реальная жизнь все больше заменяется виртуальной, устанавливаются новые тенденции физического развития детского населения. Дети уделяют больше времени компьютерным играм нежели активному времяпрепровождению. Обучение детей принципам здорового питания — одна из возможностей решения проблемы ухудшения здоровья детей в информационном обществе.

Рассмотрим более подробно особенности разработки компьютерной игровой системы для обучения детей принципам здорового питания.

Модели и сценарии компьютерных обучающих игр, разрабатываемых и используемых в России

Понятие «компьютерная обучающая игра» в научных статьях 5–10 — летней давности понимается как игра с наличием образовательной цели, которую необходимо решить в процессе игровой деятельности.

Анализ научных публикаций позволяет выделить 3 подхода в решении этой задачи: на основе имитационного моделирования, на основе ситуационного моделирования и на основе формально-логической модели. Имитационные модели реализуются в играх-симуляторах. Например, симуляторы управления автотранспортом, самолетом, а также симуляторы реальных жизненных процессов в бизнесе, социуме, медицине и проч. Ситуационное моделирование предполагает использование возможностей компьютерных игр в представлении виртуального мира, отражающего ситуации из реальной жизни, и реализующего ту или иную линию поведения игрока (ведение диалога, выбор решения в рамках сценария и правил сюжета и др.). Это чаще всего игры в ролевом или приключенческом жанре. Формально — логические модели являются основой таких игр, в которых изначально строится формально-логическая модель предметной области и в процессе игры проверяется соответствие вводимых игроком данных заданным в системе модельным данным. Например, это игры на тренировку памяти, различные пазлы и др. К такому же типу следует отнести игры жанра «стратегия», хотя изначально они задумывались не как обучающие. Но формально-логическая модель предметной области, которая в них построена, настолько реалистична и богата, что игры фактически можно рассматривать как обучающие при освоении определенной предметной области.

В [3] выделяются следующие четыре вида сценариев, сочетающих в себе игровые и обучающие принципы в разном соотношении:

- ◆ чисто обучающий сценарий (игры-симуляторы);
- ◆ обучающий сценарий с игровыми элементами;
- ◆ независимые обучающий и игровой сценарии;
- ◆ игровой сценарий с обучающими элементами (комбинированный).

Особо выделим комбинированный сценарий. Данный сценарий является приоритетным в обучающих компьютерных игровых системах, созданных и используемых в России, и ориентированных на любой возраст обучающихся.

Опыт разработки и использования компьютерной игры для обучения основам программирования буду-

щих разработчиков программного обеспечения (студентов вуза) показал, что наиболее эффективным оказался комбинированный сценарий, реализованный в жанре «стратегия». Игра «Камми», в которой реализована модель комбинированного сценария, отражает в виртуальном мире жизнь и развитие главного персонажа игры профессора Камаева, который должен учиться выживать в этом мире, учиться передвигаться, что интерпретируется в терминах объектно-ориентированного программирования с использованием понятий класса и объекта. В итоге сценарий построен таким образом, что игрок неявно стремится к обучающей цели, пытаясь достичь игровой цели.

Представленные примеры показывают, что комбинированный сценарий, привнесённый в виртуальный мир, можно реализовать и на основе формально-логической модели предметной области, и на основе ситуационного моделирования [4, 5]. Что и реализуется разработчиками компьютерных обучающих игр в России.

Интерактивные компьютерные игры «для здоровья», созданные за рубежом

Быстроразвивающаяся сфера интерактивных компьютерных игр в слиянии с технологией виртуальной реальности (VR) привела к возникновению движения «игры для здоровья» во всем мире. Один из главных его принципов состоит в том, что человек становится более вовлечённым в исследование, лечение или обучение, если он мотивирован участвовать с помощью встроенного в VR игрового процесса. В научных публикациях таких стран, как США, Бразилии, ОАЭ можно увидеть анализ применения игр с неиммерсивной VR (обеспечивается без специального оборудования, то есть только персональным компьютером или игровой консолью, дисплеем и устройствами ввода) для взрослых и детей, подтверждающий эффективность использования интерактивных компьютерных игр для поддержки решения проблем со здоровьем. В частности, доказано, что видео- и мобильные игры оказывают положительное влияние на изменение поведения детей. Однако, потенциальное влияние игровых моделей на результаты, представляющие интерес, еще предстоит оценить, особенно для игр с неявными компонентами обучения, поскольку не всегда их использование изменяет пищевое поведение играющих в реальной жизни.

Например, в области обучения здоровому питанию для детей были созданы и проанализированы такие игры как Diab, Squire's Quest! и Squire's Quest! II, Alien Health Game, Creature-101, Virtual Sprouts, Fooya! и многие другие. Опишем некоторые из них и результаты их использования.

Rango Cards

Rango Cards [6] — специально разработанная в Бразилии игра, направленная на формирование здорового пищевого поведения и поощрение рационального питания, выпущена на мобильных платформах в 2017 году. Жанр игры — карточная игра, где необходимо понизить уровень здоровья противника в процессе игры. Цель разработки — преподнесение концепции здоровой и адекватной диеты согласно диетическим рекомендациям для населения Бразилии. Механики игры близки к Hearthstone (Blizzard Entertainment).

В игре Rango Cards реализуется система измерения соли, сахара и жира, уровни которых изменяются после употребления ультраобработанных несбалансированных по содержанию питательных веществ продуктов. Счетчики напрямую влияют на уровень здоровья, энергию игрока и время, доступное в процессе игры. Кроме того, несколько образовательных стратегий, использующих игру для укрепления здоровья, направлены на расширение знаний о важности потребления фруктов и овощей. Значимость потребления фруктов и овощей реализована в игре с помощью дизайна и механики, принятыми для этой категории продуктов питания, в которой натуральные продукты питания увеличивают максимальную энергию, доступную игроку в начале матча.

Отметим, что исследователи особо отмечают: Rango cards обладает следующими преимуществами игрового обучения: возможность принимать решения, стимуляция активного участия игроков, мотивация и персональная удовлетворенность, придание значения понятиям, трудным для понимания. Игровой дизайн, ориентированный на игрока, приводит к более тесной связи между игроком и технологией, обеспечивая повышенную «играбельность» и удовлетворенность, что может привести к многообещающим результатам.

В исследовании, посвященном влиянию использования игры Rango Cards в повседневной жизни на пищевые привычки подростков, приняли участие 319 подростков 13–16 лет из 8 бразильских школ (117 человек — группа внедрения знаний, 202 — контрольная группа). Внедрение игры действительно привело к изменениям в некоторых пищевых привычках подростков. В частности, первоначальное положительное влияние, наблюдаемое в группе внедрения игры — это значительное сокращение привычки принимать пищу во время просмотра телевизора или учебы. Что касается потребления продуктов питания, то игра оказала влияние на частоту приема пищи в ресторанах быстрого питания, которая снизилась в группе внедрения. Такое пищевое поведение является важным маркером из-за его связи с потреблением нездоровой пищи, объяснительные механизмы

которой касаются предпочтений в еде и/или недостатка внимания к выбору пищи.

ObeseGo

ObeseGo [6] — это 3D-игра, созданная в ОАЭ жанра новелла (novel game), в которую можно играть в комфортных домашних условиях. Название игры ObeseGo было вдохновлено исследовательской целью, которая заключается в повышении осведомленности о избыточном весе/ожирении среди детей. Два человека должны играть вместе (например, игрок 1 и игрок 2, который называется болельщиком). Игра может быть использована для расширения знаний детей об определенных общедоступных продуктах питания у них дома и связи между детьми и их родителями в культурно приемлемой манере с помощью видеоигры.

В ObeseGo аватар игрока — ребенок-эмиратец, которого играет ребенок, и аватар болельщика — эмиратец на инвалидной коляске. Значение культуры ОАЭ отражается на мировоззрении игры. Особое значение придается как аватарам игры, так и игровому пространству, и фону.

В этой игре игрок оказывается на кухне с большим количеством различных видов пищи. Продукты питания появляются случайным образом и размещаются в разных местах, могут быть полезными или вредными для здоровья в зависимости от количества потребляемой пищи. Игроку нужно в самом начале выяснить, какие продукты питания помогут ему выиграть игру, а какие нет.

ObeseGo использует передовые технологии интерактивных видеоигр и разработан на базе Unity. Для демонстрации игровой сцены, которая является наиболее распространенной в каждом доме и где находятся разнообразные продукты питания, используется кухня. Игровая сцена спроектирована продуманно, чтобы воспроизвести реальную обстановку, присутствующую в каждом доме.

В исследовании участвовали дети от 5 до 14 лет совместно с их родителями (всего 19 пар). Результаты использования игры ObeseGo показали, что предлагаемая игра может повысить осведомленность детей о влиянии продуктов питания на избыточный вес, сформировать у детей множество положительных привычек, которые могут помочь им вести здоровый образ жизни за счет здорового выбора продуктов питания.

Fooya!

Fooya! [7] представляет собой мобильное игровое приложение, созданное в США и доступное на платформах iOS и Android, в котором используются механизмы

неявного обучения. Основываясь на экспериментах и гипотезах, полученных из детской нейропсихологии, Fooya! было разработано для предоставления лечебных развлечений, которые делают изменение поведения в сторону здорового увлекательным для детей. Благодаря предварительным пилотным исследованиям Fooya! было доказано, что игра дает положительные результаты в отношении выбора продуктов питания, самостоятельного выбора рациона питания и намерений в отношении здорового питания.

Ключевые знания о здоровом питании неявно заложены в Fooya! (например, тот факт, что скорость и форма тела аватара игрока меняются в зависимости от типа потребляемой пищи), а также представлены как факты о питании в конце каждого уровня. Эти знания могут быть эффективно переданы в игре, если ее увлекательный характер может вызвать внутреннюю мотивацию детей обращать внимание и участвовать в игровом нейрокогнитивном обучении.

Fooya! — эпическая экшн-игра с аватаром, сражающимся с роботами, которые представляют нездоровую / вредную пищу. На каждом уровне основные цели игроков — поддерживать хорошую форму тела для аватара и заработать достаточно монет, чтобы выиграть текущий уровень и разблокировать следующий уровень. Форма тела меняется в зависимости от потребления пищи аватаром и физической активности (бег / прыжки), и эти изменения влияют на скорость аватара.

Цель исследования

Непосредственное влияние Fooya!, детской мобильной игры с неявными компонентами обучения, на выбор продуктов питания. В исследовании приняли участие 104 ребенка в возрасте от 10 до 11 лет, случайным образом распределенных в группу лечения (где дети играли в Fooya!, мобильную игру о питании) или контрольную группу (где играли в Uno, настольную игру без обучения о питании). Дети играли в эту игру по 20 минут каждый в течение двух сеансов. После игры на каждом занятии детей просили выбрать 2 из 6 продуктов питания (3 здоровых и 3 нездоровых варианта). В качестве основного результата было использовано количество здоровых выборов на обеих сессиях. Результат сравнения Fooya! со стандартной настольной игрой, не предназначенной для неявного обучения здоровому питанию, показал, что мобильная игра, которая включает неявное обучение в игровую механику, положительно влияет на питание детей, в соответствии с теорией о том, что знания, извлеченные из игры, могут быть использованы для принятия правильных решений, и что игровой опыт может отражаться на выборе продуктов питания в реальном мире.

Squire's Quest II (SQII)

Squire's Quest II (SQII) [8] — это обучающая компьютерная игра, разработанная в США для стимулирования увеличения потребления фруктов и овощей детьми, что может способствовать здоровому образу жизни, такому как здоровое питание. В SQII включены постановка целей, дополнительные образовательные материалы для родителей и непосредственное участие родителей через детей (например, приготовление рецептов).

Детям было предложено попросить своих родителей добавить их любимые фрукты и овощи в меню, готовить рецепты вместе, добавлять свои любимые фрукты и овощи в список покупок или покупать их, иметь возможность присоединиться к своим родителям при покупке продуктов, иметь овощи и фрукты в свободном доступе.

Родители получали информацию через электронные информационные бюллетени и веб-сайт, которые обновлялись каждый сыгранный эпизод, чтобы сопровождать соответствующий игровой контент.

В рандомизированном контролируемом исследовании влияния SQII участвовали 400 пар родитель/ребенок. Критериями отбора были дети 4–5-го классов начальной школы, домашний доступ к высокоскоростному Интернету и родитель, свободно владеющий английским или испанским языками. Внедрение игры было эффективным: результат исследования показал увеличение потребления фруктов и овощей детьми в реальной жизни при немедленном измерении после внедрения игры и при трехмесячном наблюдении.

Virtual Sprouts

Virtual Sprouts [9] — это обучающая компьютерная игра, созданная в США (Калифорния), с игровой платформой в виде планшета (iOS, mac Mini) и используемыми датчиками камера/гироскоп для вознаграждений за дополненную реальность.

Это игра симуляционного типа, разработанная на основе имитационной модели, приглашающая игроков изучить садоводство и кулинарию. В игре игроки могут выращивать фрукты и овощи в виртуальном саду и готовить блюда, отвечающие потребностям в питании и пристрастиям Дотти, виртуальной Божьей коровки. Элементы знаний, которые необходимо усвоить: наука и практика садоводства, процедуры приготовления здоровой пищи, пищевая ценность рецептов и ингредиентов. Предполагаемые изменения в поведении играющих в отношении здоровья: увеличение психосоциальных показателей («самоэффективность» в еде/приготовлении пищи/уходе за садом, внутренняя/

Таблица 1. Интерактивные компьютерные игры «для здоровья», созданные за рубежом

Название игры	Жанр	Страна, где проводилось исследование	Платформа	Игровой движок или язык разработки	Полезный эффект (в группе внедрения игр)
Rango Cards	Карточная Игра	Бразилия	Android and iOS devices	-	Значительное сокращение привычки принимать пищу во время просмотра телевизора или учебы. Частота употребления фастфуда снизилась. Участники заявили о способности готовить здоровую пищу и снизить потребление соли.
ObeseGo	Новелла (novel game)	ОАЭ	ПК или ноутбук	Unity, C#	Увеличение осведомленности о полезных/вредных продуктах питания.
Fooya!	Приключения (action)	США	iOS and Android (мобильная игра)	C#	Положительные результаты в отношении выбора продуктов питания, самостоятельного выбора рациона питания и намерений в отношении здорового питания
Squire's Quest II	Приключения (action)	США	ПК	-	Повышение интереса детей к употреблению фруктов и овощей (дети стали чаще просить у родителей фрукты и овощи).
Virtual Sprouts	Симулятор	США (Калифорния)	Apple iPad mini	Unity	Увеличение употребления фруктов и овощей
Alien Health Game	Симулятор	Нидерланды	ПК, iphone, Kinect	-	Улучшение знаний детей о питании в краткосрочной перспективе

внешняя мотивация); увеличение потребления фруктов и овощей.

После 3-недельного вмешательства участники Virtual Sprouts улучшили совокупную самоэффективность в еде, приготовлении пищи и уходе за садом по сравнению с участниками контрольной группы. Их средний показатель самоэффективности по употреблению фруктов и овощей увеличился на 1,6%, по сравнению со снижением на 10,3% в контрольной группе. У них также была повышенная самоэффективность в приготовлении пищи. Результаты этого исследования показывают, что 3-недельная виртуальная игра в садоводство с образовательными компонентами, основанными на питании и науке, повысила самоэффективность в приготовлении

пищи и употреблении овощей и фруктов преимущественно у испаноязычных и афроамериканских учащихся начальной школы с третьего по пятый класс.

Alien Health Game

Alien Health Game [10] — это игра симуляционного типа, созданная в Нидерландах, имитирующая физические нагрузки, была предназначена для обучения детей младшего школьного возраста правильному питанию и выбору здоровой пищи.

Целью исследования было проверить краткосрочную эффективность видеоигры. В общей сложности 108 голландских детей (10–13 лет; 58 мальчиков, 50 дево-

чек) были случайным образом распределены на группы играющих либо на Alien Health с использованием датчика Kinect в течение двух дней подряд в течение 1 часа игрового процесса (экспериментальное условие; $n = 50$), либо на веб-игру SuperShopper за тот же период (условие активного контроля; $n=58$). Знания участников о питании оценивались на самом раннем, начальном и на 2-недельном этапе наблюдения. Потребление пищи оценивалось при начальном и 2-недельном наблюдении.

Участники, которые играли в Alien Health, имели лучшие знания о пяти наиболее важных макроэлементах пищевых продуктов сразу после тестирования, но не при последующем наблюдении. Участники были лучше способны различать более здоровый продукт питания из двух вариантов с течением времени, но этот эффект не отличался значительно для тех, кто играл Alien Health, по сравнению с контрольной группой, которая играла в SuperShopper (игра, не предназначенная для обучения здоровому питанию). Другими словами, краткое игровое вмешательство может улучшить знания детей о питании в краткосрочной перспективе, но может оказаться недостаточно сильным средством для повышения знаний о питании и изменения фактического пищевого поведения в долгосрочной перспективе.

Результаты сравнения описанных выше игр представлены в таблице 1.

Таким образом, представленный аналитический обзор зарубежных интерактивных компьютерных игр «для здоровья» доказывает, что видеоигры с неявными стратегиями обучения, воспринимаемые детьми как увлекательное занятие, а не как инструмент обучения, предоставляют прекрасную возможность изменить поведение детей в отношении здоровья, предоставляя со-

ответствующие знания неявно. Однако, ответ на вопрос: могут ли эти неявные знания быть усвоены долгосрочно и привести к кардинальному изменению пищевого поведения ребенка в будущем, требует дополнительных исследований.

Выделенные особенности разработки и использования КОИС в России и за рубежом доказывают, что педагогические возможности виртуального мира имеют огромный образовательный потенциал, который реализует не только принцип наглядности обучения, но и изменяет содержание, методы, средства, формы, условия организации процесса обучения.

Заключение

Резюмируя, обозначим кратко особенности разработки компьютерной игровой системы для обучения детей принципам здорового питания:

- ◆ Приоритетным сценарием, сочетающим в себе игровые и обучающие принципы, является комбинированный сценарий в жанре «стратегия», построенный на основе ситуационного моделирования и формально-логической модели соответствующей предметной области.
- ◆ Компьютерные игровые обучающие системы являются особыми образовательными электронными ресурсами, которые не могут существовать в бумажном виде, и которые обеспечивают достижение образовательной цели на основе игровой деятельности неявно в процессе достижения игровой цели. Целесообразно проводить интеграцию таких систем в проект МЭШ (Московская Электронная Школа), поскольку именно такие электронные ресурсы обеспечат принципиальную трансформацию традиционного обучения, обогатят методическую поддержку учебного процесса в школе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинникова К.Р. Проектирование электронных средств обучения в контексте модернизации непрерывного профессионального образования // Высшее образование в России. — 2014. — № 1. — С. 103–108.
2. Ромашкова О.А., Моргун А.И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 3. С. 88–95.
3. Шабалина О.А. Разработка обучающих компьютерных игр: как сохранить баланс между обучающей и игровой компонентой? / О.А. Шабалина // Образовательные технологии и общество. — 2013. — Т. 16. — № 3. — С. 587–602.
4. Овчинникова К.Р., Соколинский Л.Б. Электронный учебный курс в системе открытого образования // В сборнике: Телематика — 2002. материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2002. С. 330–332.
5. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А. Модель эффективного управления объединенной образовательной системой (структурой) // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. С. 16–18.
6. Alnaqbi F. et al. (2021) A Novel Cooperative Game for Reinforcing Obesity Awareness Amongst Children in UAE. In: Zimmermann A., Howlett R., Jain L. (eds) Human Centred Intelligent Systems. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 189. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5784-2_5

7. Bell B.M., Martinez L., Gotsis M., Lane H.C., Davis J.N., Antunez-Castillo L., Ragusa G., Spruijt-Metz D. Virtual Sprouts: A Virtual Gardening Pilot Intervention Increases Self-Efficacy to Cook and Eat Fruits and Vegetables in Minority Youth. *Games Health J.* 2018 Apr;7(2):127–135. doi: 10.1089/g4h.2017.0102. Epub 2018 Feb 2. PMID: 29394102; PMCID: PMC5905860.
8. DeSmet A., Liu Y., De Bourdeaudhuij I, Baranowski T, Thompson D. The effectiveness of asking behaviors among 9–11 year-old children in increasing home availability and children's intake of fruit and vegetables: results from the Squire's Quest II self-regulation game intervention. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017 Apr 21;14(1):51. doi: 10.1186/s12966-017-0506-y. PMID: 28431547; PMCID: PMC5399846.
9. Chagas C.M.D.S., Melo G.R., Botelho R.B.A., Toral N. Effects of the Rango Cards game intervention on food consumption, nutritional knowledge and self-efficacy in the adoption of healthy eating practices of high school students: a cluster randomised controlled trial. *Public Health Nutr.* 2020 Sep;23(13):2424–2433. doi: 10.1017/S1368980020000531. Epub 2020 Jun 1. PMID: 32476640.
10. Hermans R.C.J., van den Broek N., Nederkoorn C., Otten R., Ruiteer E.L.M., Johnson-Glenberg M.C. Feed the Alien! The Effects of a Nutrition Instruction Game on Children's Nutritional Knowledge and Food Intake. *Games Health J.* 2018 Jun;7(3):164–174. doi: 10.1089/g4h.2017.0055. Epub 2018 Apr 10. PMID: 29634366.

© Овчинникова Ксения Романовна (of_csu_ru@mail.ru),

Сосновская Анна Владимировна (sosnovskaya-tat-vic@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская Академия Народного Хозяйства и Государственной Службы при Президенте Российской Федерации

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

FUNCTIONAL MODELS OF INFORMATION SYSTEM PROCESSES FOR CLIMATE AND ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE ARCTIC REGION

**A. Petrova
O. Romashkova
T. Ermakova
S. Chiskidov**

Summary. Existing information processes for climate and environmental monitoring are considered. The results of the development of models for the functioning of an information system for observing climatic conditions and the environment in the Arctic region are presented.

Keywords: climate, environment, monitoring, Arctic region, functioning model.

Петрова Алина Михайловна

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», г. Москва
dom760@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Ермакова Татьяна Николаевна

К.т.н., доцент, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», г. Москва
ermaktat@bk.ru

Чискидов Сергей Васильевич

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки (Московская обл.)
chis69@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены существующие информационные процессы мониторинга климата и окружающей среды. Представлены полученные результаты разработки моделей функционирования информационной системы наблюдения климатических условий и окружающей среды в арктическом регионе.

Ключевые слова: климат, окружающая среда, мониторинг, арктический регион, модель функционирования.

Введение

На данный момент в современном мире существует множество программных систем мониторинга климата [1]. Были изучены существующие информационные процессы мониторинга климата и окружающей среды. На основе проведенного исследования возникла необходимость в разработке моделей процессов функционирования, которые будут служить базисом для создания проекта информационной системы (ИС) мониторинга климатических условий и окружающей среды в арктическом регионе.

Схема информационных потоков отдела мониторинга

Согласно организационной структуре отдела мониторинга, взаимодействие между должностными лицами отдела происходит по схеме информационных потоков, которая изображена на рисунке 1.

Начальник отдела мониторинга направляет указание на подготовку отчета по мониторингу, в ответ получает сформированный отчет, который перенаправляет непосредственно начальнику комплекса наземных средств,



Рис. 1. Схема информационных потоков отдела мониторинга



Рис. 2. Исходная контекстная диаграмма

а он, собственно, уже докладывает заместителю главного конструктора по радиотехническим и наземным системам. Ведущий программист взаимодействует с ведущим инженером-электроником и ведущим инженером-конструктором, предоставляя доступ к базе данных программной системы мониторинга (ПСМ) КОСАР. Ведущий инженер-электроник вносит информацию о климатических показателях в базу данных ПСМ КОСАР. Ведущий инженер-конструктор направляет запрос в базу данных для формирования отчета, в ответ получает сформированный отчет и докладывает начальнику отдела мониторинга.

Для разработки моделей процессов функционирования ИС наблюдения климатических условий и окружающей среды в арктическом регионе был произведен выбор инструментальной программы CA ERwin Process Modeler [2–3].

Была сформирована модель, наглядным образом показывающая информационные процессы функционирования ИС наблюдения климатических условий и окру-

жающей среды в арктическом регионе, в нотации IDEF0 и IDEF3 [4–5].

Исходная контекстная диаграмма отражена на рисунке 2 с точки зрения генерального директора научно-производственного объединения.

После характеристики работы целиком осуществляется расщепление ее на обособленные подпроцессы и формируются схемы декомпозиции. В итоге декомпозиции процесса «Осуществлять деятельность по мониторингу климата и окружающей среды в арктическом регионе» сформировалась схема начального уровня декомпозиции (рисунок 3), на которой процесс мониторинга климата и окружающей среды расписан более детально:

1. Определение технологии проведения мониторинга;
2. Запуск процесса мониторинга климата и окружающей среды;
3. Анализ полученных климатических показателей;
4. Подготовка отчетности об итогах наблюдения климатических условий и окружающей среды.

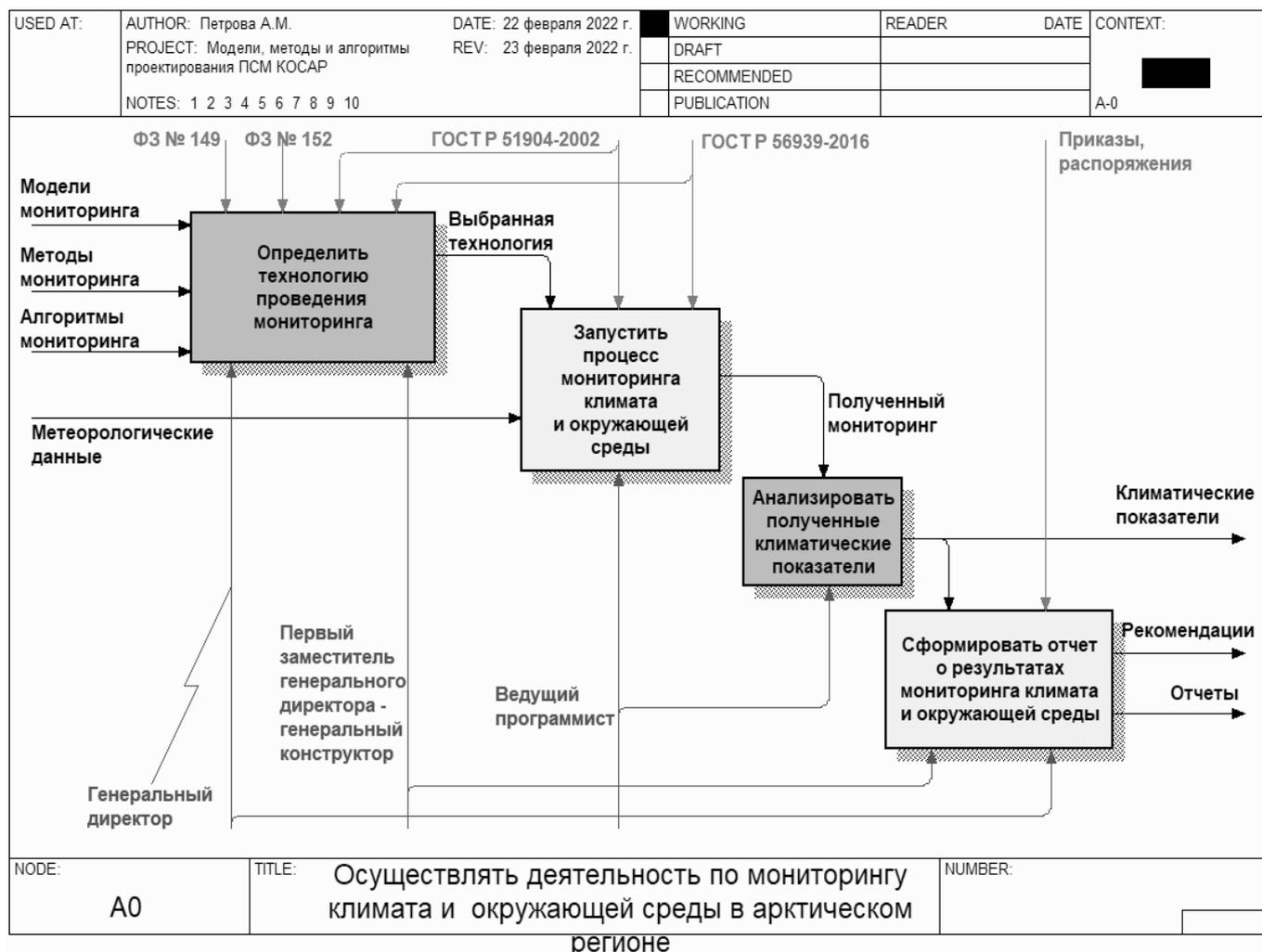


Рис. 3. Диаграмма начального уровня декомпозиции

На основании имеющихся моделей, методов и алгоритмов наблюдения осуществляется определение технологии реализации наблюдения, с помощью которой осуществляется запуск процесса наблюдения климатических условий и окружающей среды. После получения данных наблюдения производится анализ полученных климатических показателей и формируются отчетные документы об итогах наблюдения климатических условий и окружающей среды.

В дальнейшем произошло формирование схем описания последовательности этапов работ процессов (ОПЭРП) IDEF3, наглядным образом отражающих жизнедеятельность каждого из выделенных подпроцессов. На рисунке 4 представлена схема ОПЭРП определения технологии проведения мониторинга, расщепляющаяся на следующие задачи: «Изучить модели, методы и алгоритмы мониторинга»; «Выбрать модель мониторинга»; «Выбрать метод мониторинга»; «Выбрать алгоритм мо-

нитинга»; «Выдать технологию проведения мониторинга».

На рисунке 5 изображена схема ОПЭРП «Запустить процесс мониторинга климата и окружающей среды» со следующими подзадачами: «Ввести параметры для мониторинга»; «Установить дату и время»; «Установить долготу и широту местности»; «Запустить мониторинг».

Следующей формируется схема ОПЭРП анализа полученных климатических показателей (рисунок 6). Сначала открывается полученный мониторинг. Далее выбираются из списка параметры мониторинга и выполняется учет возможных ошибок. Затем проводится анализ полученного результата мониторинга.

На рисунке 7 представлена схема ОПЭРП формирования отчетности об итогах наблюдения климатических условий и окружающей среды.

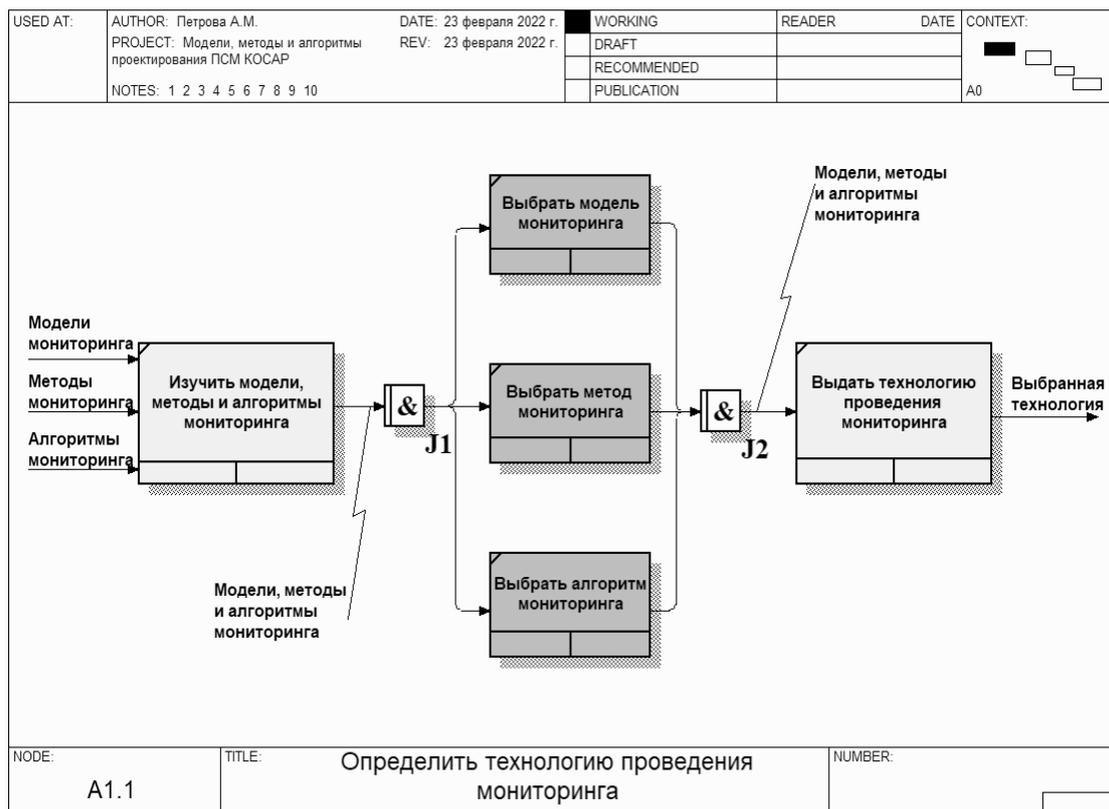


Рис. 4. Схема ОПЭРП «Определить технологию проведения мониторинга»

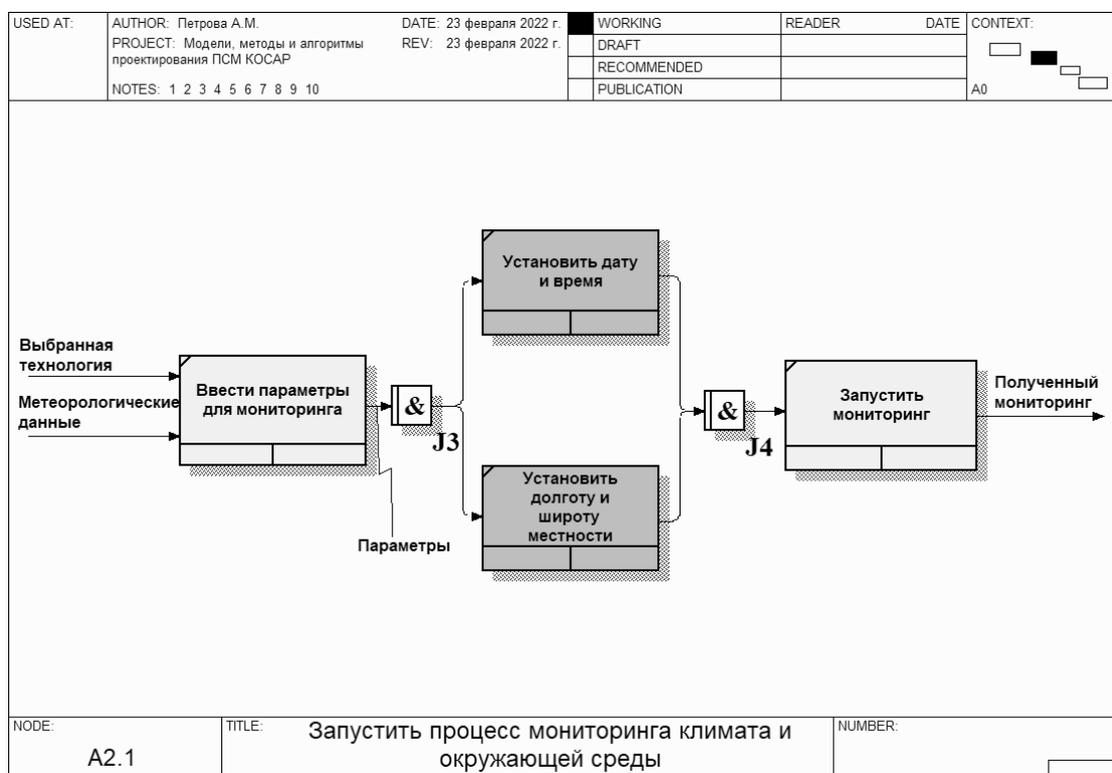


Рис. 5. Схема ОПЭРП «Запустить процесс мониторинга климата и окружающей среды»

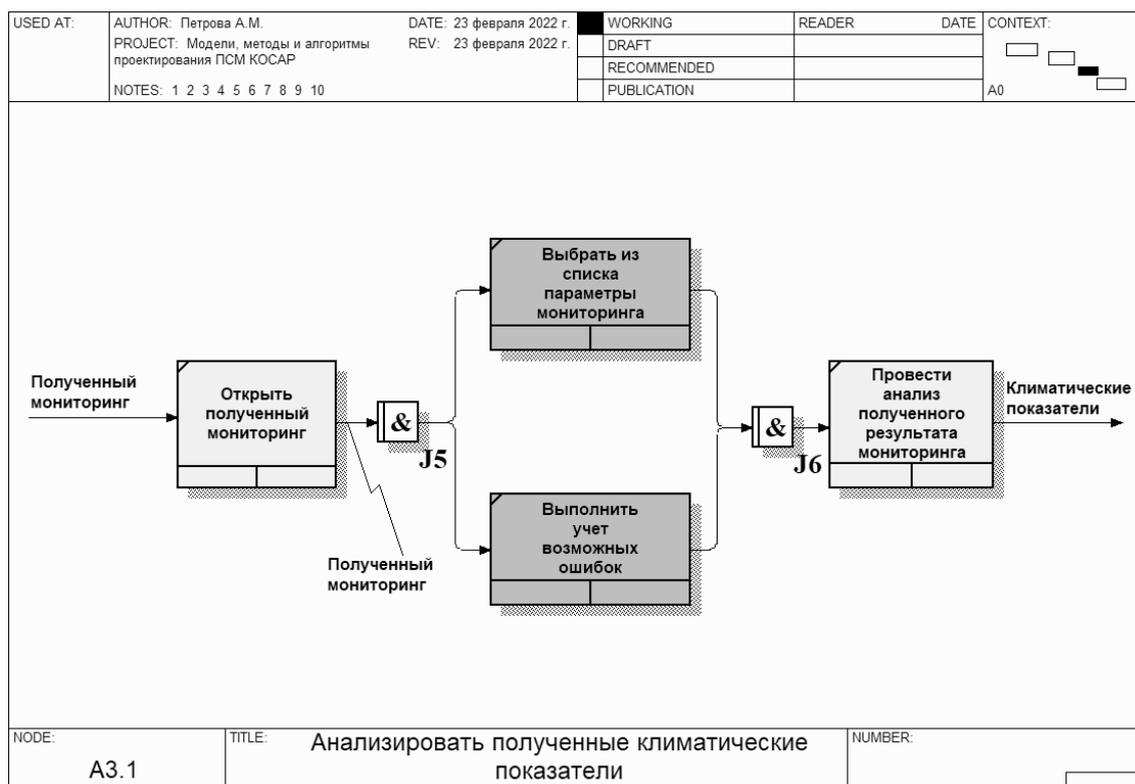


Рис. 6. Схема ОПЭРП «Анализировать полученные климатические показатели»



Рис. 7. Схема ОПЭРП «Сформировать отчет о результатах мониторинга климата и окружающей среды»

ПСМ КОСАР должна удовлетворять следующим основным функциональным требованиям:

1. автоматизировать ведение базы данных о полученных исходных характеристиках климата и окружающей среды;
2. выполнять автоматизированное прогнозирование численных значений характеристик климата и окружающей среды на основе мониторинга поверхности Земли;
3. автоматизировать выполнение мониторинга окружающей среды;

4. автоматизировать формирование отчетности о результатах мониторинга климата и окружающей среды.

Заключение

Разработанные модели процессов функционирования информационной системы наблюдения климатических условий и окружающей среды в арктическом регионе выступили базисом для дальнейшего создания ПСМ КОСАР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Линейное ранжирование показателей оценки деятельности вуза // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 1. С. 245–255.
2. Кондратьева Л.А., Ромашкова О.Н. Системы регулирования движения на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, 2003. — 52 с.
3. Ромашкова О.Н., Фролов П.А. Технология расчета показателей прибыльности и рентабельности в коммерческой организации // Фундаментальные исследования. 2016. № 4–1. С. 102–106.
4. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 3. С. 39–44.
5. Kaptelev 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, SOSG 2019. 2019. С. 8706719.

© Петрова Алина Михайловна (dom760@yandex.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru),

Ермакова Татьяна Николаевна (ermaktat@bk.ru), Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский городской педагогический университет

О ПЕРСПЕКТИВАХ ВНЕДРЕНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГРАФИЧЕСКИЙ ФОРМАТ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

ON THE PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF BIOMETRIC INFORMATION INTO A GRAPHICAL SPEECH SIGNAL FORMAT

**I. Savelyev
A. Antipenko**

Summary. Currently, due to the improvement of machine learning algorithms, as well as a significant reduction in the cost of computing power of server equipment, deepfake audio technologies are becoming more and more popular, which allow artificially synthesizing (faking) the speaker's voice. The article discusses the main areas of application of deepfake audio, the threats that these technologies carry, as well as ways to stop them, one of which is the use of a speech signature. A software and hardware complex are presented that allows, based on the method of calculating the phase characteristics of voice vocalisms, including embedding biometric information in the graphic format of a speech signal.

Keywords: voice vocalisms, speech information protection, intelligibility, speech signal, phase characteristics, sinusoidal model, biometrics.

Савельев Иван Андреевич

*К.т.н., доцент, Финансовый университет при
Правительстве РФ, г. Москва
IASavelyev@fa.ru*

Антипенко Антон Олегович

*Аспирант, Финансовый университет при
Правительстве РФ, г. Москва
An-go-55@yandex.ru*

Аннотация. В настоящее время из-за совершенствования алгоритмов машинного обучения, а также существенного удешевления вычислительной мощности серверного оборудования становятся всё более доступными, и, следовательно, популярными технологии дипфейк-аудио, позволяющие искусственно синтезировать (подделывать) голос диктора. В статье рассматриваются основные сферы применения дипфейк-аудио, угрозы, которые несут в себе данные технологии, а также способы их купирования, одним из которых является использование речевой подписи. Представлен программно-аппаратный комплекс, позволяющий на основе метода вычисления фазовых характеристик голосовых вокализмов в том числе встраивать биометрическую информацию в графический формат речевого сигнала.

Ключевые слова: голосовые вокализмы, защита речевой информации, разборчивость, речевой сигнал, фазовые характеристики, синусоидальная модель, биометрия.

Введение

Одним из самых перспективных и быстроразвивающихся направлений в области информационных технологий в 2010-х годах стали разработки, основанные на распознавании и синтезе голоса человека. Это напрямую происходит из их естественности и удобства для пользователя [1]. При этом математический аппарат, позволяющий проводить соответствующие преобразования, был в основном разработан ещё в 80-е годы прошлого века, однако тогда такие вычисления оказались слишком трудоёмкими, мощностей серверов не хватало даже для низкокачественного синтеза речи. Сейчас ситуация кардинально изменилась — стоимость вычислений падает из года в год, а развитие нейросетевых технологий позволяет существенно упростить решение задач, которые ранее требовали колоссальных ресурсов. Вместе с этим появилось и большое количество как библиотек для разработчиков, так и готовых сервисов, предоставляющих функции высококачественного распознавания, анализа, синтеза голоса. Однако, как это часто и бывает, новые технологии быстро осваивают и злоумышленники, при-

меняя их с целью нарушения целостности систем голосовой связи путём создания так называемых дипфейк-аудио [2]. Одним из методов эффективного купирования новых угроз может быть, в том числе, применение речевой подписи на основе фазовых характеристик голосовых вокализмов.

Речь и основные угрозы речевой информации

Многие учёные говорят о том, что именно устная речь стала одним из главных факторов развития человечества в прошлом, позволив обмениваться знаниями между индивидуумами, передавать достижения и жизненный опыт из поколения в поколение. Под речью учёные понимают исторически сложившуюся форму общения людей посредством языковых конструкций, создаваемых на основе определённых правил [3]. Базовым компонентом речи являются звуки, которые формируются в голосовом аппарате человека посредством колебаний, далее они переносятся по среде передачи, например в воздухе, и только после этого колебания попадают на барабанную перепонку человека, где преобразуются

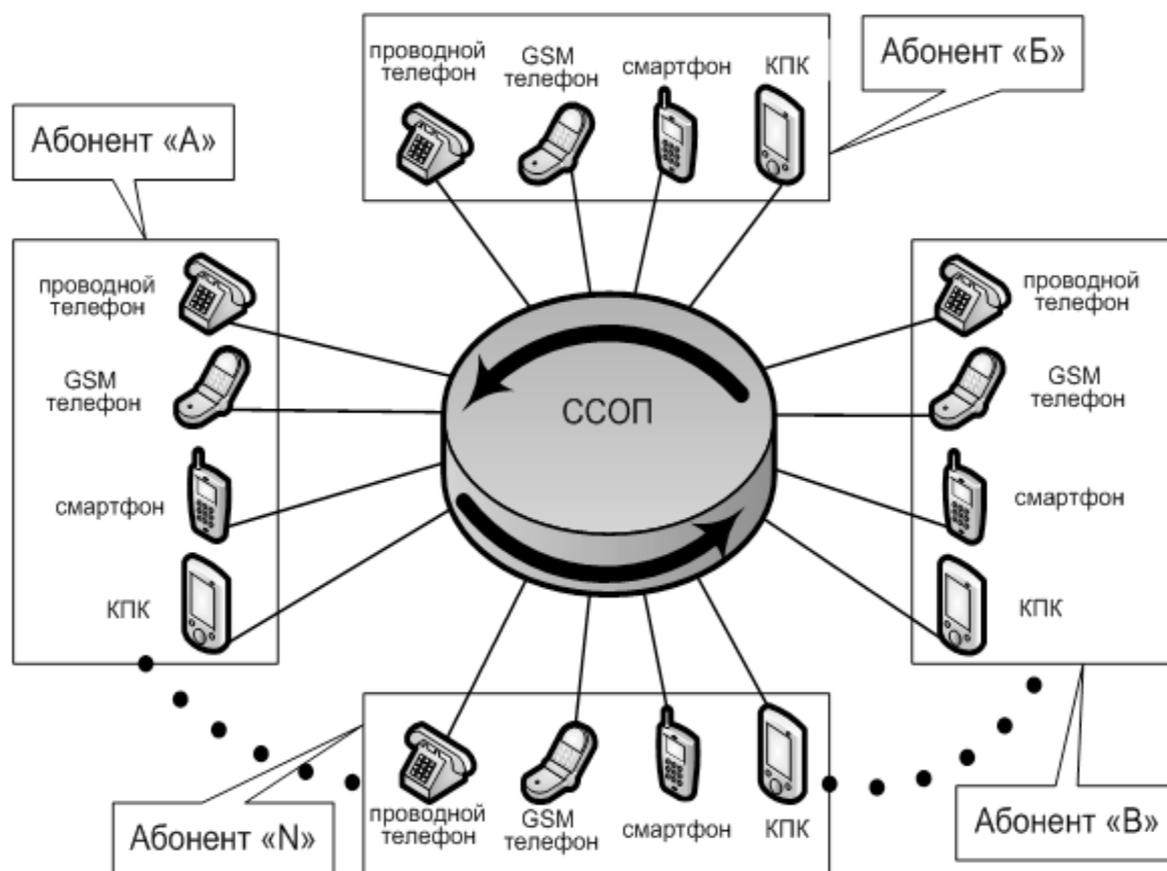


Рис. 1. Современная модель голосовой связи

в электрические сигналы, которые интерпретируются в головном мозге.

К основным характеристикам речевого сигнала относятся энергетические характеристики (плотность энергии, интенсивность), временные (темп), амплитудные (громкость), и частотные (диапазон). Вместе с тем существуют ещё и фазовые характеристики речевых сигналов, которым уделяется мало внимания, но, однако они несут достаточно много полезной информации о личности диктора [4, 5].

В современном мире человечество перешло от моделей личного голосового взаимодействия к виртуальным пространствам путём организации различных распределённых информационных систем. Такие информационные системы намного сложнее традиционных, и могут включать в себя миллионы подвижных абонентов, единиц вышек связи, серверного и сетевого оборудования. Визуальная модель такой современной системы связи представлена на рисунке 1.

На системы речевой связи действуют все те же самые угрозы информационной безопасности, как и на любые

другие информационные системы, а именно угрозы конфиденциальности, доступности и целостности.

При этом вместе с нарастающей сложностью систем связи соответственно увеличивается и поверхность возможных на них атак, а также количество уязвимостей. Например, если у нас есть простейшая система связи для проведения переговоров по конфиденциальным вопросам, включающая в себя двух людей и специальное помещение, то по сути единственным классом угроз для неё будут угрозы конфиденциальности — злоумышленник может перехватить переговоры с помощью специальных средств (например подслушивающих устройств), либо, если наше помещение совсем плохо защищено от технических каналов утечки информации, просто физически подслушать разговор из смежного помещения в необходимый момент времени (сделать это возможно и без каких-либо технических средств).

Вместе с тем, если эксплуатируется сложная разветвлённая система связи, то мы сталкиваемся с возможностью реализации всех классов угроз информационной безопасности — и угроз конфиденциальности, и угроз целостности, и угроз доступности. К угрозам доступ-



Рис. 2. Методы защиты речевой информации

ности речевой информации можно отнести, например, поломку сетевого оборудования. В таком случае связь будет недоступна, абонент не сможет дозвониться и провести необходимые переговоры. Другой причиной недоступности может служить заражение серверов вредоносным программным обеспечением, в результате чего их нормальная работа может быть нарушена. Угроза конфиденциальности может быть реализована путём перехвата речевой информации. Угрозы нарушения целостности подробно будут рассмотрены ниже, однако отметим, что к таким угрозам относят несанкционированное изменение аудиоинформации или нарушение её аутентичности. На рисунке 2 представлены основные методы защиты речевой информации от угроз целостности, доступности и конфиденциальности.

В последнее время внимание злоумышленников сконцентрировано на возможности нарушения целостности речевой информации. Новые современные алгоритмы, построенные на машинном обучении и нейросетевых технологиях, а также стремительное увеличение вычислительной мощности как домашних компьютеров, так и серверов позволило значительно облегчить задачу анализа и синтеза искусственной речи. Таким образом технологии, которые ранее были недоступны широкой публике, стали обыденными. Вместе со снижением порога вхождения данную область смогли использовать и среднестатистические злоумышленники, хотя ранее атаки на целостность речевой информации были под силу лишь государственным структурам.

Примером нарушения целостности голоса с помощью нейросетевых технологий может служить случай, произошедший в Великобритании в 2019 году. Тогда злоумышленникам удалось построить модель речи одного из состоятельных клиентов банка, которого обслуживал личный менеджер. Построив модель речи и узнав телефон управляющего, злоумышленники позвонили ему от имени клиента, а тот, узнав голос, без лишних вопросов и проверок перевёл по личному указанию на сторонний нелегитимный счёт около \$240'000 [6]. Аналогичный случай произошёл с одним из банков ОАЭ в 2020 году, тогда злоумышленникам удалось вывести порядка \$400'000 [7].

Для купирования многих угроз целостности речевой информации, в том числе представленных выше, можно использовать технологию речевой подписи на основе фазовых характеристик голосовых вокализмов, о которой мы расскажем далее. Эта технология, с одной стороны, позволит увеличить точность распознавания голоса диктора, а с другой стороны встроить в графическое изображение сигнала некоторые биометрические признаки человека, такие как собственноручную подпись или изображение отпечатка пальца.

Построение фазограмм голосового сигнала

Для анализа и синтеза речи используют различные варианты математических моделей, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, при этом идеальной модели, которая одинаково хорошо подходит для решения всех задач речеобработки и речепреобразования, не существует. Вместе с тем подавляющее большинство моделей не учитывают (отбрасывают) фазовые характеристики голосовых вокализмов из-за их неочевидной пользы, а также сложности вычислений. Авторы статьи считают, что именно внедрение фазовых характеристик в существующие модели позволит значительно масштабировать их сферу применения.

В качестве базовой модели в исследовании авторы предлагают рассмотреть описание голосового сигнала на основе синусоидальной модели Куатъери и МакАуэля [8]:

$$S_{\overline{SR}}(n) = \sum_{k=1}^L A_k \cos(\varphi_k + n\Omega_k),$$

в которой L — число синусоид (изменяется во времени), а \overline{SR} обозначает синусоидальное представление.

Модель можно сделать более эффективной, если знать, что основное количество информации в голосовом сигнале сконцентрировано в низких частотах, тогда:

$$S_{\overline{HR}}(n) = \sum_{k=1}^{L(\Omega_0)} A_k \cos(n\Omega_0 k + \varphi_k),$$

в формуле \overline{HR} обозначает гармоническое представление аудиосигнала, Ω_0 — частота основного тона, $L(\Omega_0)$ — количество гармоник заданной частоты.

Предложен следующий способ учёта вариативности акустического описания речевого сигнала. На вокализованных участках протяжённостью Δt , в точках анализа с шагом r , речевой сигнал может быть представлен суммой M его составляющих гармоник:

$$S_r(t) = \sum_{k=0}^{M-1} A_k \cos(\omega_k t + \psi_k)$$

Для данного временного участка речи Δt и точки анализа r вводятся понятия вектора начальных фаз ψ_r и вектора приведённых начальных фаз $\overline{\psi}_r$:

$$\psi_r = \begin{bmatrix} \psi_{M-1} \\ \psi_{M-2} \\ \vdots \\ \psi_1 \\ \psi_0 \end{bmatrix}$$

$$\overline{\psi}_r = \begin{bmatrix} \psi_{M-1} - \psi_0 \\ \psi_{M-2} - \psi_0 \\ \vdots \\ \psi_1 - \psi_0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Отмечено, что в качестве опорной начальной фазы в $\overline{\psi}_r$ можно взять фазу любой гармонической составляющей речевого сигнала, а не только ψ_0 . Такое приведение фаз всех имеющихся на анализируемом участке гармоник к одной опорной необходимо для снятия неопределённости, связанной с выбором точки начала отсчёта при выполнении процедур анализа.

Предлагается метод нахождения вектора приведённых начальных фаз. Устранив из изначальной формулы $S_r(t)$ амплитуду гармоник, получаем следующее описание данного вокализованного участка речи протяжённостью Δt :

$$\overline{S}_r(t) = \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\psi_k t + \psi_k)$$

Один из моментов времени t_0 на отрезке анализируемого вокализованного участка речи принимается за начало отсчёта. Далее строится система уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{S_r(t_0)} = \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\omega_k t_0 + \varphi_k) \\ \overline{S_r(t_0 + r)} = \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\omega_k (t_0 + r) + \varphi_k) \\ \vdots \\ \overline{S_r(t_0 + (M-1) \cdot r)} = \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\omega_k (t_0 + (M-1) \cdot r) + \varphi_k) \\ \overline{S_r(t_0 + M \cdot r)} = \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\omega_k (t_0 + M \cdot r) + \varphi_k) \end{array} \right.$$

Формула 1



Рис. 3. Начальное окно программы в среде ОС Microsoft Windows

размерностью равной числу гармоник M , находящихся в интервале анализа (формула 1).

Результатом решения этой системы являются векторы $\{\cos \varphi_r\}$ и $\{\cos \overline{\varphi_r}\}$. Причём последний вектор получается посредством несложного пересчёта из первого вектора. Процедура решения системы повторяется на всём протяжении вокализованного участка Δt для более точного определения вектора косинусов приведённых начальных фаз $\{\cos \overline{\varphi_r}\}$.

Выражение $\{\cos \overline{\varphi_r}\}$ может приниматься за эталонное описание в системах верификации. Аналитическая часть процесса верификации будет состоять из срав-

нения эталонного вектора косинусов приведённых начальных фаз с аналогичным вектором, вычисляемым из анализируемого звука по заданной мере со степенью точности, отмеченной ранее.

Внедрение биометрических характеристик в графический формат речевого сигнала

Для автоматизированного вычисления фазовых характеристик и анализа голосовых вокализов авторами был разработан специализированный мультифункциональный программный комплекс, который позволяет не только проводить анализ, но и совершать различные

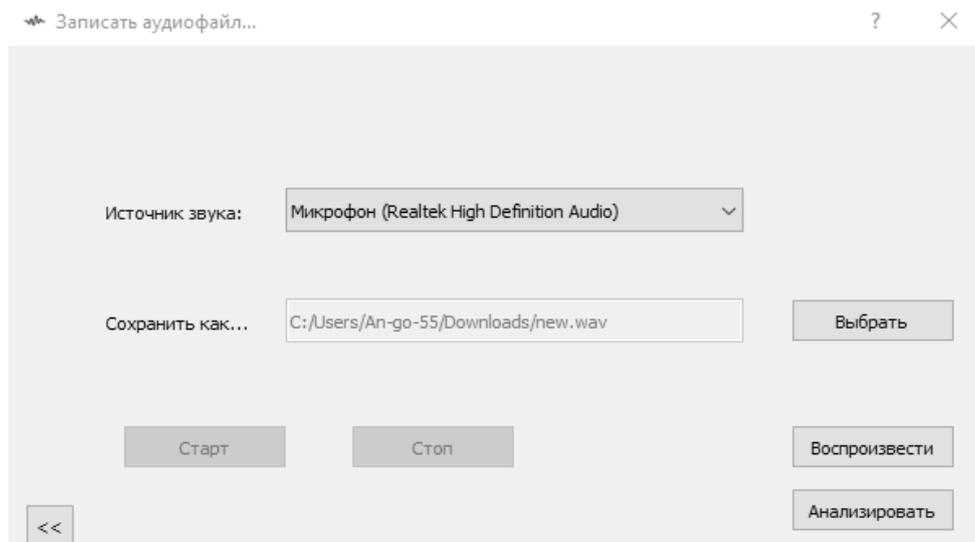


Рис. 4. Окно записи аудиофайла в среде ОС Microsoft Windows

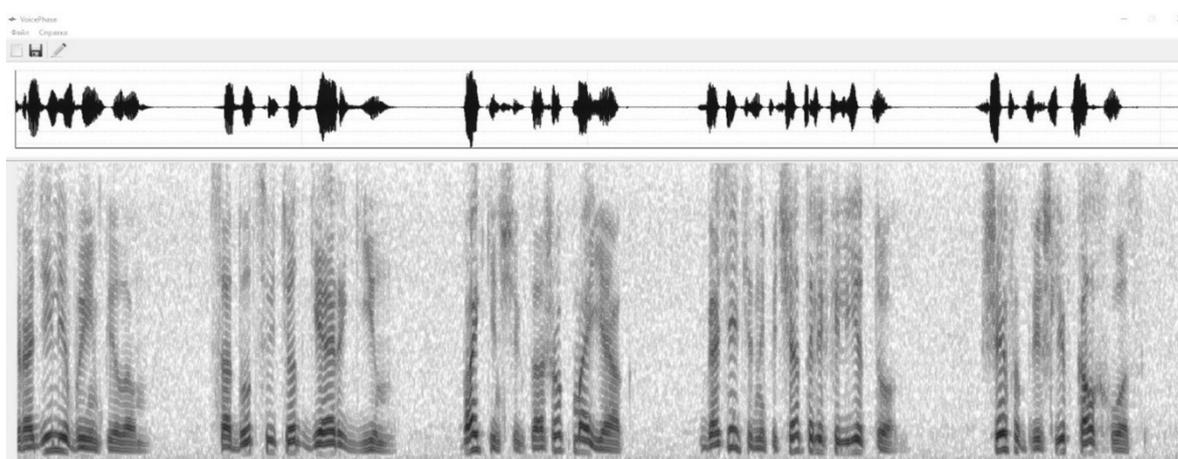


Рис. 5. Основное рабочее окно программы с анализом аудиофайла

звуковые преобразования (например, шумоочистку), строить фазограммы, а также включать в них избыточную информацию, в том числе биометрическую.

Программа разработана на языке программирования C++ с использованием кроссплатформенного фреймворка Qt 5.15.2, который позволяет запускать программное обеспечение в различных операционных системах — как в настольных (Windows, Linux, MacOS), так и в мобильных (Android, iOS), с соответствующей адаптацией интерфейса к размеру и разрешению дисплея [9, 10]. Скриншот стартового экрана программы представлен на рисунке 3. В основе вычисления фазовых характеристик голосовых вокализмов, и, соответственно, построения на их основе фазограмм, находятся, в том числе, методы и алгоритмы, представленные ранее в данной статье.

Алгоритм работы специалиста с программой выглядит следующим образом:

- ◆ Эксперт в главном окне (рисунок 3) может либо создать новую аудиозапись определённого зафиксированного формата для последующего анализа, либо же открыть имеющуюся запись голоса;
- ◆ В случае, если эксперт на предыдущем шаге выбрал «Записать аудиофайл», то открывается новое окно программного обеспечения «Диктофон» (рисунок 4). В данном окне эксперт может выбрать источник аудиосигнала, а также название нового файла. Отметим, что файл кодируется заранее определённым алгоритмом на основе Waveform Audio File Format (.WAV), который оптимизирован для дальнейшего анализа про-

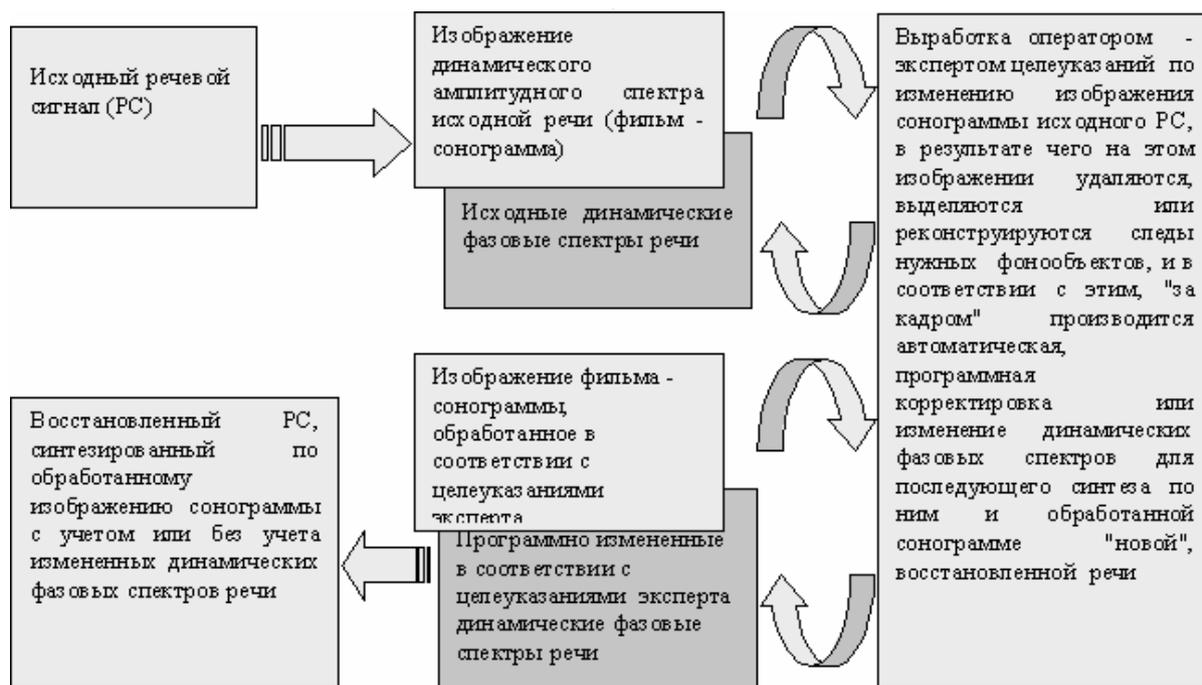


Рис. 6. Диаграмма перехода «Речевой сигнал — графический файл — речевой сигнал»

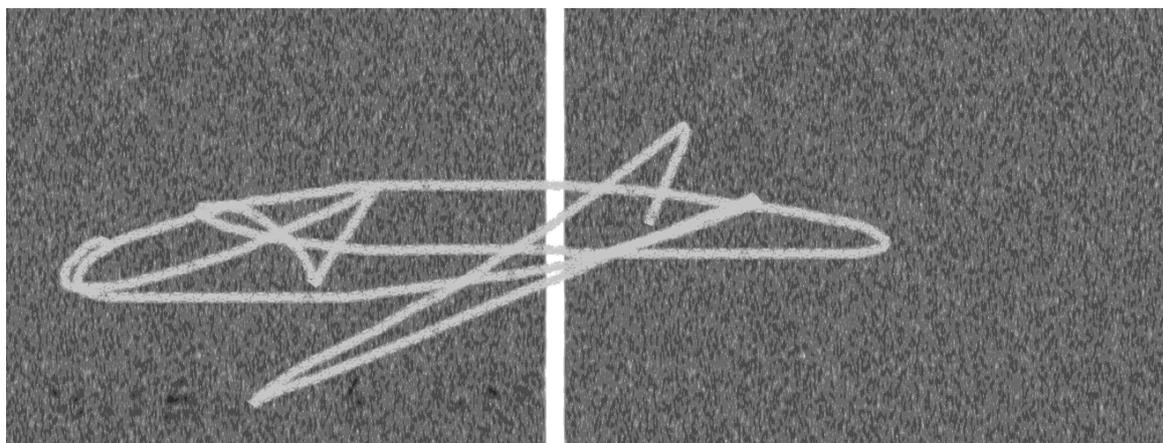


Рис. 7. Пример фазограммы с наложением рукописной подписи

граммой, вместе с тем воспроизвести аудиофайл можно любым современным аудиопроигрывателем. После записи аудиофайла эксперт может его прослушать, приступить к его анализу, либо же записать новый аудиофайл;

- ♦ В случае, если в главном окне эксперт выбрал «Открыть аудиофайл», то открывается новое окно программы. В окне эксперт выбирает, какой из заранее записанных файлов он хочет анализировать, после загрузки его можно воспроизвести, перейти к анализу, либо же загрузить другой файл;

- ♦ Основное окно программы, изображённое на рисунке 5, представляет собой рабочую область, поделённую на три зоны. В верхней части окна представлена панель инструмента, которые можно применить к аудиосигналу, в средней части окна можно наблюдать построенную осциллограмму загруженного звукового файла, в нижней части окна располагается его фазограмма.

Фактически представленное программное средство может обеспечить переход «Речевой сигнал — графиче-

ский файл — речевой сигнал» (образный анализ), а диаграмма такого перехода представлена на рисунке 6 [11].

Фазограмма является многомерной визуализацией звука (в данном случае речи), поскольку кроме частоты, а также времени в ней в градациях серого выражены ещё мощность и фаза. Подобный формат представления кажется удобным, поскольку в него можно встроить биометрическую информацию о говорящем, например рукописную подпись или изображение отпечатка пальца. Для этого в программу встроены возможности по редактированию фазограммы — можно дорисовывать и удалять соответствующие линии звукового сигнала, тем самым модифицируя его, а также синтезировать абсолютно новый звуковой файл «с нуля».

В качестве примера включения биометрии на рисунке 7 представлена фазограмма с наложением рукописной подписи говорящего. Таким же образом в фазограмму можно встроить, например, изображение отпечатка пальца диктора.

Таким образом внедрение речевой подписи на основе фазовых характеристик голосовых вокализмов позволит купировать многие современные угрозы целостности речевой информации. Кроме того, по мнению

авторов, фазовые характеристики могут найти широкое применение и во многих других областях защиты речевой информации — например в целях анализа защищённости специального выделенного помещения от технических каналов утечки информации, или для уточнения алгоритмов искусственного синтеза речи.

Заключение

Таким образом в условиях увеличивающихся рисков нарушения целостности речевых записей становится необходимым разрабатывать и внедрять в практику использования и новых средств защиты. Одним из таких средств может выступать внедрение речевой подписи в виде биометрических данных в графические форматы изображения голоса, полученные благодаря вычислению фазовых характеристик голосовых вокализмов и построения соответствующих фазограмм.

Вместе с тем фазовые характеристики могут найти широкое применение и во многих иных областях защиты речевой информации, начиная от увеличения точности моделей распознавания диктора и заканчивая разработкой новых методик по оценке защищённости выделенного помещения от технических каналов утечки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоринин М. Они нас слышат: куда развиваются речевые технологии? // Электронный ресурс <https://www.forbes.ru/tehnologii/331035-oni-nas-slyshat-kuda-razvivayutsya-rechevye-tehnologii> (дата обращения: 24.04.2022 года).
2. Немцева М. Невооруженным ухом: как аудиодипфейки делают из мошенников крупных боссов // Электронный ресурс <https://iz.ru/1209251/mariia-nemtceva/nevooruzhennym-ukhom-kak-audiodipfeiki-delict-iz-moshennikov-krupnykh-bossov> (дата обращения: 24.04.2022 года).
3. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов. М.: КомКнига, 2007. 607 с.
4. Дворянкин С.В., Уленгов С.В., Устинов Р.А., Дворянкин Н.С., Антипенко А.О. Системное моделирование речеподобных сигналов и его применение в сфере безопасности, связи и управления // Безопасность информационных технологий. 2019. Т. 26, № 4. С. 101–119.
5. Оппенгейм А.В. Применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир. — 1980. — 552 с.
6. Stupp C. Fraudsters Used AI to Mimic CEO's Voice in Unusual Cybercrime Case // Электронный ресурс <https://www.wsj.com/articles/fraudsters-use-ai-to-mimic-ceos-voice-in-unusual-cybercrime-case-11567157402> (дата обращения: 24.04.2022).
7. Quach K. Bank manager tricked into handing \$35m to scammers using fake 'deep voice' tech // Электронный ресурс https://www.theregister.com/2021/10/16/ai_in_brief/ (дата обращения: 24.04.2022 года).
8. McAulay R.J., Quatieri T.F. Speech analysis/Synthesis based on a sinusoidal representation // Article in IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing. 1986. ASSP-34(4). pp. 744–754.
9. Прата С. Язык программирования C++: лекции и упражнения. М.: Вильямс, 2017. — 1248 с.
10. Шлее М. Qt 5.10: профессиональное программирование на C++. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург. — 2018. — 1072 с.
11. Дворянкин С.В., Дворянкин Н.С., Устинов Р.А. Развитие технологий образного анализа-синтеза акустической (речевой) информации в системах управления, безопасности и связи // Безопасность информационных технологий. — 2019. — Т. 26. — № 1. — С. 64–76.

© Савельев Иван Андреевич (IASaveljev@fa.ru), Антипенко Антон Олегович (An-go-55@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОДА БИБЛИОТЕКИ «STATISTICS» ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ NYQUIST, В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМОГО АУДИОМАТЕРИАЛА

Таран Василий Васильевич

К.культурологии, заведующий Лабораторией
компьютерного дизайна и прикладной информатики
«SPLASH»; ФГБУН «Всероссийский институт научной
и технической информации РАН»
allscience@lenta.ru

TECHNICAL ANALYSIS OF THE «STATISTICS» LIBRARY CODE WITHIN THE NYQUIST PROGRAMMING LANGUAGE IN ORDER TO IMPROVE THE ACCURACY AND EFFICIENCY OF THE PROCESSED AUDIO MATERIAL

V. Taran

Summary. The article deals with general scientific analysis of engineering and technical potential of the «Statistics» library associated with Nyquist programming language. The «Statistics» library analysis performed in the article reveals the essence of the approach to statistical processing of audio data presented by the authors of the library using the Nyquist language and its standard application programming interface — NyquistIDE. Some special aspects of the useful functions and specialized operators of the Nyquist language usage bundled with the engineering and computer practice of applied audio editing are clarified separately in the article. The application of the direct (unstable) algorithm for Pearson correlation coefficient, Welch test, Levene-Brown-Forsythe tests as the component of audio data statistical analysis is reasoned. The article also addresses the issues of ultra-fine editing of audio material using statistical methods in the Audacity® program. This is ensured by the invocation of the Nyquist programming language, which allows taking into account a wide range of acoustic nuances in order to avoid errors that occur during conversion, cleaning, mixing, mastering and remastering of audio material and also other engineering and technical practices.

Keywords: «Statistics» library, Nyquist programming language, NyquistIDE, statistical components in audio data processing, mathematical statistics, Pearson correlation coefficient, Welch test, Levene-Brown-Forsythe tests.

Аннотация. Статья посвящена общему научному анализу инженерно-технических возможностей библиотеки «Statistics» языка программирования Nyquist. Произведённый в статье анализ библиотеки «Statistics» раскрывает сущность изложенного авторами библиотеки подхода к статистической обработке аудиоданных с помощью языка Nyquist и его штатного интерфейса прикладного программирования — NyquistIDE. В статье фрагментарно проясняются некоторые особые моменты использования полезных функций и специализированных операторов языка Nyquist в связке с инженерно-компьютерной практикой прикладного редактирования аудиоматериала. В качестве элемента статистического анализа аудиоданных обосновывается применение прямого (нестабильного) алгоритма коэффициента корреляции Пирсона, теста Уэлча и критериев Левена-Брауна-Форсайта. Проблематика статьи также затрагивает вопросы ультратонкого редактирования аудиоматериала с использованием статистических методов в программе Audacity® через приглашение языка программирования Nyquist, позволяющего учитывать широкий спектр акустических нюансов во избежание ошибок, возникающих при конвертации, очистке, сведении, мастеринге и ремастеринге аудиоматериала, а также при прочих инженерно-технических практиках.

Ключевые слова: библиотека «Statistics», язык программирования Nyquist, NyquistIDE, элементы статистики в обработке аудиоданных, математическая статистика, коэффициент корреляция Пирсона, тест Уэлча, критерии Левена-Брауна-Форсайта.

При проведении процедур, связанных с компьютерной обработкой аудиоматериала, важным фактором является точность настройки всех модулей, предусмотренных программным обеспечением обработки звука, что в свою очередь заметно сказывается на качестве вывода уже обработанного (финализированного)¹ аудиоматериала. Для профессионального звукоинженера или программиста, работающего в сфере компьютерной аудиоинженерии, не является секретом что *точность* и последующая *эффективность* обработки аудиосигнала во многом зависят от *статистических данных* обрабатываемой алгоритмом аудиоформы. К статистическим данным в условиях обработки аудиоматериала относится следующее: учёт колебания амплитуды аудиосигнала (для определения плотности или разреженности частоты сокращений сонограммы), представление аудиосигнала в виде математических значений в соответствии со спектром частот (нижние, верхние и средние частоты 5905 Гц = — 42,4 дБ), построение гистограмм, корреляционный анализ и прочие тестовые функции. Библиотека «Statistics»² является частью общей архитектуры языка программирования Nyquist (далее по тексту — язык Nyquist), который в свою очередь тесно связан со свободно распространяемым программным обеспечением в области обработки аудиоматериала Audacity®[1,2,3].

Взаимосвязь с аудиоредактором Audacity® позволяет производить визуализацию вычислительных процессов, видоизменять первоначальную структуру аудиоматериала, вести текстово-графический учёт обрабатываемого аудиоматериала. Все перечисленные преимущества определяют высокую степень актуальности рассматриваемых нами вопросов, касающихся совершенствования прикладных практик обработки аудиоматериала, направленных, прежде всего, на повышение эффективности технико-технологических операций по коррекции *больших* и *малых* массивов аудиоданных. Важно отметить, что совмещение интерфейсно-ориентированных функций программы обработки звука (в нашем случае — Audacity®) с автономной средой прикладного програм-

мирования (NyquistIDE) помогает разрабатывать принципиально новые программно-зависимые³ технические инструменты, позволяющие оператору технологического процесса решать конкретно поставленные задачи. В аудиоредакторе Audacity® имеется приглашение языка Nyquist (NyquistPrompt), которое позволяет фрагментарно тестировать разработанный программный код, варьировать введённые выражения непосредственно в окне программы[4]. Приглашение поддерживает ввод данных с *переменным синтаксисом* и даёт возможность запустить программный код в разных вариациях синтаксических конструкций[5,6,7,8]. Расширенные выражения на LISP дают возможность символьных вычислений, что в свою очередь может способствовать проведению общего музыкального анализа и статистического анализа аудиоматериала[9,10]. Библиотека «Statistics», как один из основных компонентов языка программирования Nyquist, предполагает межпрограммную настройку, что существенно сокращает время на сбор статистики и расширяет возможности для проведения математических манипуляций (рис. 2).

Язык программирования Nyquist имеет собственную автономную интегрируемую среду разработки микропрограмм NyquistIDE. Nyquist позиционируется как специальный (профильный) язык для аудиосинтеза и композиций. Следует отметить, что Nyquist также хорошо реализован в виде интегрированной оболочки, реализуемой через программный интерфейс в редакторе Audacity®. Адаптация данного языка программирования под программную среду Audacity® позволяет управлять процессами обработки звука в аудиоредакторе на программном уровне, минуя интерфейсно-ориентированную систему. Важным фактором по качественному управлению обработкой звука, а также по его синтезу и составлению новых музыкальных аудио партий, выступает довольно обширный функционал языка Nyquist, который базируется на интеллектуальных возможностях LISP[9]. Прямая взаимосвязь с LISP позволяет распределять и редактировать аудиоданные в соответствии с современными представлениями об искусственном интеллекте.

¹ Прим. автора. (По определению автора — Таран В.В., 2022) Финализация аудиоматериала — это технологический процесс, задействующий определённый арсенал программно-технических средств, направленных на улучшение звучания предварительно сведённых аудиосесий (имеющих отличающиеся между собой технико-акустические характеристики) в единую звуковую форму, с последующим её воспроизведением на акустическом оборудовании, использующем различные системы возбуждения аудиосигнала (колонки, сабвуферы, репродукторы и т.п.).

² Прим. автора. По тексту статьи название библиотеки используется в кавычках для сохранения официального англоязычного названия, поскольку некоторые программные элементы NyquistIDE (линейная алгебра, векторная математика и т.д.) могут быть ассоциированы с расширением «statistics.lisp» либо в определённых местах быть частью этого расширения. Допустимо также использовать и русскоязычное наименование — «Статистика».

³ Прим. автора. Речь идёт о создании Nyquist-плагинов и в некоторых случаях периферийных Nyquist-программ, которые будут ресурсно-зависимыми от среды исполнения (Audacity®) но в то же время будут иметь возможность автономного функционирования в NyquistIDE, что позволит оператору (программисту) тщательно отслеживать изменения в событиях программы и в реальном времени вносить важные коррективы в программный код с последующим автоматическим перезапуском плагина. Таким образом, к примеру, обычная задача по общей компрессии звукового образца может быть на ходу перестроена и это касается, прежде всего, изменения типа компрессии, лимитирования пороговых значений компрессии и т.п. В добавлении ко всему ранее перечисленному, задача может приобрести межаспектные черты, когда компрессия и, к примеру, экспондирование звуковой дорожки, могут быть объединены в один плагин с заранее предустановленными техническими характеристиками.



Примечание: автор логотипа — Таран Василий Васильевич. При использовании логотипа в периодической печати, в электронных документах, а также для нужд идентификации данной библиотеки — ссылка на автора логотипа обязательна. Логотип характеризует фирменный шрифт с применением летеринга и частичной транслитерации «Statistics» — Nyquist Statistica.

Рис. 1. Предлагаемый логотип для идентификации библиотеки «Statistics»

```
(send statistics-class :answer :point ' (x))
```

Код 1

Язык Nyquist в сочетании с аудиоредактором Audacity® открывает большие возможности по обработке, созданию и реставрации аудиоматериала, позволяет гибко и точно настраивать все необходимые при обработке аудиоматериала штатные модули¹ Audacity®. Одним из таких модулей, имеющих прямое отношение к статистическому анализу звуковой формы, является «Частотный анализ».

Он спроектирован в целях осуществления контроля над аудиочастотами, которые коррелируются с децибелами. Если говорить о прикладном аспекте обработки аудиоматериала, то эта функция очень важна, например, при реставрации аудиоматериала, когда полезный аудиоматериал насыщен нежелательными акустическими артефактами. Такие артефакты часто могут встречаться при оцифровке аудиоматериала со старых аналоговых носителей и при некорректном аудиомонтаже. В качестве примера подобных артефактов могут служить «пики»², нарушающие целостность аудиоматериала. Пики проявляются как кратковременные акусти-

ческие импульсы и отражаются на представлении аудиоформы. Обычно, это резкое уплотнение амплитуды аудиосигнала с последующим интервалом, выражающееся в отклонении текущего проигрываемого фрагмента от общей аудиоформы (статистически это выглядит так: частота 1312 Гц при средней амплитуде аудиосигнала 36 дБ., пиком будет считаться значение, превышающее 36 дБ — 42,48,54 дБ). Разумеется, в таких ситуациях сбор статистических данных становится первопричиной. От его качества зависит, насколько точно будет реставрирован, оцифрован или форматно преобразован аудиоматериал.

Библиотека «Statistics» позволяет задействовать скрытый потенциал традиционного частотного анализа и увеличить количество функций, необходимых при обработке сложных структур аудиоданных.

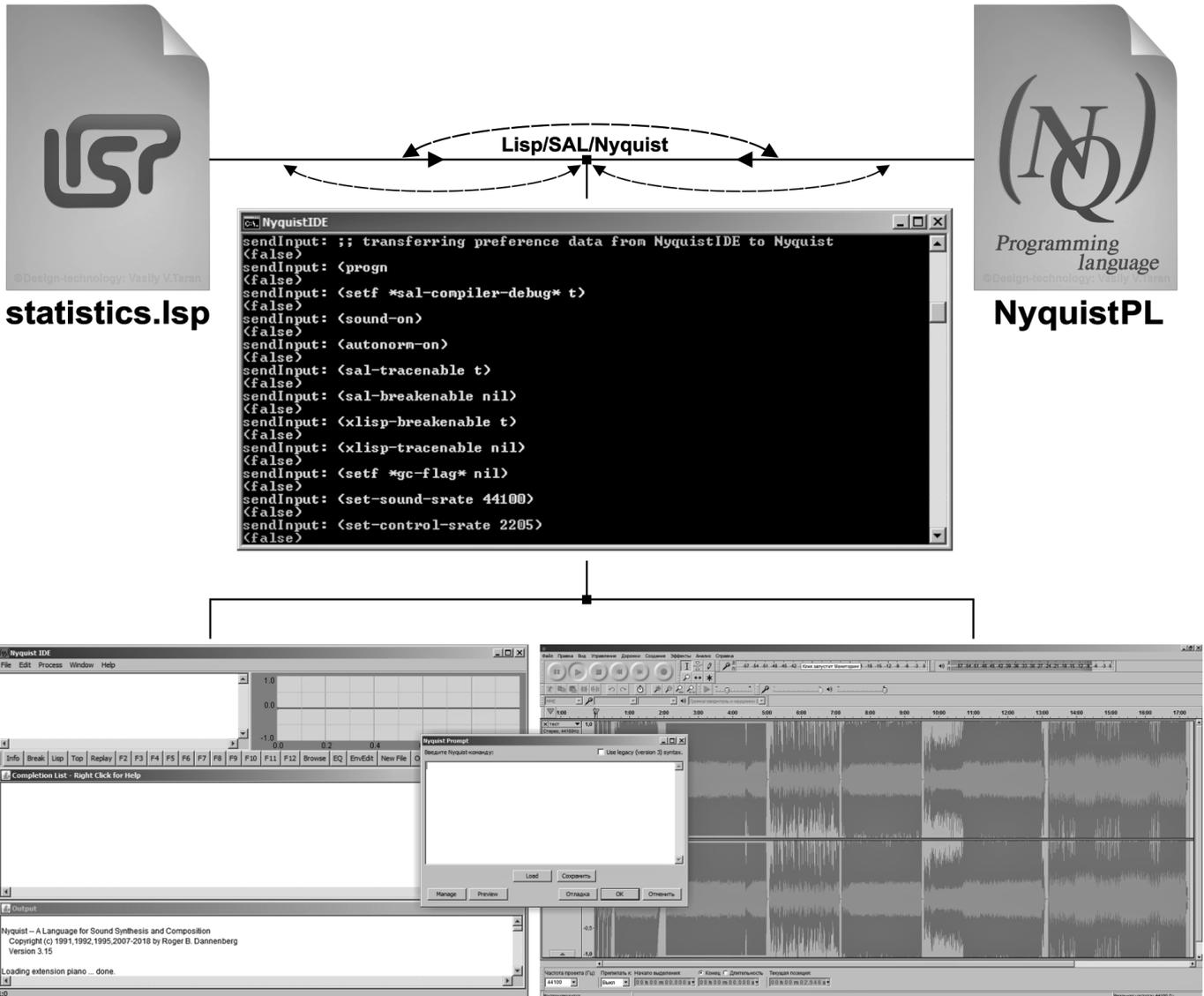
Библиотека «Statistics» в среде NyquistIDE имеет расширение statistics.lisp, это объясняется тем, что язык Nyquist и его одноимённая интегрируемая среда разработки NyquistIDE корректно воспринимают синтаксис двух языков LISP³/SAL. Библиотека работает с массивами данных и представляет их как объекты. К примеру, строка, приведённая ниже, выполняет отправку «класса» статистики и получает ответ от точки x (код 1).

Для того чтобы подробнее разобраться в работе программного кода анализируемой библиотеки, приступим

¹ Прим. автора. Имеются ввиду плагины, входящие в комплект дистрибутива Audacity®.

² Прим. автора. Пики — один самых распространённых акустических артефактов. Бывают разных видов (в зависимости от происхождения). Видовые характеристики определяются положением пика в структуре аудиоматериала, его акустическими свойствами и импульсивностью. Когда речь идёт о нарушении целостности аудиоматериала, то чаще всего предполагается наличие дуплексных пиков, возникающих при некорректном горизонтальном сведении аудиоматериала либо включении в аудиодорожку дополнительных источников звука (микрофоны и т.д.), способных создать кратковременную электро-магнитную помеху, которая на спектрограмме будет отпечатана также как пиковое значение. Фрагмент аудиоматериала, который будет подвержен склейке, может иметь более высокую плотность, чем тот материал, с которым его необходимо склеить. В результате на узле стыковки двух аудиофрагментов появится пик.

³ Прим. автора. Язык программирования LISP в статье пишется заглавными буквами, поскольку имеется ввиду оригинальный «LISP (1955 год — LISP 1, 1.5)» от которого следуют ветки типа XLISP и т.д. Поскольку XLISP наиболее родственная ветка для Nyquist, мы употребляем его в историческом смысле, с даты его официальной публикации (1983 год). Во всех остальных случаях удобнее пользоваться современным эквивалентом — Lisp.



Примечание: на представленном читателю рисунке* иллюстрируется возможность совместного использования библиотеки «Statistics» двумя программами — Audacity® и NyquistIDE. Такой подход значительно упрощает статистический анализ звукового файла и повышает эффективность отладки фрагментов кода библиотеки для нужд оператора. Поскольку Nyquist является LISP-подобным языком, а его структурная основа опирается на зависимость от алгоритмического языка SAL, то оператор вправе выбирать, в какой синтаксической форме ему удобнее писать код, вводить команды и определять выражения. Командная строка в данном случае будет зависеть от программной микросреды NyquistIDE, поэтому регистрация действий и событий будет производиться из окна NyquistIDE. В некоторых особых случаях, если оператор имеет глубокие знания программирования и составления лексических конструкций на языке LISP, а также владеет навыками компиляции исходных строчек кода программы Audacity®, возможно производить параллельную сессию регистрации событий с коррекцией выражений через NyquistPrompt.

* Автор рисунка — Таран Василий Васильевич. При использовании рисунка в периодической печати, в электронных документах — ссылка на автора и библиографические данные статьи — обязательна.

Рис. 2. Мультипрограммное использование библиотеки «Statistics» с регистрацией действий в приглашении командной строки

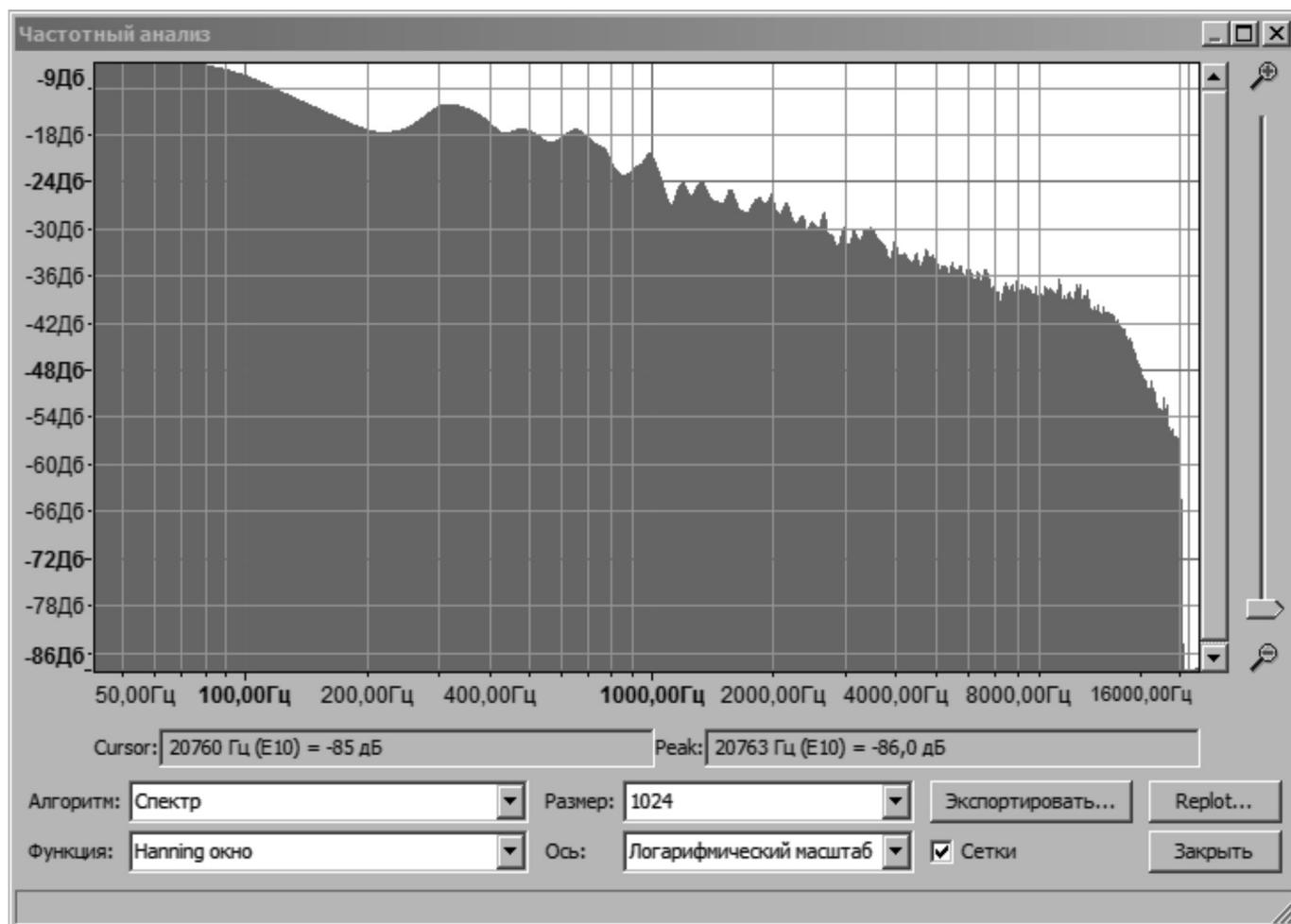


Рис. 3. Модуль обработки аудиосигнала — «Частотный анализ». На модуле отображён аудиосигнал высокой степени плотности при стандартных интерфейсно-опциональных возможностях программы Audacity®

```
;; отправка печати ключевых значений
;; (require-from 'statistics "statistics.lsp")
(defun statistics () (print "See statistics.lsp"))
```

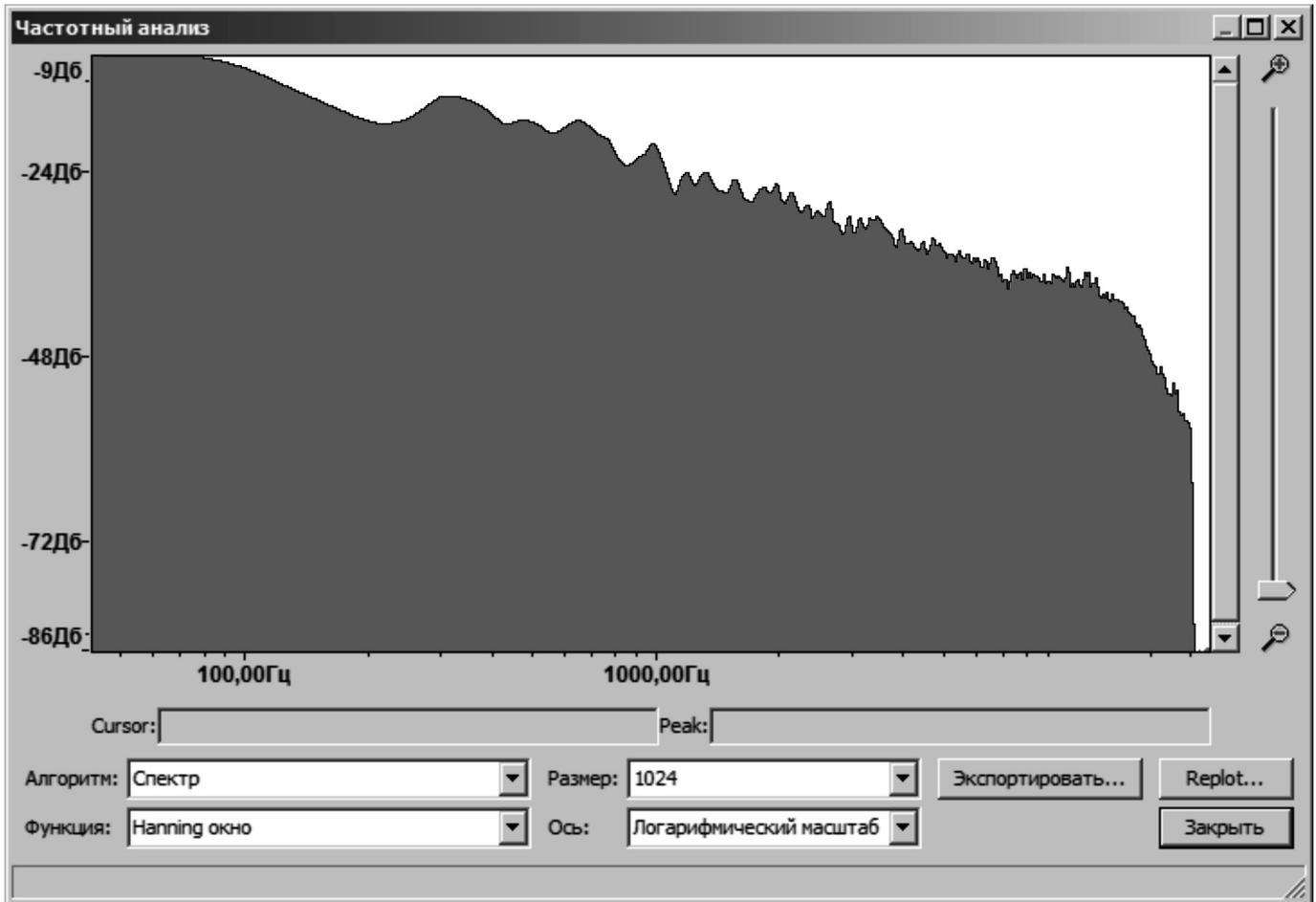
Код 2

к его техническому анализу. Данный анализ поможет нам уточнить некоторые технические нюансы при проведении манипуляций с аудиоматериалом, к тому же понимание некоторых выражений и синтаксических конструкций поможет в построении предметно-ориентированных массивов кода¹.

¹ **Прим. автора.** Под предметно-ориентированными массивами кода понимается массив программного кода, отвечающий за конкретные процедуры при проведении манипуляций с аудиосигналом и с его мультиторочечными сессиями.

Итак, библиотека «Statistics» выполняет стандартные функции статистики, работает с гистограммами, обрабатывает числа, делает корреляционный анализ, выполняет листинг статистических значений аудиоформы и т.д. Как и в программном коде XLISP, который является веткой LISP², комментарии к коду записываются после ин-

² **Прим. автора.** Стоит помнить, что LISP классификационно относится к языкам функционального программирования и характеризуется определением функций, функции также обеспечивают вызов других функций — отличается рекурсивностью (см. математическая теория рекурсивных функций), поэтому Nyquist в данном случае



Примечание: благодаря межпрограммному использованию библиотеки «Statistics», автор в качестве наглядного примера перекомпилировал модуль под свои нужды, изменив стандартное отображение осей и добавив обводную плавающую кривую для пиковых значений*.

* Прим. автора. Компиляция модуля выполнена согласно условиям лицензии GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 2, June 1991.

Рис. 4. Модифицированный модуль обработки аудиосигнала — «Частотный анализ»

тервального значения (:)¹. Начальная функция требует от текущей статистики и её одноимённого расширения выполнить печать ключевых значений в следующий абзац (код 2).

Благодаря пользовательской функции `require-from` производится тестирование на возможность использования обращения к статистике повторно. Если повтор-

сохраняет преемственность декларативности стиля, направленного на функциональность.

¹ Прим. автора. В некоторых случаях отдаётся дань Common Lisp и при необходимости комментарии могут принимать следующий вид:

- 1) [;] — Комментарий, находящийся в конце строки.
- 2) [;;] — Вложенный комментарий.
- 3) [;;;] — Внешний комментарий.

ное чтение невозможно, тогда каталог текущего файла используется в качестве основного пути². `Defun` (символьная функция), служащая для определения функции, в данном случае определяет статистику для печати с соответствующим расширением.

Далее выполняется обращение к массиву векторов для обработки абстрактных векторных функций (код 3).

Здесь `setf` — это символьная функция, устанавливающая значение поля для идентификации впослед-

² Прим. автора. Повторное обращение к статистике бывает необходимо при задачах многопоточной печати в абзац. Такая процедура обеспечивает перенос дополнительных данных в абзац, при этом, не сужая диапазон текущих значений.

```
(require-from vector-from-array "vectors.lsp")

(setf statistics-class (send class :new '(count sum sum-sqr max min retain data)))

(send statistics-class :answer :isnew '(ret) '((send self :init ret)))

(send statistics-class :answer :init '(ret) '(
  (setf count 0 sum 0 sum-sqr 0 data nil
    max nil min nil retain ret data nil)))

(send statistics-class :answer :point '(x) '(
  (incf count)
  (setf sum (+ sum x))
  (setf sum-sqr (+ sum-sqr (* x x)))
  (setf max (if max (max max x) x))
  (setf min (if min (min min x) x))
  (if retain (push x data))))

(send statistics-class :answer :get-count '() '(count))
(send statistics-class :answer :get-data '() '(data))
(send statistics-class :answer :get-min '() '(min))
(send statistics-class :answer :get-max '() '(max))

(send statistics-class :answer :get-mean '() '(
  (if (> count 0) (/ (float sum) count)
    nil)))
```

Код 3

ствии спецификатора. `Send` — выполняет функцию отправки объекта к примеру (`send statistics-class`), означает отправку класса статистики для последующей её обработки. `Init` — является частью конструкции выполнения цикла и используется для инициализации начального значения символа. Например для установки цикла можно использовать следующие LISP-выражения:

```
(do* (binding...) (texpr1 rexpr2...) expr3...)
(do (binding...) (texpr rexpr...) expr...)
```

Примечательно, что `binding` является привязкой переменных, которые определяются двумя параметрами. Параметр первый — символ, который инициализируется к значению `nil`. Параметр второй — список формы, который определяется как `sum init [step]`, где `sum` — является символом связи, `init` — определяет начальное значение

¹ **Прим. автора.** `Texpr` — тестовое выражение завершения. Тестирует, в каком состоянии находится процесс завершения. В случае если процесс не завершён, отправляет оператор `returns` — значение которого является последним выражением результата. Чтобы задать основную форму выполнения цикла, можно воспользоваться связкой (`loop expr...`).

² **Прим. автора.** `Rexpr` — выражение результата (по умолчанию имеет значение `nil`).

³ **Прим. автора.** `Expr` — тело цикла (обрабатываемое как не явная программа).

символа, `step` — является выражением шага. `Isnew` — определяет класс «класса» (т.е. класс всех классов объекта, включая себя), класс оперирует сообщениями `Isnew` (часто встречается в связке с: `answer*`), запускает инициализацию нового класса и может иметь следующие подстановочные значения:

1 | `ivars` — Список символов переменной экземпляра.
 2 | `cvars` — Список символов переменной класса.
 3 | `super` — Является суперклассом (по умолчанию может иметь значение объект/объект).

4 | `returns` — Создаёт новый объект класса.

*: `answer` — также как и `isnew` входит в состав класс «класса» и оперирует следующими подстановочными значениями для добавления сообщения к классу:

1 | `msg` — (Сообщение) символ сообщения.
 2 | `fargs` — Формальный список параметров (список лямбды).

3 | `code` — Список исполняемых выражений.

4 | `returns` — (Объект) возврат объекта.

5 | `self` — Текущий объект в пределах контекста метода⁴.

⁴ **Прим. автора.** Метод — это код, который реализует сообщение.

```

if x < 0 then x = -x ; x gets its absolute value
if x > upper-bound then
  begin
    print "x too big, setting to", upper-bound
    x = upper-bound
  end
else
  if x < lower-bound then
    begin
      print "x too small, setting to", lower-bound
      x = lower-bound
    end
  end
end

```

Код 4

```

begin
  with db = 12.0,
    linear = db-to-linear(db)
  print db, "dB represents a factor of", linear
  set scale-factor = linear
end

```

Код 5

Таким образом, можно дать определения трём объектам, доставшимся языку Nyquist от языка LISP. Селектор (selector) — символ, который выбирает соответствующий метод, сообщение (message) — селектор и список фактических параметров, метод (method) — код который реализует сообщение. Send — выполняет функцию отправки для определения класса объекта, при получении результата пытается найти метод, соответствующий селектору сообщения в наборе имеющихся сообщений, определяемых для предыдущего класса. Бывают такие ситуации, когда сообщение не находится в классе объекта и классу присвоен «суперкласс», тогда поиск продолжится с опорой на сообщение, определённое для «суперкласса». Процесс поиска (в режиме чтения) будет продолжаться от одного суперкласса — до следующего, пока метод для сообщения не будет найден. Если ни один из методов не может быть найден — выдаётся ошибка. В том случае, когда метод все-таки найден, средства анализа связывают объект получения с символом и оценивают метод, используя оставшиеся элементы исходного списка как параметры метода. Параметры обычно оцениваются до того момента, при котором будет связь с их соответствующими «формальными параметрами». В этом случае результат оценки метода становится результатом выражения.

Sqr — выполняет роль арифметической функции, которая вычисляет квадратный корень числа. Имеет регулярное выражение (sqrt *expr*), где *expr* — число с плавающей запятой (имеет вложенные функции).

returns — используется для возврата квадратного корня числа. Для того чтобы выполнять арифметические операции, встроенные подоператоры могут иметь опорные характеристики перечисленные ниже:

- 1 | (< n1 * n2 * ...) тестирует на меньше чем
- 2 | (<= n1 n2 ...) тестирует на меньше чем или равно
- 3 | (= n1 n2 ...) тестирует на равенство
- 4 | (/= n1 n2 ...) тестирует на неравенство
- 5 | (>= n1 n2 ...) тестирует на больше чем, или равно
- 6 | (> n1 n2 ...) тестирует на больше чем

*n1 — первое число, которое подлежит сравнению
 *n2 — второе число, которое сравнивается

returns — t, если результаты сравнения n1 с n2, n2 с n3, и т.д., являются всей истиной.

If (если) — LISP-выражение в языке Nyquist обозначает условия выбора. Например, если оператор тестирует выражения, если это истина — она оценивается как истина stmt оператора. В том случае если при выполнении тестирования выражение оценивается как ложь, оно будет оценено как ложь stmt оператора. Можно использовать оператор begin-end для оценки больше, чем одного оператора при условии выбора. Рассмотрим пример работы оператора:

```
begin [оператор → инструкция] {оператор} + end
```

Фактически, begin — это последовательность инструкций, окружающих его операторов (операторов

```
make-sum(make-cycle({1 2 3})
make-cycle({4 5 6})) is (5 7 9)
```

Код 6

```
(send statistics-class :answer :get-stddev '() '(
  (if (> count 1) (sqrt (send self :get-variance)) nil)))

(send statistics-class :answer :get-variance '() '(
  (if (> count 1)
    (/ (- sum-sqr
        (/ (* sum sum) (float count)))
      (1- count))
    nil)))

(send statistics-class :answer :print-stats '() '(
  (format t "Number of points: ~A~%Max: ~A~%Min: ~A~%" count max min)
  (if retain
    (format t "Median: ~A~%" (send self :get-median))
    (format t "Mean: ~A~%Std.Dev.: ~A~%"
      (send self :get-mean) (send self :get-stddev))
  ))

(send statistics-class :answer :get-data '() '(data))

(send statistics-class :answer :get-median '() '(
  (let (i)
    (cond ((not retain) nil) ;; no data retained to examine
          ((< count 1) nil) ;; no data to compute from
          (t
           (setf data (bigsort data '<))
           (cond ((oddp count)
                  (nth (/ count 2) data))
                 (t
                  (setf i (/ count 2))
                  (* 0.5 (+ (nth i data) (nth (1- i) data))))))))))
```

Код 7

связки). Инструкция находится во взаимодействии с оператором при выполнении близлежащей автономной функции и в процессе исполнения алгоритма описывается ключевыми словами `begin` → `end`¹.

Пример: код 5.

Следует обратить внимание, что в этом примере `else` всегда связывается с самым близким предыдущим зна-

чением при условии, что у близкого значения не имеется выражение `else`.

`Sum` — класс суммы формирует сумму чисел по одному от каждого из двух образцов.

Пример: код 6.

Выходная длинна периода (по умолчанию) — это продолжительность входного периода первого параметра. Поэтому первый параметр здесь выступает «образцом», а второй параметр может быть образцом либо числом. Следующий фрагмент кода библиотеки осуществляет отправку класса статистики с целью обработки данных с плавающей запятой (код 7).

¹ **Прим. автора.** Такая форма компоновки кода используется для функциональных определений и унаследована от языка программирования SAL. Обычно, после `then/else`, где синтаксис требуется для одного оператора, и при этом мы хотим выполнить более одного действия. Также при объявлении переменных может быть задействован дополнительный оператор — `with`, в иерархии строк, идущий сразу же за `begin`.

```
(send statistics-class :answer :get-kurtosis '() '(
  (let ((x4 0) x2
        (n (float count)) ; "n" is just a new name for count
        (mean (send self :get-mean))
        (variance (send self :get-variance)))
    (dolist (x data)
      (setf x2 (* (- x mean) (- x mean)))
      (setf x4 (+ x4 (* x2 x2))))
    (display "kurtosis" x4 (* variance variance) n)
    (if (> n 3)
      (- (* (/ (* (1+ n) n)
                 (* (1- n) (- n 2) (- n 3)))
          (/ x4 (* variance variance)))
        (/ (* 3 (1- n) (1- n))
           (* (- n 2) (- n 3))))
      nil))))
```

Код 8

```
;; доля значений в диапазоне
;;
(send statistics-class :answer :fraction-in-range '(low high) '(
  (let ((n 0))
    (dolist (d data)
      (if (and (<= low d) (< d high)) (setf n (1+ n))))
    (/ (float n) count))))
```

Код 9

Здесь вводится контрольная конструкция `cond` (*conditionally*), которая позволяет условно оценивать выражения, имеющие парные значения, при обработке списков. Конструкция досталась языку Nyquist в наследство от LISP. В LISP она выполняла функцию условной оценки. Обычно работает в паре с `(pred expr...)`, где `pred` — является выражением предиката, а `expr` — выполняет оценку, при условии, что предикат не имеет значения `nil`. Функция `returns`, которая дополняет эту конструкцию, в зависимости от обстоятельств возвращает оценённое значение первого выражения, предикат которого не равен `nil`. `let` — является также контрольной конструкцией и организует привязку к переменным, каждая из которых может являться символом либо списком. Следующая часть программного кода библиотеки демонстрирует работу субалгоритма, который должен производить обычную оценку совокупности. Для того чтобы заставить работать подобный алгоритм, необходимо чтобы статистический объект инициализировался для сохранения данных (код 8).

Основными управляющими элементами фрагмента программного кода являются контрольная, циклическая и символьная функции, а также один оператор — унаследованный от языка SAL (`let`, `setf`, `dolist+display`). `let` — осуществляет последовательную привязку к ближайшим переменным, для необходимых вычислений с последу-

ющим преобразованием полученных данных в число с плавающей запятой через арифметическую функцию (`float`), далее `dolist` — организует цикл посредством списка, `setf` — производит установку поля для результативных математических значений. `Variance` — определяет дисперсию¹ близких статистическому объекту значений. Далее отдельным входным блоком описывается процедура установления пропорций в выделенном диапазоне (код 9).

Здесь первая строка кода инициализирует отправку класса статистики с последующим промежуточным ответом от части диапазона в нижних и высоких пределах. Четвёртая строка — начинается с условной оценки выражения и осуществляет преобразование целого числа в символ, после операторов сравнения низкого и высокого разделов диапазона (`<=, <`) `setf` — присваивает число полювому спецификатору. Далее идёт деление

¹ **Прим. автора.** Дисперсия — среднее квадратическое отклонение. В теории вероятностей и математической статистике — ожидание квадратического отклонения случайной величины от её среднего значения. Применительно к ряду может быть коэффициентом корреляции. В теории вероятностей и математической статистике коэффициент вариации (также известный как относительное стандартное отклонение), является стандартизированной мерой дисперсии распределения вероятностей или частотного распределения. Часто выражается в процентах и определяется как отношение стандартного отклонения (сигма) к среднему значению ряда *ню*.

Low - 0.1 0.0 1.0
 δy_{i-1}

High - 1.0 0.0 0.1
 δy_{i-1}

Код 10

```
(setf my-histogram (send histogram-class :new))
  setf my-histogram → histogram-class
```

Код 11

```
(send my-histogram :point x)
```

Код 12

```
(aref an-array 3) <= x < (aref an-array 4)
```

Код 13

```
(send my-histogram :make-hist)
```

Код 14)

```
(send my-histogram :gnu-plot filename xlabel ylabel title [categories])
```

Код 15

числа списка, арифметическая функция `float` — преобразует целое число в число с плавающей запятой для проброса потока и последующего расчёта числа потока. Значения для `low` и `high` могут быть в приближенном диапазоне (код 10).

Класс гистограмм составляет гистограмму по данным и зависит от файла `vectors.lsp`, поэтому прежде, чем перейти к расчёту гистограммы, необходимо загрузить векторы. Прежде, чем использовать класс гистограмм, алгоритм предусматривает создание обрабатываемого экземпляра (код 11).

После описанной процедуры добавляются точки к гистограмме, для каждой точки `x` (код 12).

Происходит отправление `my-histogram` точке `x`. На данном этапе можно создать гистограмму по умолчанию, осуществив вызов `(send my-histogram: configure-`

`bins)`, таким образом, создается квадратный корень из `N` ячеек, где `N` — число точек, распределённых равномерно по всему диапазону данных. Кроме того, имеется возможность указать свои собственные (штатные) пороговые значения для определения ячеек, вызвав `send my-histogram: set-thresholds an-array`. Каждый элемент `an-array` — представляет нижнюю границу для элементов в этой ячейке, то есть, если `x` является точкой, он входит в ячейку 3 (код 13).

Здесь стоит обратить внимание на то, что никакие данные не входят в ячейку `L-1`, где `L` — длина `an-array`. Для функционального вычисления гистограммы вызываем (код 14).

и осуществляем её печать и построение с помощью `send my-histogram: print-hist` или `send my-histogram: plot-hist`. При использовании `sal-load "gnuplot"`, можно также осуществлять вывод данных в графическом виде

[экземпляр]

```
(setf histogram-class (send class :new '(stats counts thresholds)))

(send histogram-class :answer :isnew '() '((send self :init)))

(send histogram-class :answer :init '() '(
  (setf counts nil thresholds nil)
```

Код 16

```
(setf stats (send statistics-class :new t)))

(send histogram-class :answer :point '(x) '(
  (send stats :point x)))

(send histogram-class :answer :configure-bins '() '(
  (let* ((nbins (round (sqrt (float (send stats :get-count))))))
    (minthreshold (send stats :get-min))
    (step (/ (- (send stats :get-max) (send stats :get-min))
            (float nbins))))
    (setf thresholds (make-array (1+ nbins)))
    (dotimes (i (1+ nbins))
      (setf (aref thresholds i) (+ minthreshold (* i step))))))
```

Код 17

```
(setf (aref thresholds nbins) (* (aref thresholds nbins) 1.000001))
(display "configure-bins" minthreshold (send stats :get-max) thresholds
thresholds))

(send histogram-class :answer :set-thresholds '(array) '(
  (setf counts nil)
  (setf thresholds array)))
```

Код 18

(код 15), где категории по умолчанию верны и указывают, должны ли отображаемые полосы гистограммы быть центрированы по низкому значению порогового диапазона или от установленного диапазона от низкого значения — к высокому. Если каждая ячейка представляет одно из целых чисел, тогда используется — *t*. Если же это гистограмма непрерывных реальных значений, которые попадают в заданный алгоритмом, используется диапазон — *nil* (*false*). Можно также изменять установленные пороговые значения с помощью: *set-thresholds* и: *configure-bins*, минуя повторную вставку (установку) всех точек. Чтобы осуществить заново все проделанные ранее процедуры, по такому же алгоритму можно воспользоваться командой *send my-histogram: init*. Но это не является лучшим выходом из ситуации, когда необхо-

димо обнулять все имеющиеся значения. Для этого лучше создать новый экземпляр (код 16).

После создания экземпляра, алгоритм создаёт объект статистики с последующим сохранением точки значения (код 17).

Последняя ячейка будет немного объёмнее, чем остальные, для того чтобы уместить максимальное значение¹(код 18).

¹ Прим. автора. (от автора алгоритма — Роджера Данненберга (Roger V. Dannenberg)). Первоначально установленный порог был +1e-6, но за тем, когда значение равнялось 1e6, наступило переполнение и операция не сработала.

```
(send histogram-class :answer :make-hist '(&key (verbose t)) '(
  (let* ((data (send stats :get-data))
        (counter 0) (data-position 0))
    (if (null thresholds)
        (send self :configure-bins))
    (cond ((null counts)
          (setf counts (make-array (1- (length thresholds))))
          (dotimes (i (length counts))
            (setf (aref counts i) 0))))
    (dolist (x data)
      (cond ((and verbose (> counter 100000))
            (format t "make-hist ~A% done\n"
                    (* 100
                     (/ data-position (float (send stats :get-count))))))
            (setf counter 0)))
```

Код 19

```
(dotimes (i (length counts))
  (incf counter)
  (cond ((and (< x (aref thresholds (1+ i)))
             (>= x (aref thresholds i)))
        (incf (aref counts i))
        (return))))
(incf data-position) ) )
```

Код 20

```
(send histogram-class :answer :print-hist '() '(
  (if (null counts) (send self :make-hist))
  (dotimes (i (length counts))
    (format t "~A to ~A: ~A~%"
            (aref thresholds i) (aref thresholds (1+ i))
            (aref counts i))))
(send histogram-class :answer :plot-hist '(&optional (offset 0)) '(
  (let (args time cnt)
    (if (null counts) (send self :make-hist))
    (setf time (float (aref thresholds 0)))
```

Код 21

Здесь `stats`¹ позволяет определить, сколько полных байтов было выделено таблицам. `Make-array` — является функцией массива и создаёт новый массив. `Dotimes`² — является конструкцией цикла, выполняет цикл от 0 до `n1` (код 19).

¹ **Прим. автора.** Определяет состояние использования памяти. Позволяет узнать, сколько памяти используется экземплярами осциллятора поиска по таблице.

² **Прим. автора.** `Dotimes` использует следующие вспомогательные операторы:

- 1) `sym` — Символ, связывающий каждое значение от 0 до `n-1`.
- 2) `expr` — Число раз, определяет хронометраж цикла.
- 3) `hexpr` — Выражение результата (значение по умолчанию `nil`).
- 4) `expr` — Тело цикла (обработанное как неявная программа).

Увеличение правой ячейки позволяет использовать разные размеры ячеек и здесь можно использовать двоичный поиск необходимой ячейки (код 20).

`Dolist`³ — также циклическая конструкция, она выполняет цикл через список. `Incf` — относится к полезным функциям и является инкрементным символом. Может также быть в виде макроса, либо ещё какой-либо ин-

³ **Прим. автора.** `Dolist` использует следующие вспомогательные операторы:

- 1) `sym` — Символ связи с каждым элементом списка.
- 2) `expr` — Выражение списка.
- 3) `hexpr` — Выражение результата (значение по умолчанию `nil`).
- 4) `expr` — Тело цикла (обработанное как неявная программа).

```
(setf args (list time))
  (setf args (cons 0.0 args))
  (dotimes (i (length counts))
    (setf cnt (float (aref counts i)))
    (setf args (cons time args))
    (setf args (cons cnt args))
    (setf time (float (aref thresholds (1+ i))))
    (setf args (cons time args))
    (setf args (cons cnt args)))
  (s-plot (pwl-list (reverse args)) time)))

(send histogram-class :answer :gnu-plot ' (filename xlabel ylabel title
                                         &optional (categories t)) ' (
  (let ((thresh-list (vector-from-array thresholds))
        (counts-list (vector-from-array counts))
        (low-wid (- (aref thresholds 1) (aref thresholds 0)))
        (high-wid (- (aref thresholds (- (length thresholds) 1))
                    (aref thresholds (- (length thresholds) 2)))))
    xrange x)
```

Код 22

струкцией, установленной `setf`, но, как правило, бывает символом переменной, который в свою очередь может быть элементом массива (код 21).

Здесь `let (args time cnt)` производит вычисление аргументов по порядку, с последующим приведением аргументов в пользу списка `pwl`.

`Format`¹ — служит функцией формата и создаёт выходной формат. Строка формата содержит символы, которые должны быть скопированы непосредственно в директивы вывода и форматирования. Директивы форматирования определены следующие:

- 1 | [~A] — Печатает следующий параметр, используя (`prin`).
- 2 | [~S] — Печатает следующий параметр, используя (`prin1`).
- 3 | [~%] — Запускает новую строку.
- 4 | [~~] — Печатает символ тильды.

Прим. автора. Здесь подразумеваются две группы, соответствующие нормальному распределению по Гауссу*. Это наиболее распространенная колоколообразная кривая в статистике (см. рис. 5, данной статьи).

* Иоганн Карл Фридрих Гаусс (нем. Johann Carl Friedrich Gauß, англ. Johann Carl Friedrich Gauss) — немецкий математик и физик, внесший значительный вклад в развитие многих областей математики и естествознания. Иногда его называют *Princeps mathematicorum* (по-латыни «выдающийся из математиков») и «величайший математик со времен античности». Гаусс оказал исключительное влияние во многих областях математики и естественной науки и входит в число самых влиятельных математиков в истории. Гаусс доказал *метод наименьших квадратов* (method of least squares) (процедура, используемая во всех науках по сей день, чтобы свести к минимуму влияние ошибки измерения) в предположении о *нормально распределённых ошибках* (теорема Гаусса-Маркова** (Gauss-Markov theorem)); см. также по Гауссу (Gaussian — список научных названий, в честь Гаусса). Метод был описан Адрианом-Мари Лежандром (Adrien-Marie Legendre) в 1805 году, но Гаусс утверждал, что использовал его с 1794 или 1795 года. В истории статистики это разногласие называется «спор о приоритете открытия метода наименьших квадратов».

5 | [newline>] — Игнорирует новую строку и пробел на следующей строке до первого неразрывного символа или новой строки. Это позволяет строкам соединяться через многократные строки (код22).

`S-plot`² — функция, выводящая звук в графическое изображение. Функция была разработана для запуска программы построения графиков на рабочей станции Unix, но теперь в основном используется с `NyquistIDE`, ко-

служящие вспомогательной базой при визуализации статистических данных аудиосигнала: `spec-plot`, `*spec-plot-res*`, `*spec-plot-bw*`, `*spec-plot-db*`, `s-print-tree`.

¹ **Прим. автора.** `stream` — поток на выходе:

1. `fmt` — Строка формата (строка определяющая положение формата).
2. `arg` — Параметры формата.
3. `returns` — Строка выхода, если поток — ноль.

² **Прим. автора.** Некоторые вспомогательные (сопутствующие) функции, служащие вспомогательной базой при визуализации статистических данных аудиосигнала: `spec-plot`, `*spec-plot-res*`, `*spec-plot-bw*`, `*spec-plot-db*`, `s-print-tree`.

```

(setf xrange (list (- (apply 'min thresh-list) (/ low-wid 2.0))
                  (+ (apply 'max thresh-list) (/ high-wid 2.0))))
  (t
   (setf xrange (list (apply 'min thresh-list)
                     (apply 'max thresh-list))))
(gp-init filename :xlabel xlabel :ylabel ylabel :title title
         :style :histogram
         :xrange xrange
         :yrange (list 0 (apply 'max counts-list)))
(gp-newcurve)
(dotimes (i (length counts))
  (setf x (pop thresh-list)
        (if (not categories) (setf x (* 0.5 (+ x (car thresh-list))))))
  (gp-point x (pop counts-list)))
(gp-endcurve)
(gp-endplot)))

(send histogram-class :answer :get-min '() '(
  (send stats :get-min)))

(send histogram-class :answer :get-max '() '(
  (send stats :get-max)))

(send histogram-class :answer :get-count '() '(
  (send stats :get-count)))

(send histogram-class :answer :get-counts '() '(
  counts))

(send histogram-class :answer :get-thresholds '() '(
  thresholds))

(send histogram-class :answer :get-stats '() '(
  stats))

```

Код 23

торый имеет автономное построение графиков. Обычно пары время/значение в `ascii` записываются в `points.dat` и, зависящий от системы код или программа `NyquistIDE`, берут его оттуда. Если `sound` продолжительнее, чем необязательный `dur` (по умолчанию 2 секунды), отображаются только первые секунды `dur`. Если для построения графика требуется более n выборок, сигнал интерполируется, чтобы перед построением графика было n выборок. Используемый файл данных `*default-plot-file*`¹.

Определяем, что области гистограммы сверху и снизу — это величина расстояния до следующей или пре-

дыдущей ячейки, но с центром в точке данных, поэтому здесь необходимо произвести настройку `x-range` для размещения объёмно-закрашенных² областей (код 23).

Здесь стоит обратить внимание на ветку `(setf cnt (float (aref counts i)))`, где печатается временной интервал с функцией списка `cons` для создания очередного узла списка. Если звук многоканальный (более одного канала — стерео, квадро и т.д.), то время учёта обновлений выдачи данных по списку на гистограмме будет изменяться в соответствии с параметрами `(a)`, то есть шаг об-

¹ Прим. автора. Файл, содержащий точки данных по умолчанию — имеет значение `«points.dat»`.

² Прим. автора. Имеются в виду те области, которые закрашены чёрным цветом с элементами «жирности». Жирная окраска позволяет производить идентификацию и размежевание пороговых значений.

$$\begin{aligned}
 (a) \quad & \left| \begin{array}{l} \text{setf} = \text{args} / \text{time} \\ \text{setf} = \text{time} / \text{args} \end{array} \right|_{\substack{0 \leftarrow 1 \\ 1 \rightarrow 0}} = \text{time} \begin{bmatrix} 000 \rightarrow 1 & 00 \rightarrow 1 & 0 \rightarrow 1 \\ 000 & 000 & 000 \\ 000 & 000 & 000 \end{bmatrix} \\
 (b) \quad & \left| \begin{array}{l} \text{setf} = \text{args} / \text{time} \\ \text{setf} = \text{time} / \text{args} \end{array} \right|_{\substack{0 \rightarrow 1 \\ 1 \leftarrow 0}} = \text{time} \begin{bmatrix} 0 \rightarrow 1 & 00 \rightarrow 1 & 000 \rightarrow 1 \\ 000 & 000 & 000 \\ 000 & 000 & 000 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Код 24

```

; (setf upearson-class (send class :new ' (sumxy sumx sumy sumxx sumyy n)))
;
; (send upearson-class :answer :isnew ' () ' ((send self :init)))
; (send upearson-class :answer :init ' () ' (
;   (setf sumxy 0 sumx 0 sumy 0 sumxx 0 sumyy 0 n 0)))
; (send upearson-class :answer :points ' (x y) ' (
;   (setf sumxy (+ sumxy (* x y)))
;   (setf sumx (+ sumx x))
;   (setf sumy (+ sumy y))
;   (setf sumxx (+ sumxx (* x x)))
;   (setf sumyy (+ sumyy (* y y)))
;   (setf n (+ n 1))))
; (send upearson-class :answer :correlation ' () ' (
;   (/ (- (* n sumxy) (* sumx sumy))
;   (* (sqrt (- (* n sumxx) (* sumx sumx)))
;   (sqrt (- (* n sumyy) (* sumy sumy)))))))
;

```

Код 25

новления числовых показателей будет более плотным, в то время как одноканальный звук будет иметь менее плотную степень обновления числовых показателей (б). Это связано с тем, что при визуализации звукового спектра монодорожка имеет более упрощённую структуру и при её масштабировании, значения, отображающие узкие частоты, будут иметь погрешность (код24).

После необходимых манипуляций с состояниями совокупностей и обработки пропорций библиотекой, подразумевается работа с использованием корреляции Пирсона¹. Чуть ниже описывается его прямой неста-

бильный алгоритм, составленный исследователем в области компьютерных наук Роджером Данненбергом².

¹ Карл Пирсон — британский биостатистик и математик. Во многих научных трудах, посвящённых анализу статистических данных, упоминается как создатель математической статистики. Он основал первый в мире университетский статистический факультет в Университетском колледже Лондона в 1911 г. и внёс значительный вклад в область биометрии и метеорологии. Анализируя биографию Пирсона на английском языке, можно сделать вывод, что круг его научных интересов был крайне широк — от философии и филологии, до антропометрии, биометрии и математики. Но особой популярностью у научных исследователей различного толка пользуются наработки Пирсона в области статистики. Пирсону принадлежат заслуги в области совершенствования классических статистических методов, в частности коэффициент корреляции, метод моментов, система непрерывных кривых (система непрерывных одномерных распределений вероятностей), критерий хи-квадрата, метод «подгонки» линейного подпространства к многомерным данным путем минимизации расстояний хи и т.д.

² Прим. автора. Роджер Данненберг (Roger B. Dannenberg) — американский исследователь в области компьютерных наук школы компьютерных наук

¹ Прим. автора. Корреляция Пирсона — операция обработки статистических данных с целью нахождения коэффициента корреляции, первоначально разработанного Огюстом Браве (Auguste Bravais) и Фрэнсисом Гальтоном (Francis Galton) и впоследствии доработанным Карлом Пирсоном* (Karl Pearson, при рождении Carl Pearson).

```

(setf pearson-class (send class :new ' (sum-sq-x sum-sq-y sum-coproduct
                                     mean-x mean-y n)))
(send pearson-class :answer :isnew ' () ' ((send self :init)))
(send pearson-class :answer :init ' () ' (
    (setf n 0)
    (setf sum-sq-x 0 sum-sq-y 0 sum-coproduct 0)))

(send pearson-class :answer :points ' (x y) ' (
    (cond ((zerop n)
        (setf mean-x x mean-y y n 1))
        (t
         (setf n (1+ n))
         (let* ((sweep (/ (- n 1.0) n))
                (delta-x (- x mean-x))
                (delta-y (- y mean-y)))
            (setf sum-sq-x (+ sum-sq-x (* delta-x delta-x sweep)))
            (setf sum-sq-y (+ sum-sq-y (* delta-y delta-y sweep)))
            (setf sum-coproduct (+ sum-coproduct (* delta-x delta-y sweep)))
            (setf mean-x (+ mean-x (/ delta-x n)))
            (setf mean-y (+ mean-y (/ delta-y n))))))))))

(send pearson-class :answer :correlation ' () ' (
    (let* ((pop-sd-x (sqrt (/ sum-sq-x n)))
           (pop-sd-y (sqrt (/ sum-sq-y n)))
           (cov-x-y (/ sum-coproduct n)))
        (/ cov-x-y (* pop-sd-x pop-sd-y))))))

```

Код 26

Алгоритм создан для получения истинного ответа в процессе отладки, приведённой чуть ниже, более сложной версии. Все три алгоритма согласованы в рамках численного округления и `pearson-class` является улучшенной реализацией (код 25).

Корреляция Пирсона (код 26).

Здесь `pop` — отбрасывает первый элемент LISP-списка, который может быть в виде макроса, в LISP его эквивалент будет `(setf lis (cdr lis))`. Сам список возвращается — но не глава списка, которая была отброшена. Для получения главы списка можно использовать `first` или `car`. Алгоритм, приведённый ниже, предполагает прямое

на правах факультета при университете Карнеги-Меллона. Является создателем и ведущим разработчиком языка Nyquist, осуществляет поддержку технических электронных регламентов в области Nyquist-программирования. Научные интересы: синтез звука (в том числе генерация звуков, тональностей и т.д.), музыкальное программирование, редактирование звука программными средствами. Подробнее см. статью, указанную в пункте третьем нашего списка литературы [3].

исполнение, хранит точки и создан в целях отладки¹(код 27).

Алгоритм из Википедии (код 28).

С этого абзаца начинается описание алгоритма теста Уэлча² для проверки нулевой гипотезы о том, что две со-

¹ **Прим. автора.** Оригинальное предписание по структуре программного кода помеченное Роджером Данненбергом.

² **Прим. автора.** В статистике тест Уэлча (t-критерий Уэлча) или t-критерий неравных отклонений, представляет собой тест на определение местоположения с двумя выборками, который используется для проверки гипотезы о том, что две популяции имеют равные средние значения. Он назван в честь своего создателя Бернарда Льюиса Уэлча* и является адаптацией t-критерия Стьюдента**. Он более надёжен, когда две выборки имеют неодинаковые отклонения и / или неодинаковые размеры выборки. Эти тесты часто называют t-тестами «непарных» или «независимых выборок», поскольку они обычно применяются, когда статистические единицы, лежащие в основе двух сравниваемых выборок, не пересекаются. Учитывая, что t-тест Уэлча был менее популярен, чем t-тест Стьюдента, и может быть менее знаком читателям, более информативным названием является «t-тест неравных отклонений Уэлча» — или «t-тест неравных отклонений» для краткости.

* Бернард Льюис Уэлч (Bernard Lewis Welch) — британский статистик и педагог. Он является создателем t-критерия Уэлча. Уэлч обучался в Лондонском университетском колледже по программе статистики. Пирсон и Фишер

```

; (setf npearson-class (send class :new ' (pts)))
; (send npearson-class :answer :isnew ' () ' ((send self :init)))
; (send npearson-class :answer :init ' () ' ((setf pts nil)))
; (send npearson-class :answer :points ' (x y) ' (
;   (setf pts (cons (cons x y) pts))))
; (send npearson-class :answer :correlation ' () ' (
;   (setf pts (reverse pts))
;   (let ((sum-sq-x 0) (sum-sq-y 0) (sum-coproduct 0) (mean-x (caar pts))
;         (mean-y (cdar pts)) i (n (length pts)))
;     (dotimes (j (1- n))
;       (let* ((i (+ j 2))
;              (sweep (/ (- i 1.0) i))
;              (delta-x (- (car (nth (1- i) pts)) mean-x))
;              (delta-y (- (cdr (nth (1- i) pts)) mean-y)))
;         (setf sum-sq-x (+ sum-sq-x (* delta-x delta-x sweep)))
;         (setf sum-sq-y (+ sum-sq-y (* delta-y delta-y sweep)))
;         (setf sum-coproduct (+ sum-coproduct (* delta-x delta-y sweep)))
;         (setf mean-x (+ mean-x (/ delta-x i)))
;         (setf mean-y (+ mean-y (/ delta-y i))))))
;   (let ((pop-sd-x (sqrt (/ sum-sq-x n)))
;         (pop-sd-y (sqrt (/ sum-sq-y n)))
;         (cov-x-y (/ sum-coproduct n)))
;     (/ cov-x-y (* pop-sd-x pop-sd-y))))))

```

Код 27

```

; sum_sq_x = 0
; sum_sq_y = 0
; sum_coproduct = 0
; mean_x = x[1]
; mean_y = y[1]
; for i in 2 to N:
;   sweep = (i - 1.0) / i
;   delta_x = x[i] - mean_x
;   delta_y = y[i] - mean_y
;   sum_sq_x += delta_x * delta_x * sweep
;   sum_sq_y += delta_y * delta_y * sweep
;   sum_coproduct += delta_x * delta_y * sweep
;   mean_x += delta_x / i
;   mean_y += delta_y / i
; pop_sd_x = sqrt( sum_sq_x / N )
; pop_sd_y = sqrt( sum_sq_y / N )
; cov_x_y = sum_coproduct / N
; correlation = cov_x_y / (pop_sd_x * pop_sd_y)

```

Код 28

```
(defun welchs-t-test (mean1 stddev1 n1 mean2 stddev2 n2)
  (let* ((var1 (* stddev1 stddev1))
        (var2 (* stddev2 stddev2))
        (num (- mean1 mean2))
        (den (sqrt (+ (/ var1 n1)
                       (/ var2 n2))))
        (welchs-t (/ num den))
        (dof-a (+ (/ var1 n1) (/ var2 n2)))
        (dof-num (* dof-a dof-a))
        (dof-den (+ (/ (* var1 var1) (* n1 n1 (- n1 1)))
                    (/ (* var2 var2) (* n2 n2 (- n2 1)))))
        (dof (/ dof-num dof-den)))
    (list welchs-t dof)))
```

Код 29

вокупности равны в то время как дисперсии могут быть неравными. «t»-критерий Уэлча¹ для проверки нулевой гипотезы о том, что два средних значения популяции

равны, когда дисперсии (отклонения) могут быть неравными (код 29).

Здесь излагается программное описание алгоритма критерия Левена² для оценки равенства дисперсий в различных выборках³. Данная реализация алгоритма предназначена для 2-х групп. Если две группы можно считать нормальными (гауссовскими)⁴, тогда следует рассмо-

¹ **Прим. автора.** В отличие от t-критерия Стьюдента, который предполагает, что две сравниваемые популяции обычно распределены с равными отклонениями, t-критерий Уэлча предназначен для неравных различий в численности населения, но при этом сохраняется предположение о нормальности. «t» — критерий Уэлча является приближенным решением проблемы Беренса-Фишера*.

* В статистике проблема Беренса-Фишера (Behrens-Fisher problem), названная в честь Вальтера Беренса (Walter Behrens)** и Рональда Фишера (Ronald Fisher)***, представляет собой проблему оценки интервалов и проверки гипотез относительно разницы между средними значениями двух нормально распределенных популяций, когда отклонения двух популяций не предполагаются равными, на основе двух независимых выборок.

** Вальтер-Ульрих Беренс (Walter-Ulrich Behrens) немецкий химик и статистик, который совместно с Рональдом Фишером (Ronald Fisher) открыл проблему Беренса-Фишера (Behrens-Fisher problem) и связанное с ней распределение Беренса-Фишера (Behrens-Fisher distribution).

***Рональд Фишер (Ronald Aylmer Fisher, Sir Ronald Aylmer Fisher) — британский энциклопедист и биолог, который активно работал как математик, статистик, генетик и преподаватель. Член Лондонского королевского общества, обладатель титула сэра. За свою работу в области статистики он был определен как «гений, который почти в одиночку создал основы современной статистической науки» и как «самая важная фигура в статистике 20-го века». В 1935 г. Фишер опубликовал статью о *фидуциальном выводе*⁴ и применил результаты исследования к проблеме Беренса-Фишера (Behrens-Fisher problem), решением которой, предложенным сначала Вальтером Беренсом, а несколько лет спустя самим Фишером, является распределение Беренса-Фишера (Behrens-Fisher distribution).

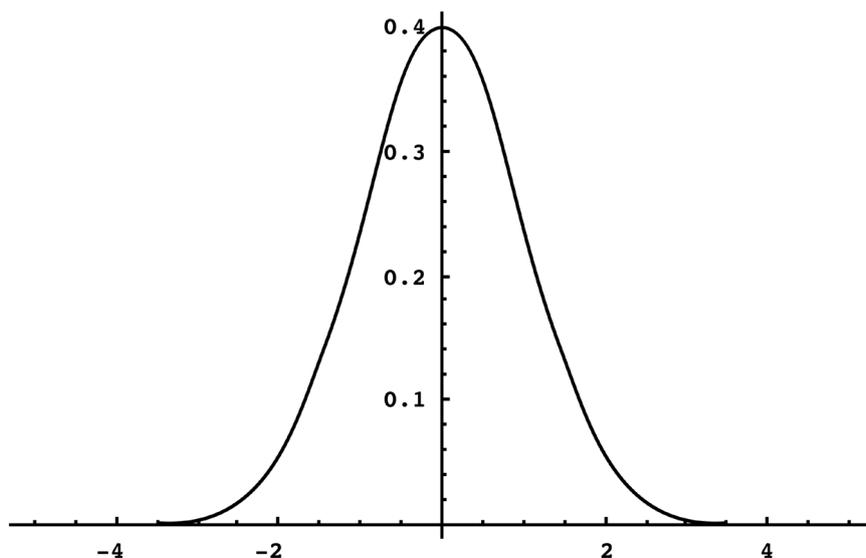
⁴ Фидуциальный (*доверительный*) вывод — это один из множества различных типов статистических выводов. Это правила, предназначенные для общего применения, с помощью которых можно делать выводы из *выборок* данных. В современной статистической практике попытки работать с фидуциальным выводом вышли из моды, уступив *частотному* выводу, *байесовскому* выводу и теории принятия решений. Однако, фидуциальный вывод важен в истории статистики, поскольку его развитие привело к параллельному развитию концепций и инструментов в теоретической статистике, которые широко используются. Некоторые текущие исследования в области статистической методологии в различной степени связаны с фидуциальным выводом.

² **Прим. автора.** Говард Левин (Howard Levene, произносится как Лави'н или Лэви'н) — американский статистик в области биологии и генетик. Родился в городе Нью-Йорк. Окончил Нью-Йоркский университет. В 1941 г. перешёл в Колумбийский университет, где работал над проблемой контроля качества в условиях войны. В 1947 г. получил степень доктора философии (PhD) в Колумбийском университете и, вскоре после этого, стал работать на одном из его факультетов. По другим данным он получил степень PhD в 1953 году и тема его диссертации (консультант — Джейкоб Вулфовиц (Jacob Wolfowitz))* — «Вклад в теорию непараметрических критериев случайности». В Колумбийском университете он работал профессором математической статистики и генетики до 1982 года. Известен разработкой теста Левена (1960 год) — *модифицированной формы одностороннего дисперсионного анализа*. Занимал пост президента Американского общества натуралистов в 1976 году.

* Джейкоб Вулфовиц (Jacob Wolfowitz) — американский статистик польского происхождения, лауреат премии Шеннона в области теории информации. Он был отцом бывшего заместителя министра обороны Соединенных Штатов и президента Группы Всемирного банка Пола Вулфовица (Paul Wolfowitz).

³ **Прим. автора.** Концепция теста основывается на открытых источниках, преимущественно описываемых в Википедии.

⁴ ** В статистике теорема Гаусса-Маркова (или просто теорема Гаусса для некоторых авторов) гласит, что обычная оценка наименьших квадратов (Ordinary least squares, OLS) имеет наименьшую дисперсию выборки в классе линейных несмещенных оценок, если ошибки в модели линейной регрессии некоррелированы, имеют равные отклонения и математическое ожидание равно нулю. Ошибки не обязательно должны быть нормальными, и при этом они не должны быть независимыми и одинаково распределёнными (то есть со свойством, означающим постоянство условной дисперсии вектора или последовательности случайных величин) с конечной дисперсией). Требование о том, чтобы оценщик (правило для вычисления оценки заданной величины на основе наблюдаемых данных) (estimator) был беспристрастным, не может быть отменено, поскольку существуют предвзятые оценщики



Примечание: составлено автором* — Таран В.В., по материалам Nyquist Reference Manual Version 2.36, 2007. В качестве уточнения (простейшая форма распределения по Гауссу) использовался электронный ресурс Zhang X. (2011) Gaussian Distribution. In: Sammut C., Webb G.I. (eds) Encyclopedia of Machine Learning. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30164-8_323 [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022].

* Прим. автора. При подготовке графика использовалось программное обеспечение компании Wolfram Research — Wolfram Mathematica 10.2 и, функционально соответствующий версии, язык программирования Wolfram.

Рис. 5. Распределение по Гауссу (колоколообразная форма кривой — $\mu = 0$, $\sigma = 1$).

треть F-критерий. Вариацией критерия Левена является критерий Брауна-Форсайта¹, в котором вместо *средних* используются *медианы* (вместо *средних значений используются медианные значения*). Необязательный (или дополнительный) параметр brown-forsythe можно установить на значение true, чтобы осуществить проверку по критерию Брауна-Форсайта вместо критерия Ле-

с меньшей дисперсией. Смотрите, например, оценщик Джеймса-Стайна (James-Stein estimator) (который также снижает линейность), гребневую регрессию или просто любой редуцированный оценщик. Теорема была названа в честь Карла Фридриха Гаусса и Андрея Маркова, хотя работа Гаусса значительно предшествовала работе Маркова. Но в то время как Гаусс вывел результат в предположении независимости и нормальности, Марков привел допущения к форме, указанной выше. Дальнейшее обобщение с учётом несферических ошибок было дано Александром Айткенем (Alexander Aitken), одним из самых выдающихся математиков Новой Зеландии.

¹ Прим. автора. Критерий Брауна-Форсайта — это статистический критерий (тест) на равенство групповых дисперсий, основанный на выполнении дисперсионного анализа ANOVA (ANalysis Of VAriance) при преобразовании независимой переменной (результатирующей переменной, переменной отклика). Критерий (тест) назван по имени Мортон Брауна (Morton Brown), родившегося в Канаде американо-израильского исследователя в области биоматематики и статистики и Алана Форсайта (Alan Forsythe), специалиста в области клинического анализа и биологической статистики. Является соавтором Мортон Брауна (Morton Brown) по многим научным статьям, касающимся вопросов дисперсионного анализа, а также применения устойчивого критерия равенства дисперсий.

на. Режим подробной информации по умолчанию имеет значение t и выводит некоторую полезную информацию (входные данные для levenes-test) — это пара списков образцов. Входные данные для levenes-test — это пара списков образцов. Возвращаемое значение — W^2 . Критерий Левена для оценки равенства дисперсий в различных выборках — код сгенерирован на основе статьи в Википедии. Критерий выполняется для двух групп, если две группы можно считать нормальными (гауссовскими), то следует рассмотреть F-тест (F — критерий, или критерий Фишера).

Разновидностью критерия Левена является критерий Брауна-Форсайта, в котором вместо средних значений

² Прим. автора. Более подробное описание по тесту Уэлча изложено в англоязычной Википедии по адресу: https://en.wikipedia.org/wiki/Levene%27s_test [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022]. Очень хорошо и доступно (формульно) изложен данный тест в украиноязычной Википедии по адресу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82_%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B5 [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022]. Также исходный принцип теста опубликован здесь: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35a.htm> [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022].

```
(defun levenes-test (y1 y2 &optional brown-forsythe (verbose t))
  (let* ((n1 (float (length y1)))
         (n2 (float (length y2)))
         (n (+ n1 n2))
         m1 m2 z1 z2 z.. z1. z2. stat (den 0) w)
```

Код 30

```
(cond (brown-forsythe
      (setf m1 (vector-median y1))
      (setf m2 (vector-median y2)))
      (t
       (setf m1 (vector-mean y1))
       (setf m2 (vector-mean y2))))
```

Код 31

```
(dolist (y1j y1) (push (abs (- y1j m1)) z1))
(dolist (y2j y2) (push (abs (- y2j m2)) z2))
```

Код 32

```
(setf z1. (vector-sum-elements z1))
(setf z2. (vector-sum-elements z2))
```

Код 33

```
(setf z.. (/ (+ z1. z2.) n))
```

Код 34

```
(setf z1. (/ z1. n1))
(setf z2. (/ z2. n2))
```

Код 35

используются медианные значения. Необязательный параметр Браун-Форсайт может быть установлен на «истину» для того, чтобы получить критерий Брауна-Форсайта вместо критерия Левена. Текстовая метка по умолчанию имеет значение t и выводит некоторую полезную информацию. Входные данные для критерия Левена представляют собой пару списков выборок. Возвращаемым значением является W (подробности см. в Википедии), код 30.

Вычисляем средние или медианные значения, код 31.

Вычисляем zij (lists z1 and z2), код 32.

Вычисляем zi. Sums, код 33.

Вычисляем z... Код 34.

Преобразуем zi. переменных из сумм в средние значения, код 35.

Вычисление большого компонента знаменателя, код 36.

```
(dolist (z1j z1)
  (let ((diff (- z1j z1.)))
    (setf den (+ den (* diff diff)))))
(dolist (z2j z2)
  (let ((diff (- z2j z2.)))
    (setf den (+ den (* diff diff)))))
```

Код 36

```
(setf w (* (- n 2) (/ (+ (* n1 (* (- z1. z..) (- z1. z..)))
  (* n2 (* (- z2. z..) (- z2. z..))))
  den)))
```

Код 37

```
(cond (verbose
  (format t "Summary of ~A test results:
Size of group 1: ~A, ~A: ~A
Size of group 2: ~A, ~A: ~A
W (result): ~A
```

Код 38

```
(if brown-forsythe "Brown-Forsythe" "Levene's")
  n1 (if brown-forsythe "Median" "Mean") m1
  n2 (if brown-forsythe "Median" "Mean") m2
  w
  (- n 2) (- n 2))))
w))
```

Код 39

```
(defun levenes-test-test ()
  (let (y1 y2 y3)
    (dotimes (i 50)
      (push (gaussian-dist 1.0 0.1) y1))
    (dotimes (i 75)
      (push (gaussian-dist 1.0 0.2) y2))
    (dotimes (i 75)
      (push (gaussian-dist 1.0 0.1) y3))
    (format t "\nTHE FOLLOWING HAVE UNEQUAL VARIANCE\n")
    (levenes-test y1 y2) ;; тест Левена
    (format t "\n")
    (levenes-test y1 y2 t) ;; тест Брауна-Форсайта
    (format t "\nTHE FOLLOWING HAVE EQUAL VARIANCE\n")
    (levenes-test y1 y3) ;; тест Левена
    (format t "\n")
    (levenes-test y1 y3 t) ;; brown-forsythe test
    (format t "\n")
    'done
  ))
```

Код 40

Вычисляем $w \dots$ Код 37.

Распечатываем информацию, если она содержит много знаков, код 38.

Значимость W проверяется по отношению к F (альфа, 1, $\sim A$), где альфа-уровень значимости (обычно 0,05 или 0.01), и $\sim A$ равно $N-2 \cdot \sim \%$, код 39.

Простая проверка по Levene-test. Данная программа использует `distributions.lsp`, который должен быть обязательно загружен (явным образом).

Создаём данные с сигмой 0.1 и 0.2, код 40.

Здесь `gaussian-dist` возвращает значение `FLONUM` из распределения Гаусса или Гаусса-Лапласа¹ линейной функции нормального распределения. Он симметричен относительно среднего значения x_{m} со стандартным отклонением σ , которое должно быть больше нуля. Параметры `low` и `high` показывают необязательные искусственные границы минимального и максимального выходных значений соответственно. `Push` — макрос эквивалентный написанию в LISP (`setf lis (cons val lis)`). То есть, используя `val` — нажмите на `lis` (список LISP). LISP = (`push val lis`), SAL = `push(val, lis)`.

Рассмотрев ключевые функции библиотеки «Statistics», а также исследовав её программный код, можно сделать вывод следующего содержания: технические инструменты, предлагаемые данной библиотекой, обширны и представляют собой внушительный перечень опций, направленных на проведение качественного статистического анализа аудиоматериала в условиях его реставрации, мастеринга, сведения и синтеза.

Библиотека, являясь неотъемлемой частью среды NyquistIDE, служит важным технологическим элемен-

том в области обработки звука и может быть посредником среди других периферийных библиотек, поддерживающих устойчивый баланс технико-технологических средств в отношениях NyquistIDE — Audacity®. Устойчивый баланс таких средств зачастую бывает, необходим, когда оператору технологического процесса (оператор обработки аудиоматериала) нужно выполнять обработку аудиоматериала программным способом с поддержанием визуализации сигналаграммы через интерфейс аудиоредактора. На программном уровне это может быть NyquistIDE (библиотека «Statistics»), который для визуализации процессов обработки аудиоданных может задействовать оболочку интерфейса редактора Audacity® (NyquistPrompt). При проведении операций со статистическим анализом, такая связка может обеспечить интерфейсно-ориентированный учёт статистических данных, что в свою очередь поможет оператору наблюдать изменения линейной корреляции, внося изменения в событийный ход исполнения сценария, прописанного на языке Nyquist. Такой подход существенно повысит качество предобработки аудиоматериала, поскольку учитываемые показатели корреляции можно использовать в любых технических целях и производить с ними математические операции сколько угодно раз.

Несомненно, проведённый в статье технический анализ кода библиотеки «Statistics» органично дополнит перечень исследований, затрагивающих точную обработку аудиоматериала и привлечёт внимание других исследователей, в сфере которых лежат интересы научного анализа и обоснования применения программных средств, к проблемно-ориентированным областям редактирования аудиоматериала. Авторский анализ, проведённый в данной статье, также может послужить хорошей базой при проведении практических процедур, направленных на обработку и совершенствование аудиоматериала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерная программа Nyquist IDE v.3.15 / Файл директории (`statistics.lsp`) // Полная реализация — Jesse Clark, David Hovard, David Movatt, David Deangelis, Roger B. Dannenberg. — 2002–2018. [Электронный источник, компьютерная программа].
2. Таран В.В. Проектирование дизайна аудиопродукции в программной среде Audacity® с применением языка Nyquist // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки — 2019. — № 10. — С. 159–171. [ISSN2223–2966].

¹ **Прим.автора.** Пьер-Симон, маркиз де Лаплас (Pierre-Simon, marquis de Laplace) — французский учёный и энциклопедист, чья работа имела важное значение для развития инженерии, статистики, математики, физики, астрономии и философии. Он обобщил и расширил работу своих предшественников в пятитомной рукописи «Небесная механика», 1799–1825 (фр. *Mécanique céleste*, англ. *Celestial Mechanics*). Эта работа перевела геометрическое изучение классической механики в область, основанную на математическом исчислении, открыв более широкий круг проблем. В статистике байесовская интерпретация вероятности была разработана главным образом Лапласом.

3. Таран В.В. Язык программирования Nyquist: настоящее время и перспективы его развития в области компьютерной аудиоинженерии и аудиоинформатики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки — 2020. — № 4. — С. 135–153. [ISSN2223–2966]. (DOI 10.37882/2223–2966.2020.04.37).
4. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.16 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 2013–2020 WEB-version, URL: <http://www.cs.cmu.edu/~rbd/doc/nyquist/> [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022].
5. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.15 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 11.08. 2018 p.276.
6. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 3.09 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 27.12. 2014 p.297.
7. Dannenberg R.B. Nyquist Reference Manual Version 2.36 // Carnegie Mellon University — School of Computer Science/ Pittsburgh, PA 15213, U.S.A. 05.03. 2007 p.205.
8. Taube H.K. SAL: A simple algorithmic language in common music, Paper presented at International Computer Music Conference, ICMC2007, Copenhagen, Denmark, 27.08.07–8/31/07 pp. 121–124.
9. Touretzky, David S. Common LISP: a gentle introduction to symbolic computation /Carnegie Mellon University///Copyright (c) 1990 by Symbolic Technology, Ltd.//// Published by The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.p.587 (ISBN0–8053–0492–4).
10. Godøy R.I. (2009) Chunking Sound for Musical Analysis. In: Ystad S., Kronland-Martinet R., Jensen K. (eds) Computer Music Modeling and Retrieval. Genesis of Meaning in Sound and Music. CMMR2008. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5493. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978–3–642–02518–1_4 [электронный ресурс, дата обращения к электронному ресурсу: 03.03.2022].

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

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская Академия Наук

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ КАЛИЙНОЙ РУДЫ

RESEARCH OF OPPORTUNITIES TO INCREASE POTASSIUM ORE MINING BY MODELING

P. Yazev

Summary. The article proposes the factors of the mining machine that can increase in ore production. It is shown that the speed of a self-propelled car can also be considered as such a factor. The calculation of the maximum increase in production with a change in all the proposed factors was made. The total increase in production is calculated for cases with a deterministic and stochastic model. Further the factors with not requirement additional economic costs and technological changes were determined, and a possible increase in production was calculated with only such factors changing.

Keywords: potash ore, mining machine, simulation model, control parameters.

Язев Павел Александрович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»
yazev1988@gmail.com

Аннотация. В статье предлагаются управляемые факторы в работе горно-выемочной машины, изменение которых способно привести к увеличению добычи руды. Показано, что скорость самоходного вагона также может считаться таким фактором. Произведен расчет максимального возможного увеличения добычи при изменении всех предложенных факторов. Общее увеличение добычи рассчитано для случаев с детерминированной и стохастической моделью. Из всех указанных факторов выделены те, изменение которых не требует дополнительных экономических затрат и технологических изменений, рассчитано возможное увеличение добычи при изменении только таких факторов.

Ключевые слова: калийная руда, горно-выемочная машина, имитационная модель, управляющие факторы.

Введение

При работе любого горного предприятия важную роль играет планирование добычи руды. Возможным способом уточнения планов является имитационное моделирование горных работ [1,2]. В рамках такого использования имитационной модели возможно также проведение расчетов, позволяющих определить возможные способы увеличения добычи комбайна, которое технологически возможно в рамках существующих нормативов. Ранее нами была создана имитационная модель работы системы горно-выемочных машин [3]. Основой для модели является объектно-ориентированная библиотека, разработанная на кафедре автоматизации технологических процессов Березниковского филиала ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» [4]. С её помощью можно моделировать сложные и многосвязные системы массового обслуживания, активные и многоагентные системы.

В созданной модели реализовано моделирование работы нескольких комбайнов в границах одного пласта на произвольном интервале времени. Концептуальная структура данных модели и её связей с горно-геологической информационной системой предприятия (ГИС) показана на рис 1.

Каждый комбайн и его самоходный вагон моделируется как отдельный элемент системы на основе его физических и технологических параметров: физических размеров, грузоподъёмности, скорости проходки, времен выполнения вспомогательных операций и т.д. В модели выполняется следующая последовательность действий каждым комбайном, выполняющим очистные работы: отбойка руды; отгрузка отбитой руды на самоходный вагон; транспортировка руды самоходным вагоном до точки разгрузки; отгрузка руды с самоходного на точку разгрузки, являющуюся частью конвейерной системы. После окончания выполнения очистки камеры (при достижении комбайном заданного расстояния от начала камеры) комбайн отгоняется к началу камеры, в дальнейшем определяется его следующая задача — подрубка или переход к следующей камере. Все выполняемые комбайном и самоходным вагоном операции и переходы между ними показаны на рис. 2.

Верхний уровень модели позволяет пользователю задать программу действий каждого комбайна, включающую очистку камер, перегон, регламентные и другие работы, отображенные на рис. 3. Глобальные параметры (например, параметры пласта) задаются один раз для всех комбайнов или экспортируются из ГИС.

Модель на момент создания была оснащена детерминированными данными, предоставленными предприя-

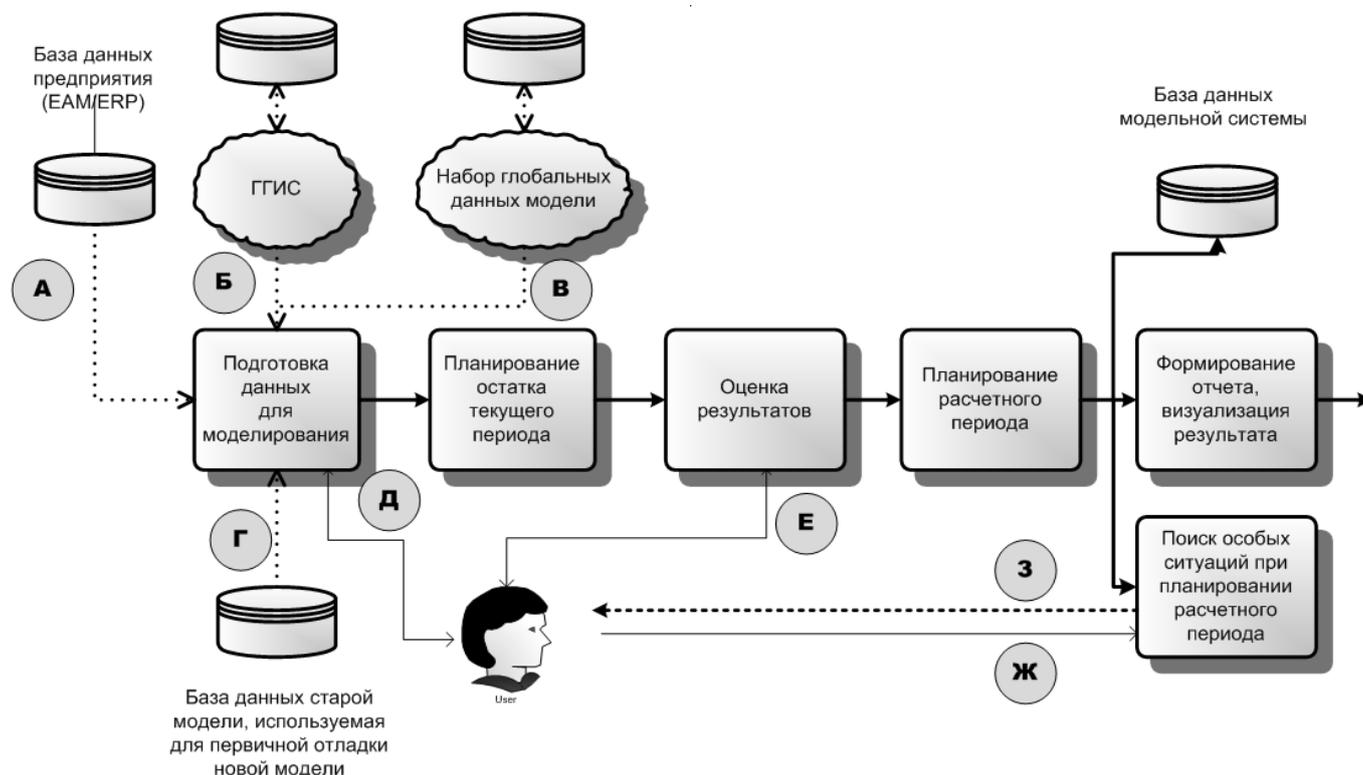


Рис. 1. Общая схема передачи информации для использования модели

тием или полученными из открытых источников [5,6]. Далее модель была уточнена с использованием данных об энергопотреблении двигателей комбайна, а также был показан стохастический характер времен выполнения технологических операций.

Из практики известно, что принципиально комбайн способен работать с большей производительностью, чем это допускают исходные параметры модели. При этом не нарушаются нормы производства и технологические ограничения. Следовательно, представляет интерес исследование возможностей распространения такого опыта на все комбайны с целью общего увеличения добычи руды. Целью работы является использование модели для исследования возможностей снизить невынужденные простои комбайнов, нормативно составляющие до 10–20% рабочего времени, увеличить месячную добычу руды, не затрагивая технологических процессов и процессов, связанных с безопасностью добычи, и оценить возможный эффект от таких изменений

Материалы,
исследование и результаты

Вынужденные простои комбайнов вызваны технологическими остановками (вентиляционное бурение, перенос энергосборок и т.д.) и периодическими оста-

новками. Невынужденные остановки обычно возникают при невозможности самоходного вагона достичь горного комбайна до момента заполнения его бункера-перегрузателя. На такие простои потенциально могут влиять следующие факторы: длина отбойной камеры, расстояние от точки разгрузки до начала отбойной камеры (т.е. длина пробега самоходного вагона) и емкости самоходного вагона и бункера-перегрузателя [7, 8]. Эти факторы можно менять, причем их изменение не затрагивает другие технологические процессы и другие объекты [9]. Помимо указанных факторов, можно выделить также скорость вагона при передвижении от комбайна до точки разгрузки и обратно. Для данного фактора логичным является выбор нормативного ограничения, однако для всех моделей комбайнов и самоходных вагонов используется расчетная скорость, часто в виде средней скорости. Поэтому было проведено измерение по данным об энергопотреблении времени, затрачиваемого вагоном на транспортировку руды до точки разгрузки и возвращение обратно к комбайну. В этом времени также присутствует время на разгрузку руды из самоходного вагона, которым можно пренебречь для данного случая, т.к. максимальная скорость разгрузки задается параметрами оборудования. Результат представлен на рис 4.

На рис. 4. представлены 3 графика — расчет времени ожидания комбайном по модели, линейный расчет

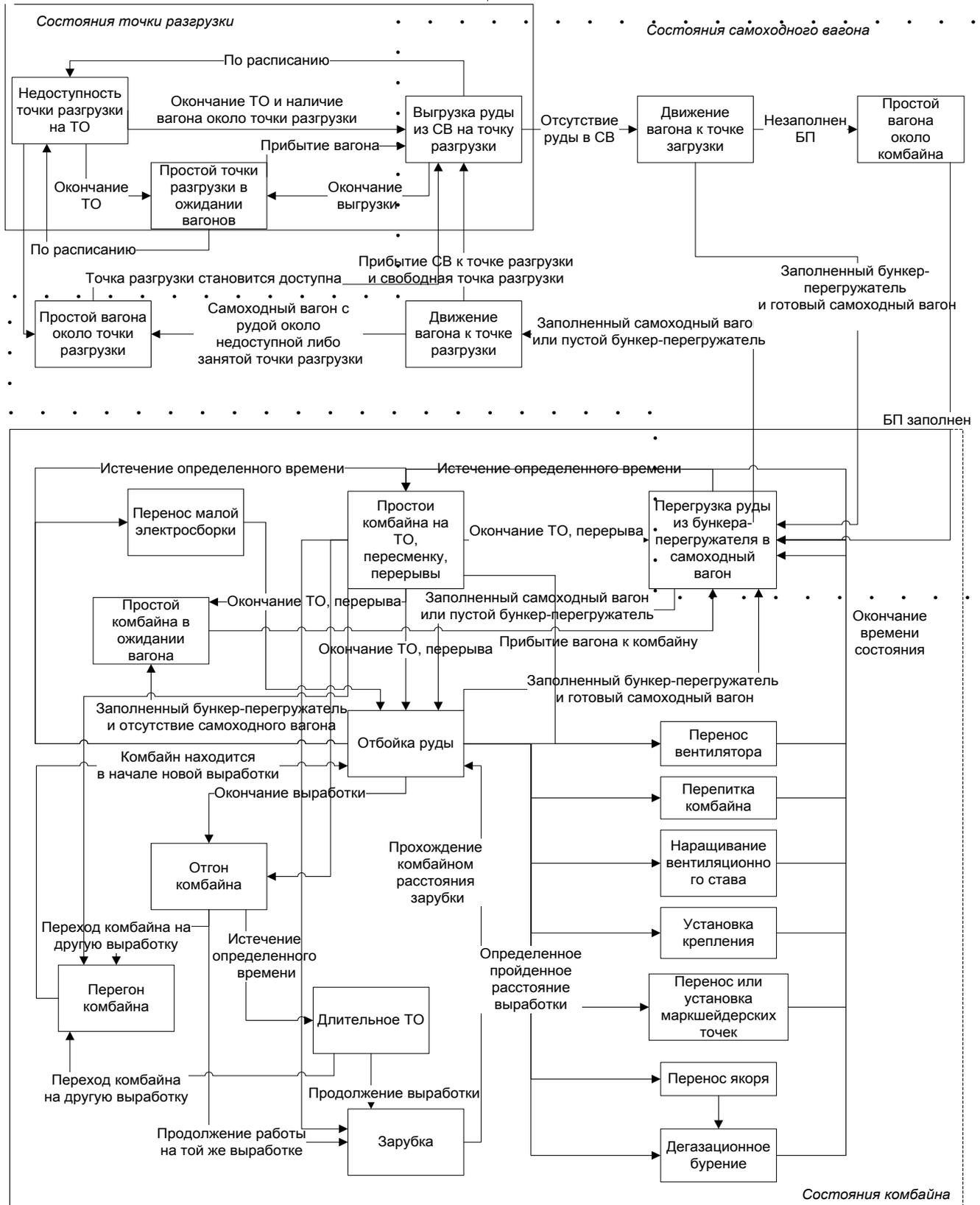


Рис. 2. Операции комбайна, самоходного вагона и переходы между ними

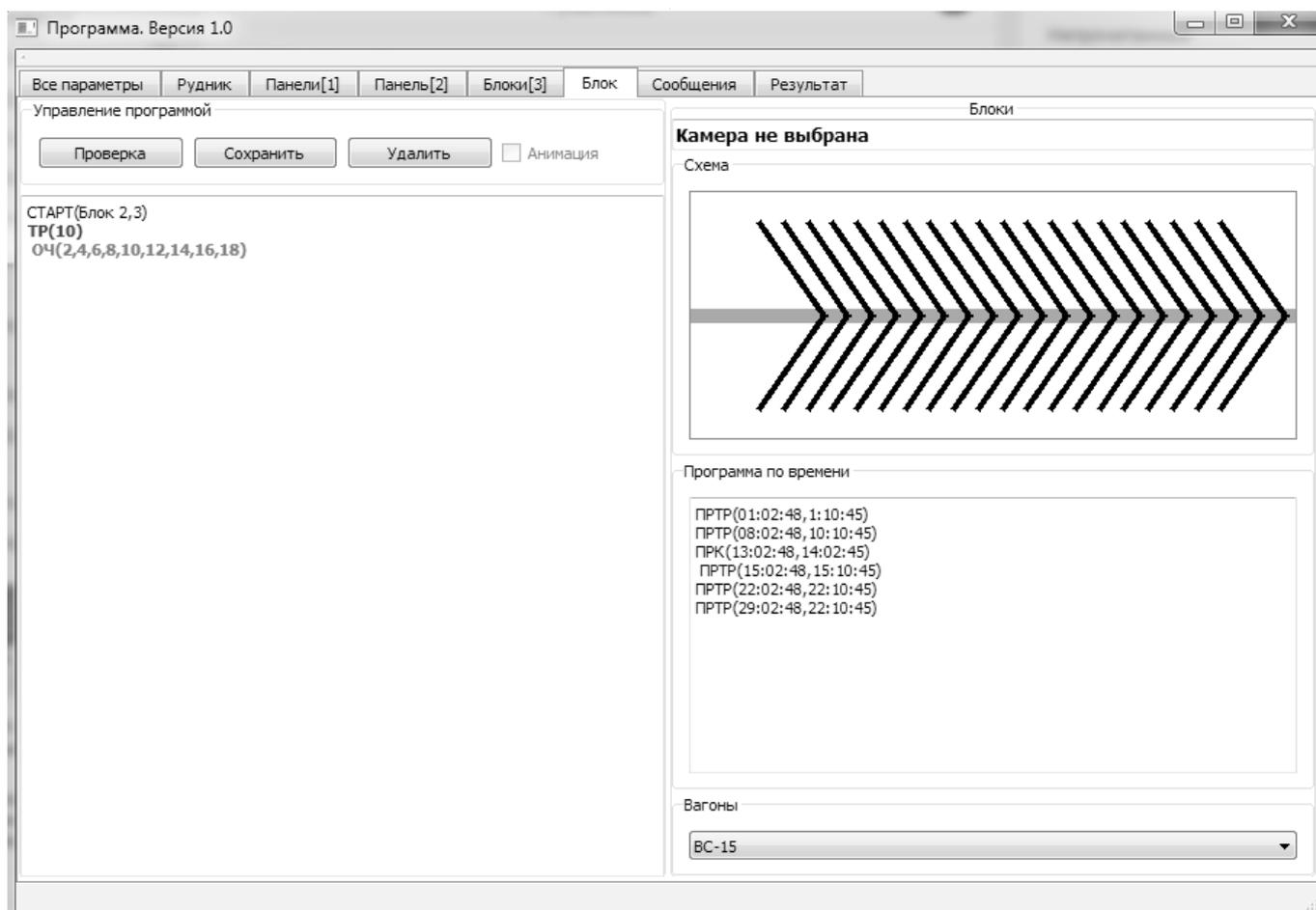


Рис. 3. Интерфейс пользователя модели

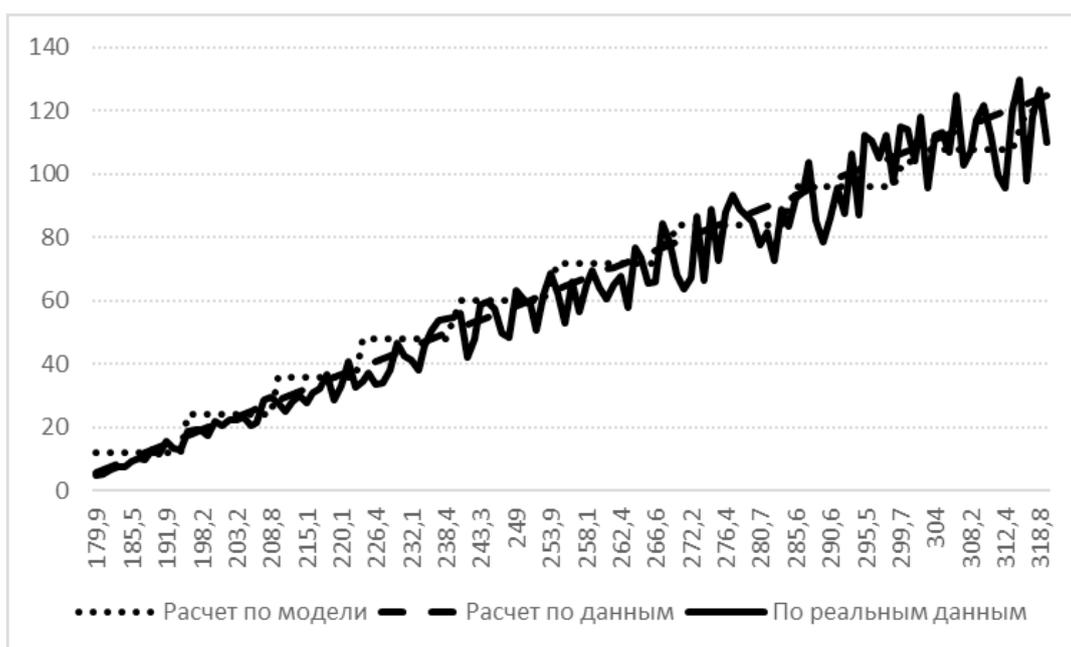


Рис. 4. Время ожидания комбайном вагона

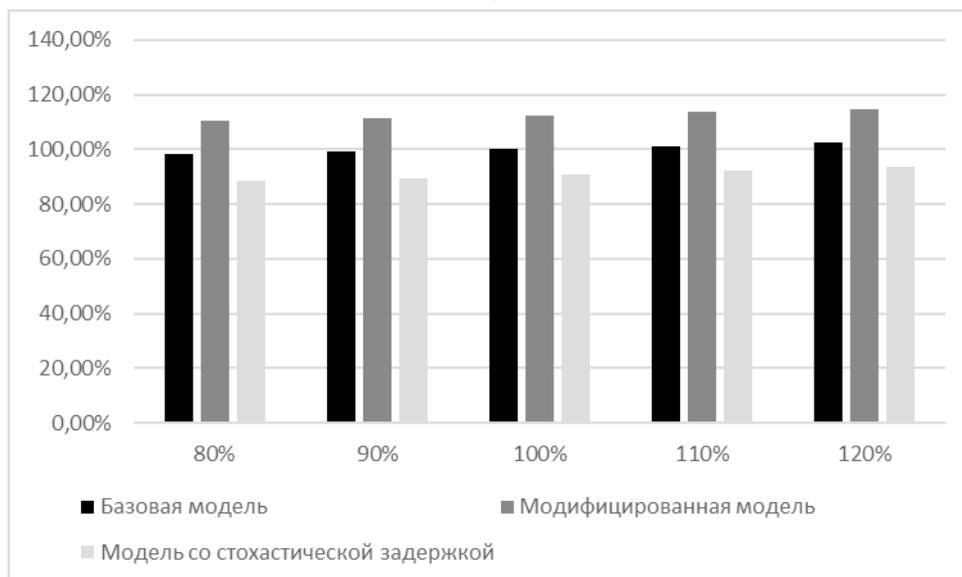


Рис. 5. Изменение добычи от изменения скорости движения вагона

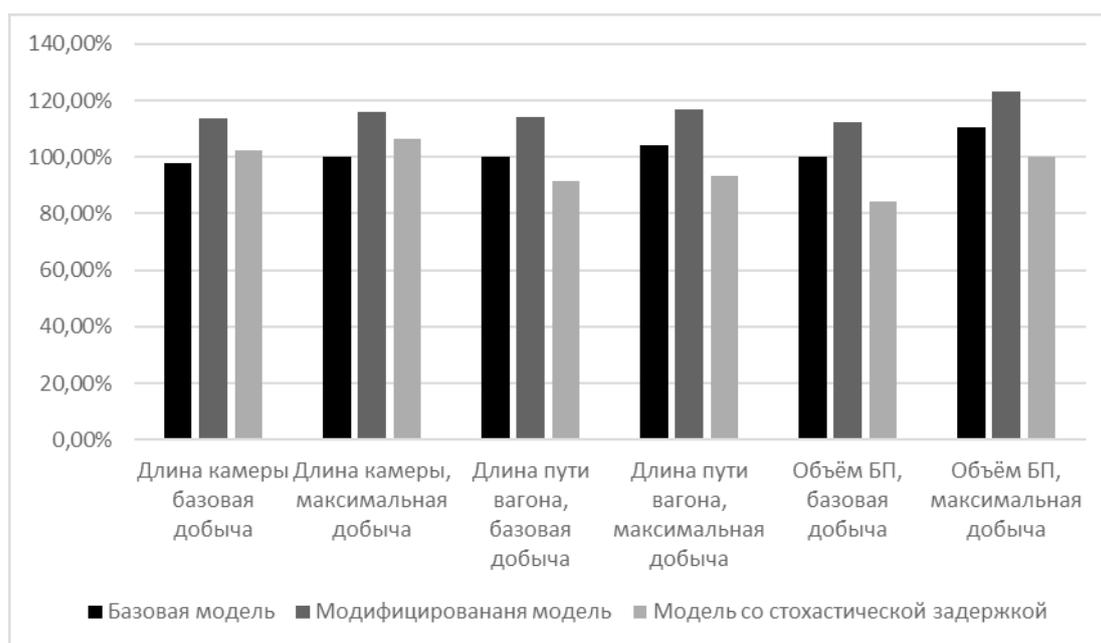


Рис. 6. Изменение добычи от изменения управляющих факторов

исходя из скорости движения комбайна и длины пути и график реального времени ожидания, полученный при анализе данных об энергопотреблении. «Ступени» на модельном графике объясняются принятым шагом моделирования. Кроме того, на показанном графике учитываются задержка во времени при прибытии к комбайну, который выполняет только отбойку руды без одновременной отгрузки на самоходный вагон, т.к. в этом случае мы можем быть уверены, что вагон загружен

на 100%, и нет дополнительной задержки между временем прибытия вагона к комбайну и началом отгрузки руды.

Как видно из графика, время между окончанием предыдущей отгрузки руды и началом следующей и, следовательно, скорость движения комбайна отличается от расчетной и модельной в различные моменты времени как в сторону увеличения, так и в сторону умень-

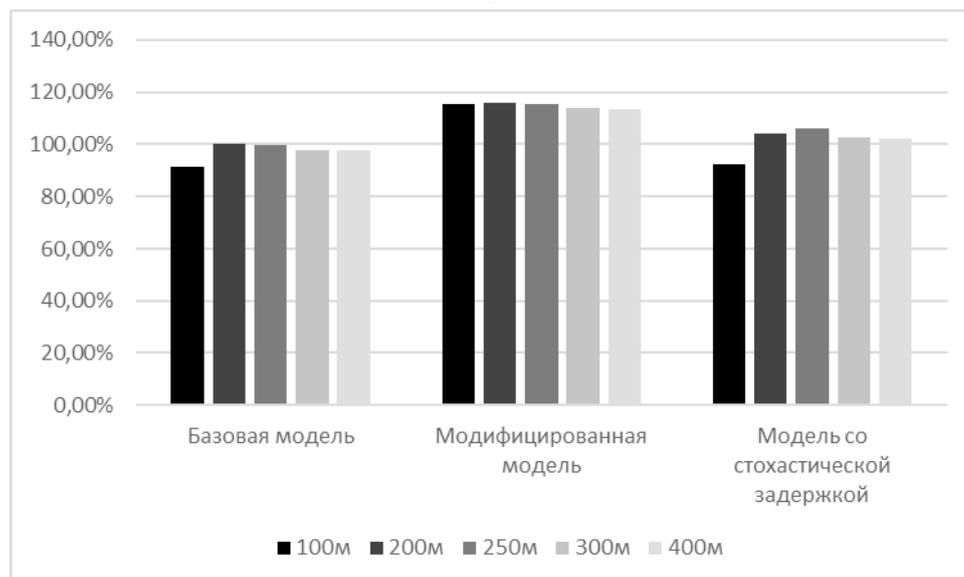


Рис. 7. Изменение добычи от изменения длины камеры

шения. Увеличение времени может объясняться различными факторами — очередью на разгрузку, сниженной скоростью движения комбайна, задержкой при выгрузке руды. Все эти факторы входят в созданную нами модель в виде стохастической задержки. Уменьшение времени может говорить только об одном — комбайн способен передвигаться со скоростью, превышающую заложенную в модель, следовательно, скорость также является управляемым фактором. Исходя из максимального отклонения времени прибытия вагона, и зная времена выгрузки руды на точку разгрузки, было вычислено возможное увеличение скорости движения вагона — 21% по сравнению с заложенной в модель. На практике такое увеличение скорости возможно осуществить несколькими способами: снижением времени задержки вагона при отгрузке руды на точку разгрузки, в том числе устранением очереди ожидания вагонов перед разгрузкой и уменьшением непрямолинейных участков движения вагонов.

Исследовано, насколько изменение скорости вагона может изменить общий объем выработки комбайна. Расчет производился для 5 значений скорости вагона: заложенная в модель, 80%, 90%, 110% и 120% от заложенной в модель соответственно и для 3-х случаев: оригинальная модель с комбайном, неспособным работать в режиме одновременной отбойки и отгрузки руды, модифицированная модель с возможностью для комбайнов выполнения такой операции и модифицированная модель со стохастической задержкой, результат представлен на рис. 5.

Как видно из графика, увеличение скорости в физически возможных пределах (до 21%) во всех описанных случаях приводит к увеличению добычи. Разница в до-

быче для случаев возможности одновременной отбойки и отгрузки и невозможности такой операции одинаковая с точностью до погрешности моделирования, что полностью соответствует действительности: в обоих случаях комбайн в начале камеры не успевает заполнить свой бункер-перегрузатель до момента прибытия самоходного вагона, и не появляется простоев в работе; после наступления момента, когда такая задержка начинает появляться, комбайн перестает работать в режиме одновременной отбойки и отгрузки. Максимальное увеличение добычи при изменении фактора «скорость движения вагона» составляет 2,3% для детерминированной модели и 2,7% для модели со стохастической задержкой.

Аналогичные графики были построены для всех остальных управляемых факторов: длина пути от точки разгрузки до начала отбойной камеры (20,30,50,70 и 100 метров), длина отбойной камеры (100,200,250,300,400 метров) и объем бункера-перегрузателя и самоходного вагона (модель ВС-15, объем 12,45 тонн и модель ВС-30, объем 22 тонны). На рис. 6 представлены все графики — наибольшая и базовая добыча для каждого случая.

Для всех факторов, кроме длины отбойной камеры, наибольшее значение получается в ожидаемых условиях — при минимальной длине пробега самоходного вагона, при максимальной скорости вагона, при максимальной грузоподъемности вагона. Все вышеописанные факторы являются независимыми, и мы можем принять общее улучшение объекта как сумму всех улучшений, тогда общее увеличение добычи будет 16,8% по сравнению с базовым значением для случая с комбайнов, не работающих в режиме одновременной отбойки и отгрузки

руды, 15,5% для комбайна, работающего в таком режиме и 21,4% для модели со стохастической задержкой. Отдельно следует выделить случай с длиной отбойной камеры. График для него представлен на рис. 7.

Как видно из графика, для детерминированного случая и для стохастического максимальная добыча получается при различных длинах отбойной камеры — 200 метров и 250 метров соответственно. Однако, случай с изменением длины отбойной камеры является наиболее сложным из всех. В произведенных расчетах учитывалась только месячная добыча одним комбайном на возможных длинах отбойной камеры, однако в реальности принятие такого решения потребует проведения дополнительного технического и экономического обоснования, в то время как изменение всех остальных факторов возможно принятием решения на месте при планировании добычи.

Таким образом, в рамках исследования были выделены управляемые факторы в работе горно-выемочной машины. Помимо очевидных факторов — длины камеры, длины пути самоходного выгона и грузоподъемность самоходного вагона, было показано, что скорость вагона тоже может быть управляемым фактором. Для всех факторов были проведены расчеты возможного увеличения добычи за месяц работы при изменении факторов в пределах технологически возможных значений. Общее увеличение добычи комбайна при применении всех предложенных изменений при добыче руды может

составлять от 15,5% до 21,4% в зависимости от режима работы комбайна и задержек в работе комбайнов.

ВЫВОДЫ

Изучены последствия возможных изменений 4-х факторов для увеличения производительности добычи калийной руды. Два из них (длина камер и объем самоходного вагона) сложны и дороги в реализации. Использование самоходных вагонов и бункеров-перегрузателей с объемом больше используемого в данный момент, потребует дополнительных капитальных затрат, что в нынешней экономической ситуации может быть нецелесообразно.

Изменение двух других факторов — уменьшение пути, проходимого самоходным вагоном (т.е. расположение точки разгрузки) и скорость самоходного вагона (в том числе геометрия проходимого пути) — возможны в реальности. Однако такое изменение не может применяться массово, кроме того, необходим его дополнительный экономический и технологический анализ. При уменьшении камеры останется большой объем неотбитой руды, при увеличении длины необходимо заново рассчитывать расположение камер в пласте. Поэтому наиболее приемлемыми изменение длины пути самоходного вагона и изменение его скорости, приводящие к максимальному увеличению производительности комбайна до 4,8% (3048 тыс. тонн в месяц для моделируемого комбайна).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шек, В.М, Соболева М.Ю. Использование имитационного моделирования для оптимизации проведения горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 10. — С. 201–205.
2. Morales, N. Incorporation of geometallurgical attributes and geological uncertainty into long-term open-pit mine planning / N. Morales, S. Seguel, A. Cáceres, E. Jélvez, M. Alarcón // Minerals, 2019, Vol.9. Issue 2, P. 108.
3. Варламова С.А., Володина Ю.И., Затонский А.В., Язев П.А. Разработка имитационной модели для планирования горно-выемочных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 10. — С. 214–222.
4. Затонский А.В., Уфимцева В.Н. Разработка объектных средств имитационного и многоагентного моделирования производственных процессов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2018. — № 4. — С. 56–62.
5. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). — СПб.: Недра. — 2004. — 424 с.
6. Соловьев, В.А., Секунцов А.И. Разработка калийных месторождений: практикум. — Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. — 265 с.
7. Копылов К.Н., Решетняк С.Н., Кубрин С.С. Имитационное моделирование системы электроснабжения выемочного участка угольной шахты // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 12. — С. 40–50.
8. Козлова О.Ю., Козлов В.В., Агафонов В.В. Разработка структуры имитационной модели на базе высокоуровневой схемы моделируемых процессов подземного рудника // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 7. — С. 3–7.
9. Затонский А.В. моделирование технологического участка обогатительной фабрики в пакете Matlab // Обогащение руд. — 2014. — № 4. — С. 49–54.

© Язев Павел Александрович (yazev1988@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД РЕПОЗИЦИИ И ФИКСАЦИИ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ

MINIMALLY INVASIVE METHOD FOR REPOSITION AND FIXATION FOR CANEAL BONE FRACTURES

**A. Ataev
L. Atayeva
R. Osmanov
N. Kallaev
A. Magaramov
N. Mirzoev
M. Ganiev
A. Ogurliev**

Summary. The proposed device for minimally invasive reduction and fixation of calcaneal fractures. This method was applied in 42 patients. Obtained good and satisfactory results in 39 patients (92.8%). Minimally invasive method of reposition and fixation with the help of the proposed unit is an effective method of treatment of patients with fractures of the calcaneus.

Keywords: calcaneus fracture, external fixation, minimally-invasive reposition.

Атаев Алевдин Рашитханович

Д.м.н., ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)
drataev57@mail.ru

Атаева Лейла Алевдиновна

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ (Махачкала)

Османов Расим Тельманович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
Rustelm66@mail.ru

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
nazhmudin_K@mail.ru

Магарамов Абдула Магарамович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
abdulla-magaramov@yandex.ru

Мирзоев Назим Эмирович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Ганиев Магомедрауф Хадиевич

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
tagomedg21@mail.ru

Огурлиев Алим Пахрудинович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Аннотация. Предложен аппарат для минимально-инвазивной репозиции и фиксации переломов пяточной кости. Данный способ был применен у 42 больных. Получены хорошие и удовлетворительные результаты у 39 пациентов (92,8%). Минимально-инвазивный способ репозиции и фиксации при помощи предложенного нами аппарата является эффективным методом лечения пострадавших с переломами пяточной кости.

Ключевые слова: перелом пяточной кости, аппарат внешней фиксации, минимально-инвазивная репозиция.

Введение

Переломы пяточной кости составляют по данным различных авторов 1–5,7% от всех переломов костей скелета. В основном переломы этой кости встречаются у мужчин трудоспособного возраста и чаще всего связаны с падением с высоты на нижние конечности. Среди переломов пяточной кости преобладают вну-

трисуставные переломы — от 74,7 до 90,4% [11,15]. Часто переломы пяточной кости можно наблюдать в составе сочетанной травмы — до 62,5%. В 15% случаев они сочетаются с переломами поясничных позвонков, а в 20% — с переломами костей нижних конечностей [3,6,10,14]. В последнее время в связи с урбанизацией и развитием промышленности увеличивается частота производственных травм, что приводит к большей встречаемости

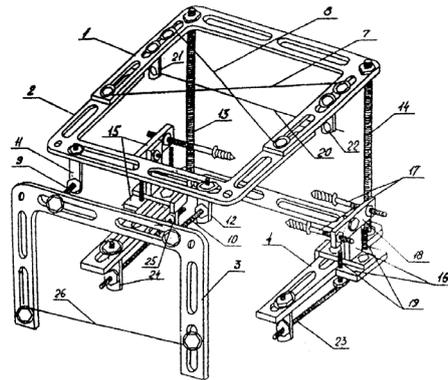


Рис. 1. Устройство для репозиции отломков пяточной кости.

переломов пяточной кости. Около 54,7% переломов пяточной кости могут быть связаны с производственными травмами. Для этих травм характерна большая встречаемость двусторонних переломов и сочетанных повреждений. В 41,9% случаев пациенты являются рабочими строительного комплекса [1,4,8]. Неудачи при применении традиционных методов лечения тяжелых компрессионных переломов пяточной кости, по данным литературы, достигают 80,5%, многие из больных с этими переломами при освидетельствовании на МСЭ признаются инвалидами [9,12]. Пяточная кость при ходьбе несет около 85% нагрузки веса тела, что является predisposing фактором для вторичных смещений после ее остеосинтеза. Минимально-инвазивные техники репозиции переломов и минимально-травматичные методы остеосинтеза приобретают сегодня все большую актуальность. При минимальной хирургической травме тканей сохраняется кровообращение в области перелома и значительно уменьшается вероятность послеоперационных осложнений [2,13]. Минимально-инвазивные техники репозиции и минимально-травматичные методики остеосинтеза переломов пяточной кости разработаны в гораздо меньшей степени, чем для переломов других локализаций [2]. До настоящего времени не существует общепризнанной схемы аппарата Илизарова для наружного чрескостного остеосинтеза переломов пяточной кости.

Цель исследования

Улучшение результатов оперативного лечения нестабильных переломов пяточной кости на основе малоинвазивных технологий.

Материал и методы

Нами предложено устройство для репозиции и фиксации переломов пяточной кости (патент РФ № 2200496),

которое представляет из себя спице-стержневой аппарат внешней фиксации (Рис. 1).

Основными элементами аппарата являются четыре П-образные скобы, дающие возможность устранять смещение отломков пяточной кости в необходимых плоскостях. Сборка аппарата осуществляется следующим образом.

В нижней трети голени проводятся две перекрещивающиеся спицы Киршнера (7,8), которые фиксируются на двух соединенных собой П-образных скобах (1,2). Следующая спица (26) проводится через дистальную треть плюсневых костей, которая также фиксируется к П-образной скобе (3). Скобы соединяются друг с другом жестко при помощи резьбовых штанг (9,10), соединенных с выносными флажками (11,12). Четвертая скоба устанавливается в пяточной области и фиксируется к верхней скобе (1) двумя резьбовыми штангами (13,14). На этой скобе устанавливаются мобильные репонирующие устройства (15,16) с наружной и внутренней сторон, из них проводятся соответственно по два стержня (17). Стержни вводятся в губчатое вещество пяточной кости на глубину от 0,8 до 1,2 см посредством заостренных наконечников и резьбы большого шага, нарезанных в их дистальных отделах. Стержни фиксируются на прямоугольной пластине гайками (18). Угол Белера корректируется при помощи двух шурупов (19), перемещающих пластину в соответствующем направлении, а также тракцией вдоль резьбовых штанг (13,14). Для предупреждения подвывиха в голеностопном суставе во время проведения тракции проводится еще одна спица через таранную кость, которая фиксируется на дополнительных флажках (21,22), укрепленных на скобе (1). Для реклинации отломков и устранения смещения отломков в сагиттальной плоскости применяется резьбовой стержень (23), фиксированный снизу к скобе (4) и репонирующему механизму (15,16) на флажках (24,25).



Рис. 2. Рентгенограмма больного Т., 38 лет, при поступлении (левая стопа, боковая проекция).

Стержень обеспечивает поступательное движение в переднезаднем направлении и постепенно устраняет смещение в сагиттальной плоскости. Благодаря стопорным шайбам, напаянным в дистальных отделах стержней непосредственно перед резьбой и мобильности стержней во фронтальной плоскости появилась возможность устранения варусной и вальгусной деформации пяточной кости и коррекции пяточной кости по ширине.

По вышеописанным методикам нами прооперированно 42 пострадавших, имевших 48 переломов пяточной кости. У мужчин переломы встречались в 5 раз чаще, чем у женщин (соответственно, 35 и 7). Большинство больных (37) было трудоспособного возраста. У 38 пострадавших перелом пяточной кости произошел в результате прямой травмы, у 4 — непрямой. По виду травматизма наблюдалось преобладание бытовых (29) и производственных (6) травм. Реже встречались автодорожные (3), уличные (3) и спортивные (1) травмы. У 36 пострадавших переломы были закрытыми, у 6 — открытыми. По локализации линии излома у всех пациентов отмечали переломы тела пяточной кости. Кроме того, у 11 больных имелись переломы и других локализаций.

Для иллюстрации эффективности лечения больных методом малоинвазивной репозиции и фиксации с применением предложенного нами устройства приводим следующее клиническое наблюдение.

Больной Т., 38 лет, обратился в Республиканский ортопедо-травматологический центр (РОТЦ) 3.04.1999 г., по поводу травмы. Травма получена в результате падения с балкона 2 этажа с высоты 3,5 метра за 2 часа до обращения. Обследован, выставлен диагноз: Закрытый

оскольчатый внутрисуставной перелом левой пяточной кости со смещением отломков. Рентгенологическое обследование показало: оскольчатый перелом пяточной кости со смещением отломков, угол Белера равен минус 13 градусов (рис. 2).

Дежурным врачом, при поступлении, была произведена закрытая репозиция перелома под внутривенной анестезией, наложена глубокая гипсовая лонгета до верхней трети голени. На контрольной рентгенограмме: смещение отломков сохраняется, угол Белера — минус 2 градуса. Сравнив результаты репозиции, было решено произвести малоинвазивную репозицию и фиксацию с применением предложенного нами устройства.

Операция была произведена на 3-е сутки под перидуральной анестезией. Угол Белера после малоинвазивной репозиции и фиксации с применением нашего аппарата составил 20 градусов (рис. 3 и 44). Общий вид аппарата, наложенного на больном, представлен на рис. 5.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Ходить с легкой нагрузкой на травмированную конечность больной начал с 3-го дня после операции, с полной нагрузкой на 25-е сутки. Больной выписан домой через 12 дней после операции. Аппарат снят на 40 день фиксации — получено сращение костных отломков.

Ближайший и отдаленный результаты изучены через год (рис. 6) и 7 лет. Больной вернулся к прежнему труду, работает в системе МВД. Левая стопа не беспокоит, иногда появляется незначительная отечность после длительной ходьбы.



Рис. 3

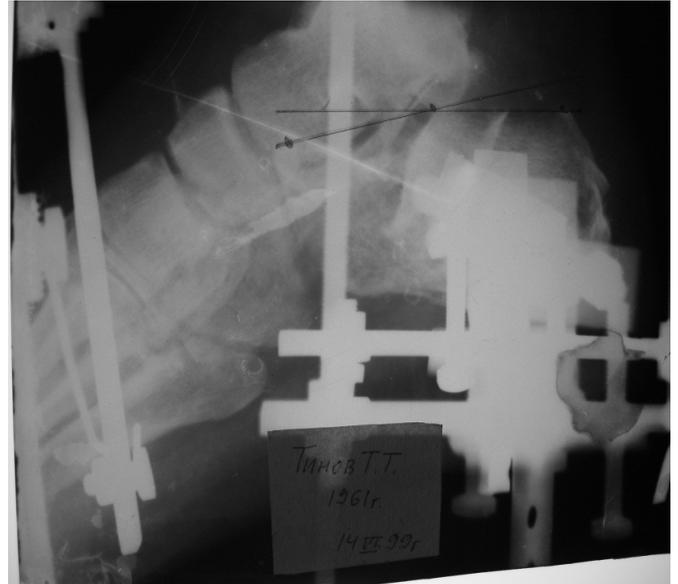


Рис. 4

Рентгенограммы больного Т., 38 лет, после репозиции и фиксации с помощью устройства (рис. 3.— прямая проекция; рис. 4.— боковая проекция).



Рис. 5. Больной Т., 38 лет, на 7-е сутки после малоинвазивной репозиции и фиксации.

Результаты и выводы

Оценку результатов лечения мы проводили по следующим критериям: хороший результат — больной не отмечает жалоб на боли и дискомфорт при ходьбе, угол Белера в пределах нормы, восстановление высоты пяточной кости, отсутствие признаков артро-

за подтаранного сустава, посттравматического плоскостопия и пяточных шпор, полный объем движений в голеностопном суставе. Удовлетворительным считался результат при наличии жалоб больного при ходьбе на средние и длинные дистанции (от 1 км и более), угол Белера в пределах нижней границы нормы, снижение высоты пяточной кости на $\frac{1}{4}$, артроз подтаранного су-

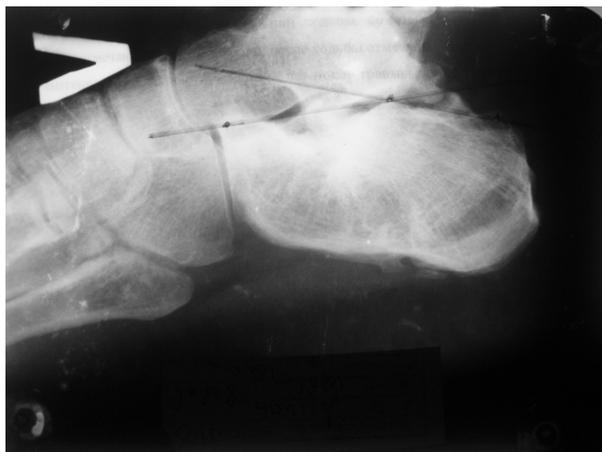


Рис. 6. Рентгенограмма левой стопы больного Т., 38 лет, через 1 год после окончания лечения (боковая проекция).

става 1 степени, посттравматическое плоскостопие 1 степени, отсутствие пяточных шпор, движения в голеностопном суставе не нарушены. Неудовлетворительным результат признавался в случае «стартовых» болей, болях при ходьбе на дистанцию до 1 км, угол Белера менее 20 градусов, снижение высоты пяточной кости на ниже $\frac{1}{4}$, артроз подтаранного сустава 2–3 степени, посттравматическое плоскостопие 2–3 степени, наличие пяточных шпор, отеков в области голеностопного сустава, ограничение движений в суставе из-за болей.

Изучение отдаленных результатов лечения больных предложенными нами способами дало следующие результаты.

Из 42 больных, которым был наложен разработанный нами аппарат внешней фиксации, хороший результат отмечен в 20 случаях (47,6%), в 19 случаях результат удовлетворительный (45,2%), неудовлетворительный результат 3 (7,2%).

Таким образом, учитывая все вышеизложенное, можно сделать следующий вывод: минимально-инвазивный способ репозиции и фиксации при помощи предложенного нами аппарата является эффективным методом лечения пострадавших с переломами пяточной кости, так как позволяет закрытым путем добиться точной репозиции костных отломков, их стабильной фиксации и приступить к раннему и полноценному функциональному лечению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.В. Способ лечения переломов пяточной кости с использованием каниюлированных винтов у больных с политравмой / А.В. Бондаренко, А.А. Подсонный // Политравма. — 2010. — № 2. — С. 26–29.
2. Голубев Г.Ш. Сравнительная оценка результатов оперативного лечения пациентов с импрессионными переломами пяточной кости / Г.Ш. Голубев, А.В. Дубинский // Травматология и ортопедия России. — 2013. — № 2. — С. 63–71.
3. Дрягин В.Г. Опыт применения ЛСР при переломах пяточной кости / В.Г. Дрягин, Л.Г. Курзов // Международный конгресс «Современные технологии в травматологии, ортопедии: ошибки и осложнения — профилактика, лечение» (Москва, 5–7 октября 2004 года). — М., 2004. — С. 46–47.
4. Копысова В.А. Реконструктивный остеосинтез пяточной кости / В.А. Копысова, В.А. Каплун, А.А. Федоров, А.Н. Светашов // Травматология и ортопедия России. — 2010. — № 2. — С. 7–12
5. Корышков Н.А. Лечение переломов пяточной кости с применением устройства для репозиции отломков / Н.А. Корышков., С.М. Платонов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2005. — № 4. — С. 33–35.
6. Никитченко И.И. Структура инвалидности вследствие перелома пяточной кости на территории Северо-Запада / И.И. Никитченко, С.В. Степанова // Материалы Российского национального конгресса «Человек и его здоровье». — СПб., 2005. — С. 212.
7. Панков И.О. Переломы пяточной кости / И.О. Панков, А.М. Хан // Казанский медицинский журнал. — 2002. — № 4. — С. 298–299.
8. Подсонный А.А. Лечение переломов пяточной кости при изолированных повреждениях и политравме / А.А. Подсонный, А.В. Бондаренко // Политравма. — 2014. — № 2. — С. 6–14
9. Скороглядыв А.В. Переломы пяточной кости — оперировать или нет? / А.В. Скороглядыв, С.С. Копенкин, Г.В. Коробушкин // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии: мат. научн. конф. — Нижний Новгород, 2001. — С. 88–89.

10. Тихилов Р.М. Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы / Р.М. Тихилов, Н.Ф. Фомин, Н.А. Корышков // Травматология и ортопедия России. — 2009. — № 2. — С. 144–149.
11. Шестерня Н.А. Полифасцикулярный остеосинтез при переломах пяточной кости / Н.А. Шестерня, С.В. Иванников, Е.В. Макарова, К. Мозумдер // Московский хирургический журнал. — 2011. — № 5. — С. 45–47.
12. Asik M. Surgical management of intraarticular fractures of the calcaneus / M. Asik, C. Sen // Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. — 2002. — V.122. — № 6. — P. 354–359
13. Chapman M.W. Chapman`s Orthopaedic Surgery: 3rd ed. / M.W. Chapman. — Lippincott Williams&Wilkins, 2001.
14. Grosse A.B. Imaging findings of avalanche victims / A.B. Grosse, C.A. Grosse, L.S. Steinbach [et al.] // Skeletal Radiol. — 2007. — Vol. 36. — P. 515–521.
15. Josten Ch. Fractures of the calcaneu / Ch. Josten, Ja. Komer // Trauma und berufskrankheit. — 2001. — V.3. — № 6. — P. 201–207

© Атаев Алевдин Рашитханович (drataev57@mail.ru), Атаева Лейла Алевдиновна,
 Османов Расим Тельманович (Rustelm66@mail.ru), Каллаев Нажмудин Омаркадиевич (nazhmudin_K@mail.ru),
 Магарамов Абдула Магарамович (abdulla-magaramov@yandex.ru), Мирзоев Назим Эмирович,
 Ганиев Магомедрауф Хадиевич (magomedg21@mail.ru), Огурлиев Алим Пахрудинович.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

СОСТОЯНИЕ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ С ДИСФУНКЦИЕЙ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА И ПРИЗНАКАМИ НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ДИСПЛАЗИИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

THE STATE OF THE MASTICATORY MUSCLES IN PATIENTS WITH TEMPOROMANDIBULAR JOINT DYSFUNCTION AND SIGNS OF UNDIFFERENTIATED CONNECTIVE TISSUE DYSPLASIA

**M. Blinov
I. Borodulina
N. Tegza
V. Ratnikov**

Summary. Connective tissue defects in undifferentiated dysplasia (NDST) lead to the formation of defective internal structures of the TMJ, a decrease in the size of the fibers of striated musculature and muscle mass, which is manifested by TMJ dysfunction. The object of the in-depth study were patients of 3 groups: group 1 (clinical) — 20 people with TMJ dysfunction and signs of NDST; group 2 (comparison) — 22 people with TMJ dysfunction without signs of NDST; 3 clinical control group — 20 somatically healthy volunteers with signs of constitutional hypermobility, not presenting a sting to the TMJ. Based on the data of the performed electromyography and myotonometry and computed tomography examination of the muscular apparatus in the “soft-tissue windows” mode, it was found that TMJ dysfunction with signs of PDST is accompanied by a significant decrease in the period of bioelectric activity of the chewing and temporal muscles proper, an increase in the rest period throughout the chewing cycle and a decrease in the amplitude of the electromyogram oscillations: decrease in the tone of the chewing and temporal muscles proper, both at rest and with maximum compression of the jaws against the background of a decrease in elasticity gain; hypotrophy of the masticatory, temporal, medial and lateral pterygoid muscles proper.

Keywords: dysfunction, temporomandibular joint, undifferentiated connective tissue dysplasia, masticatory musculature, electromyography, myotonometry.

Блинов Михаил Сергеевич

СПб ГБУЗ «Городская стоматологическая
поликлиника № 2»
blin-mikhail@yandex.ru

Бородулина Ирина Ивановна

Д.м.н., профессор, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская
академия имени С.М. Кирова» МО РФ (Санкт-Петербург)
borodulina59@mail.ru

Тегза Николай Васильевич

К.м.н., доцент, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская
академия имени С.М. Кирова», МО РФ, (Санкт-
Петербург); ЧОУВО «Санкт-Петербургский медико-
социальный институт»
tegza75@mail.ru

Ратников Вячеслав Альбертович

Д.м.н., профессор, главный внештатный
специалист по лучевой диагностике, ФГБУ «Северо-
Западный окружной научно-клинический центр имени
Л.Г. Соколова» ФМБА РФ
dr.ratnikov@mail.ru

Аннотация. Дефекты соединительной ткани при недифференцированной дисплазии (НДСТ) приводят к формированию неполноценных внутренних структур ВНЧС, уменьшению размеров волокон поперечнополосатой мускулатуры и мышечной массы, что проявляется дисфункцией ВНЧС. Объектом углубленного исследования явились пациенты 3 групп: 1-я группа (клиническая) — 20 человек с дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ; 2-я группа (сравнения) — 22 человека с дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ; 3 группа клинического контроля — 20 соматически здоровых добровольцев, имеющих признаки конституциональной гипермобильности, не предъявляющие жалобы на ВНЧС. На основании данных проведенной электромиографии и миотонометрии и компьютерно-томографическом исследовании мышечного аппарата в режиме «мягкотканых окон» установлено, что дисфункция ВНЧС с признаками НДСТ сопровождаются существенным снижением периода биоэлектрической активности собственно жевательных и височных мышц, увеличением периода покоя на протяжении всего жевательного цикла и снижением амплитуды колебаний электромиограмм: снижением тонуса собственно жевательных и височных мышц, как в состоянии покоя, так и при максимальной сжатии челюстей на фоне снижения прироста упругости; гипотрофией собственно жевательных, височных, медиальных и латеральных крыловидных мышц.

Ключевые слова: дисфункция, височно-нижнечелюстной сустав, недифференцированная дисплазия соединительной ткани, жевательная мускулатура, электромиография, миотонометрия.

Введение

Одной из наиболее актуальных проблем в стоматологии продолжает оставаться своевременная диагностика синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Во многом это обусловлено противоречивыми взглядами специалистов на механизмы развития данной патологии. Большинство авторов считают, что основным патогенетическим механизмом формирования дисфункции ВНЧС являются патология окклюзии, аномалии прикуса и деформации зубных рядов, влекущие за собой нарушение координированной функции жевательной мускулатуры, обуславливающую хроническую микротравму и развитие изменений внутренних структур сустава [1, 2].

В последние годы внимание специалистов привлекает состояние зубочелюстной системы и височно-нижнечелюстного сустава при наследственных дефектах формирования соединительной ткани, ассоциированных с недифференцированной дисплазией (НДСТ) [3, 4, 5]. Дефекты соединительной ткани приводят к формированию неполноценного каркаса внутренних структур ВНЧС, имеющих сниженные упругие и прочностные свойства пораженных структур, что даже на фоне обычной функциональной нагрузки приводит к повреждению элементов ВНЧС (внутричелюстные связки, капсула, диск, биламинарная зона) и его гипермобильности с увеличением амплитуды движений нижней челюсти. Процессы в суставе протекают бессимптомно или с появлением суставных шумов, артралгий при движении сустава [6, 7]. При лучевом исследовании ВНЧС диагностируют подвывихи, вывихи, а также нередко изменение формы мышечного отростка челюсти [8].

НДСТ характеризуется уменьшением размеров мышечных волокон поперечнополосатой мускулатуры и мышечной массы, что косвенно свидетельствует об атрофии мышечной ткани. При этом в той или иной степени страдают мышцы глаз, верхних и нижних конечностей, дыхательные мышцы, к которым относятся диафрагма, межреберные и межхрящевые мышцы (инспираторные), внутренние межреберные и мышцы брюшной стенки (экспираторные). Сниженный мышечный тонус, слабое напряжение мышц в состоянии покоя, определяющее сопротивление мышц к растяжению, определяют увеличение объема пассивных движений. Изменение опорной и структурообразовательной функции соединительной ткани у лиц с НДСТ проявляется расширением естественных отверстий диафрагмы и в результате происходит перемещение органов брюшной полости в грудную клетку, формируется диафрагмальная грыжа [9].

Жевательные мышцы также очень тонко реагируют на различные патологические состояния зубочелюстной системы. В связи с этим исследования многих авторов посвящены функциональным изменениям жевательных мышц при патологии зубочелюстного аппарата [10]. Установлено, что снижение биоэлектрической активности жевательных и височных мышц является признаком дисплазии соединительной ткани при дисфункции височно-нижнечелюстного сустава [4]. В клинической практике широко применяется миоэлектрометрия, основанная на учете тонуса жевательных мышц при различных состояниях. Результаты исследования позволяют судить не только о косвенных показателях (биопотенциалы) мускулатуры, но и о фактической ее способности к сокращению и работе [11, 12].

Таким образом, большой научно-практический интерес представляет изучение функциональных нарушений в жевательной мускулатуре пациентов с дисфункциями ВНЧС при наличии признаков НДСТ.

Цель исследования

Установить особенности функциональных нарушений жевательной мускулатуры при дисфункциях височно-нижнечелюстного сустава на фоне признаков недифференцированной дисплазии соединительной ткани.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели были обследованы 156 пациентов с различными клиническими проявлениями функциональных нарушений в ВНЧС. Исследования у всех лиц выполнены с их согласия и соответствовали этическим принципам, предъявляемым Хельсинкской Декларацией Медицинской Ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 2000). Объектом углубленного исследования явились 68 пациентов, в возрасте от 18 до 35 лет. Были сформированы 2 группы исследования. 1-ю группу (клиническую) составили 20 человек, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ. 2-ю группу (сравнения) сформировали из 22 лиц с дисфункциями ВНЧС без признаков НДСТ. Контрольную группу составили 20 соматически здоровых добровольцев соответствующего возраста, имеющих признаки конституциональной гипермобильности, и не предъявляющих жалобы на ВНЧС. Стоматологические мероприятия включали: клиническое и лучевое обследование по общепринятой схеме и дополнительные исследования (электромиография собственно жевательных и височных мышц, миоэлектрометрия собственно жевательных и височных мышц, компьютерная томография ВНЧС в режиме «мягкотканых окон»).

Регистрацию биоэлектрической активности (БЭА) жевательной мускулатуры проводили методом электромиографии (ЭМГ) собственно жевательных и височных мышц с помощью с помощью аппаратно-программного диагностического комплекса Нейро-ЭМГ-Микро производства ООО «Нейрософт», г. Иваново. Регистрацию БЭА проводили одновременно с обеих сторон со скоростью регистрации 30 мм/с. После записи калибровочного сигнала при адаптационной пробе проводили функциональные пробы: жевательную пробу; максимальное напряжение мышц. Анализ ЭМГ проводили на основе исследования БЭА мышц за 20 жевательных движений, который заключался в определении амплитуды, длительности фаз активности и покоя в период жевательного цикла, продолжительностью 20 жевательных движений. Определяли общее время 20 жевательных движений ($T_{жев.}$), суммарную БЭА всех исследуемых мышц за период жевания, суммарное время БЭА ($T_{акт. сумм.}$) за период жевания, время активности и время покоя за один жевательный цикл ($T_{акт.}$ и $T_{пок.}$). За величину амплитуды колебаний ЭМГ одной мышцы принимали среднее значение БЭА по измерению высоты отрезка прямой линии, перекрывающей основную массу колебаний ЭМГ и за пределы которой, выступали лишь отдельные колебания. Высоту этого отрезка сравнивали с соответствующим значением калибровочного сигнала и полученную амплитуду БЭА мышц выражали в мкВ.

Функциональное состояние собственно жевательных и височных мышц оценивали миотонетром (НТО ЦИТО). Действие устройства основано на учете упругой деформации мягких тканей, возникающей при дозированном надавливании на кожу в точке проекции исследуемой мышцы и ее напряжением. Показатели автоматически регистрировались на шкале прибора в миллиметрах деформации, которые переводили в интернациональные единицы силы (мкН). Упругость собственно жевательных и височных мышц измеряли в покое и при максимальном напряжении. По разности показателей определяли прирост упругости (наиболее информативный тест при миотонетрии).

Компьютерно-томографические исследования ВНЧС выполняли на компьютерном томографе четвертого поколения «Picker 5000» (США). Центрирование головы больного осуществляли в соответствии со световыми индикаторами. При сканировании проводили коррекцию изображения на экране монитора, используя для этого ширину и глубину окна, что позволяло подробно исследовать морфологию элементов ВНЧС; режим «костных» окон использовали для детальной визуализации костной ткани, режим «мягкотканых» окон применяли для мышечного аппарата.

Значения показателей были обработаны с помощью программы статистического анализа Microsoft Excel 2013 с применением пакета прикладной программы Statistica 10. Соответствие распределения количественных переменных производилось с использованием критерия Шапиро-Уилка (при $n < 50$) и анализа описательной статистики и представлено в виде медианы и верхнего и нижнего квартилей (Me [LQ; UQ]). При сравнении двух независимых выборок непараметрических данных применяли U-критерий Манна-Уитни, трёх групп Краскела-Уоллиса. Внутри одной группы динамику различий оценивали при помощи критерия Фридмана. Критический уровень значимости достоверности нулевой статистической гипотезы принимали = 0,05.

Результаты исследования

Полученные данные электромиографических исследований в группах наблюдения представлены в табл. 1. У пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ (1-я группа), при сравнении с данными контроля, зарегистрировано снижение периода биоэлектрической активности собственно-жевательных мышц и височных мышц в 1,6 и 1,8 раза соответственно ($p < 0,05$ и $p < 0,01$ соответственно) на фоне увеличения периода покоя в 1,4 и 1,3 раза соответственно ($p < 0,05$ и $p < 0,05$ соответственно) в период жевательного цикла, продолжительностью 20 жевательных движений. О резком снижении биоэлектрической активности жевательных и височных мышц по сравнению с уровнем контроля свидетельствуют также снижение амплитуды колебаний электромиограммы в 1,4 и 1,2 раза соответственно ($p < 0,001$ и $p < 0,01$ соответственно).

Во 2-й группе, сформированной из пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ, обнаруживается диаметрально противоположная картина. Так, сопоставление полученных данных с аналогичными контрольной группы, показало что повышение периода биоэлектрической активности собственно-жевательных мышц и височных мышц в 1,3 и 1,6 раза соответственно ($p < 0,05$ и $p < 0,05$ соответственно) на фоне сокращения периода покоя в 1,5 и 1,6 раза ($p < 0,05$ и $p < 0,02$ соответственно) в период жевательного цикла, продолжительностью 20 жевательных движений. О существенном повышении биоэлектрической активности жевательных и височных мышц у пациентов 2-й группы по сравнению с уровнем контроля свидетельствуют также высокие значения величины амплитуды колебаний электромиограммы в 1,2 и 1,3 раза соответственно ($p < 0,001$ и $p < 0,01$ соответственно).

При сравнении полученных данных в 1-й и 2-й группах исследования установлено, что у пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ, значения

Таблица 1. Временные и амплитудные показатели биоэлектрической активности жевательных мышц (Me [LQ; UQ])

Группа	Собственно жевательные мышцы			Височные мышцы			Амплитуда колебаний ЭМГ при смыкании зубных рядов (мкВ)	
	период активности $T_{акт.}$ (с)	Период покоя $T_{пок.}$ (с)	амплитуда колебаний ЭМГ (мкВ)	период активности $T_{акт.}$ (с)	период покоя $T_{пок.}$ (с)	амплитуда колебаний ЭМГ (мкВ)	собственно жевательные мышцы	височные мышцы
1-я группа (клиническая) (n = 26)	0,30 [0,22; 0,37] p<0,05	0,59 [0,53; 0,68] p<0,05	313,6 [301,1; 325,8] p<0,001	0,29 [0,21; 0,34] 0,05 p<0,01	0,55 [0,50; 0,69] p<0,05	324,8 [305,4; 335,0] p<0,01	598,3 [576,2; 610,9] p<0,001	415,8 [401,5; 428,3] p<0,001
2-я группа (сравнения) (n = 20)	0,66 [0,59; 0,82] **** p<0,05	0,28 [0,18; 0,36] **** p<0,05	529,3 [511,7; 551,3] *** p<0,01	0,69 [0,63; 0,77] *** p<0,05	0,25 [0,19; 0,30] ** p<0,02	523,8 [504,8; 552,3] ** p<0,001	1004,8 [951,4; 1076,4] **** p<0,001	943,8 [911,5; 985,3] **** p<0,001
Контрольная группа (n = 22)	0,49 [0,43; 0,53]	0,43 [0,37; 0,45]	440,6 [420,4; 462,6]	0,53 [0,44; 0,63]	0,41 [0,41; 0,52]	404,2 [392,9; 431,9]	817,9 [478,2; 853,2]	619,8 [614,5; 674,8]

Примечание: здесь * — в сравнении с клинической группой и группой сравнения, где * — p<0,05; ** — p<0,02; *** — p<0,01.

Таблица 2. Показатели миотонометрического исследования жевательных мышц (Me [LQ; UQ])

Группа	Собственно жевательные мышцы			Височные мышцы		
	тонус в состоянии покоя (мкН)	тонус при максимальном сжатии челюстей (мкВ)	прирост упругости	тонус в состоянии покоя (мкН)	тонус при максимальном сжатии челюстей (мкВ)	прирост упругости
1-я группа (клиническая) (n = 26)	614,25 [584,71; 634,56] p<0,01	724,32 [686,69; 750,8] p<0,01	110,07 [95,44; 132,5] p<0,05	336,85 [312,7; 351,6] p<0,001	528,96 [507,58; 547,86] p<0,02	192,11 [178,57; 212,84] p<0,001
2-я группа (сравнения) (n = 20)	1387,43 [1351,58; 1607,34] **** p<0,001	1456,64 [1408,12; 1608,23] **** p<0,001	68,91 [58,13; 79,55] p<0,001	875,54 [856,00; 899,73] **** p<0,001	924,42 [901,05; 951,33] *** p<0,001	48,88 [42,83; 91,71] **** p<0,001
Контрольная группа (n = 22)	816,49 [793,43; 843,55]	984,43 [935,34; 1019,99]	167,94 [155,34; 189,73]	536,43 [517,15; 574,32]	629,41 [608,12; 659,54]	92,98 [80,91; 114,64]

Примечание: здесь * — в сравнении с клинической группой и группой сравнения, где * — p<0,05; ** — p<0,02; *** — p<0,01.

почти всех параметров ниже таковых параметров у пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ, практически в 2 раза ($p < 0,05$ и $p < 0,001$). При этом период покоя, как жевательных, так и височных мышц, удлинился практически вдвое у пациентов 1-й группы по сравнению с пациентами 2-й группы ($p < 0,05$ и $p < 0,02$).

Таблица 2. демонстрирует миотонометрические исследования жевательной мускулатуры. Показано, что у пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ (1-я группа) значительно снижается тонус собственно жевательных мышц как в состоянии покоя ($p < 0,001$), так и при максимальном сжатии челюстей ($p < 0,001$) на фоне снижения прироста упругости снижается ($p < 0,01$). У пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ (2-я группа), зарегистрированы противоположные изменения. По сравнению с контролем повышается тонус собственно жевательных мышц, как в покое, так и при их напряжении (в 1,4 и 1,2 раза соответственно). Вместе с тем прирост упругости остается ниже контрольного в 1,4 раза.

Миотонометрией височных мышц установлено, что у пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ (1-я группа), исследуемый параметр по сравнению со здоровыми добровольцами также снижается в покое ($p < 0,001$) и при максимальном напряжении ($p < 0,001$) на фоне повышения прироста упругости снижается ($p < 0,01$). Среди пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ (2-я группа), зарегистрировано повышение тонуса височных мышц как в покое, ни при их напряжении, однако было зарегистрировано достоверное снижение прироста упругости в разы.

При компьютерно-томографическом исследовании мышечного аппарата в режиме «мягкотканых окон» выявлено, что у большинства пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС и признаками НДСТ (1-я группа), имеются нарушения морфологии жевательных мышц, проявляющиеся их гипотрофией (69,6%). Так, у пациентов данной группы в 64,3% случаев встречаются уменьшение толщины латеральной крыловидной мышцы; 55,1% уменьшена толщина собственно жевательной мышца; реже наблюдается гипотрофия височной (33,6%) и медиальной крыловидной (21,8%) мышц. У пациентов, страдающих дисфункцией ВНЧС без признаков НДСТ (2-я группа), гипотрофические изменения собственно жевательных, височных, медиальных и латеральных крыловидных мышц регистрируются крайне редко (12,4%).

Выводы

Дисфункция ВНЧС с признаками НДСТ по данным электромиографии сопровождается существенным снижением периода биоэлектрической активности собственно жевательных и височных мышц, увеличением периода покоя на протяжении всего жевательного цикла и снижением амплитуды колебаний электромиограмм. При миотонометрии выявлено снижение тонуса собственно жевательных и височных мышц, как в состоянии покоя, так и при максимальном сжатии челюстей на фоне снижения прироста упругости. До данным компьютерно-томографического исследования мышечного аппарата в режиме «мягкотканых окон» установлена гипотрофия собственно жевательных, височных, медиальных и латеральных крыловидных мышц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгалев, А.А. Тактика индивидуального подхода при восстановлении целостности зубных рядов больных с дисфункциями височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц: дис. ... докт. мед. наук / А.А. Долгалев. — Ставрополь, 2009. — 262 с.
2. Сериков, А.А. Распространенность дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и парафункции жевательных мышц у плавсостава ВМФ. Возможность диагностики и лечения / А.А. Сериков, А.К. Иорданишвили, В.В. Воскресенский // Морская медицина. — 2019. — № 5(1). — С. 35–38. <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2018-5-1-35-38>
3. Блинов, М.С. Признаки дисморфогенеза зубо-челюстно-лицевой системы при недифференцированной дисплазии соединительной ткани / М.С. Блинов, И.И. Бородулина, Н.В. Тегза // Институт стоматологии. — № 3. — С. 94–96.
4. Уманская, Ю.Н. Комплексная диагностика и реабилитация пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава, ассоциированной с дисплазией соединительной ткани: дис. ... канд. мед. наук / Ю.Н. Уманская. — Ставрополь, 2014. — 160 с.
5. Иорданишвили, А.К. Оценка лечения патологии височно-нижнечелюстного сустава на фоне дисплазии соединительной ткани с использованием синдрома психосенсорно-анатомо-функциональной дезадаптации / А.К. Иорданишвили, А.А. Сериков, Л.Н. Солдатова [и др.] // Человек и его здоровье. — 2018. — № 3. — С. 17–24.
6. Бельский, А.Г. Гипермобильность суставов и гипермобильный синдром: распространенность и клиничко-инструментальная характеристика: дис. ... докт. мед. наук / А.Г. Бельский. — М., 2004. — 225 с.
7. Шаповалов, А.Г. Оптимизация диагностики и лечения дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с признаками гипермобильности: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.Г. Шаповалов. — Иркутск, 2007. — 22 с.
8. Костина, И.Н. Клинические проявления гипермобильности височно-нижнечелюстного сустава / И.Н. Костина, Е.В. Дейкова // <http://vestnik.okb1.mplik.ru/3.4.02/025.html>

9. Трисветова, Е.Л. Диагностика скелетно-мышечных аномалий — признаков дисморфогенеза при наследственной недифференцированной дисплазии соединительной ткани / Е.Л. Трисветова // Медицинский журнал. — 2009. — № 1(27). — С. 102–105.
10. Арсенина, О.И. Применение эластокорректора для устранения дискоординации работы жевательных мышц у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / О.И. Арсенина, А.В. Комарова, Н.В. Попова [и др.] // Стоматология. — Т. 99. — 2020. — № 2. — С. 61–65.
11. Миотонометрия жевательных мышц (экспериментальная модель) // Молодежный научный форум: Естественные и медицинские науки: электр. сб. ст. по материалам XXX студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. — М.: «МЦНО». — 2016 — № 1 (29) / [Электронный ресурс] — Режим доступа. UR
12. Фищев, С.Б. Характеристика тонуса жевательных мышц у пациентов с вертикально-мезиальной формой повышенной стираемости зубов / С.Б. Фищев, А.В. Лепилин, А.В. Севастьянов [и др.] // Международный журнал экспериментального образования. — 2016. — № 6–2. — С. 287–290

© Блинов Михаил Сергеевич (blin-mikhail@yandex.ru), Бородулина Ирина Ивановна (borodulina59@mail.ru),
 Тегза Николай Васильевич (tegza75@mail.ru), Ратников Вячеслав Альбертович (dr.ratnikov@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова

ВЛИЯНИЕ ДРЕНИРОВАНИЯ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С РАСПРОСТРАНЕННЫМ ГНОЙНЫМ ПЕРИТОНИТОМ

THE EFFECT OF ABDOMINAL DRAINAGE ON THE RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH WIDESPREAD PURULENT PERITONITIS

**M. Bokarev
A. Mamykin
K. Alali
A. Demyanov
K. Pokrovsky**

Summary. Drainage of the abdominal cavity is an integral stage of surgical intervention in patients with secondary widespread purulent peritonitis (VRGP). An incorrectly chosen method of drainage of the abdominal cavity can contribute to the development of TP and negate all the efforts of medical personnel.

The purpose of the study. To improve the results of treatment of patients with VRGP by optimizing the drainage of the abdominal cavity. Materials and methods. The work included 608 patients with VRGP. The average age is 61.7 ± 17 years. SOFA — 2.6 ± 1.5 points. MIP — 26.3 ± 7.4 points. 211 (34.7%) patients died. To identify the most effective method of drainage of the abdominal cavity, all patients were divided into three groups: the ZD group — drainage by tubular drains, the TL group — open drainage by traditional laparostomy, the ALS group — drainage by active laparostomy (using a vacuum system). The effectiveness of abdominal drainage was assessed by the frequency of TP. The results of treatment were evaluated by the mortality rate.

Comparison of the frequency of tertiary peritonitis and the mortality rate in each group allowed us to assess the effectiveness of the method used for drainage of the abdominal cavity. Results. In the ZD group, the incidence of TP is 41.9%, mortality is 62.8%. In the TL group, the incidence of TP is 36.5%, the mortality rate is 36.5%. In the ALS group, the incidence of TP is 18.3%, mortality is 19.6%.

Conclusions. The conducted study recorded a direct dependence of the results of treatment of patients with VRGP on the effectiveness of abdominal drainage and clearly demonstrated that when choosing the method of drainage of the abdominal cavity, it is necessary to take into account the severity of the purulent process.

Keywords: widespread purulent peritonitis, tertiary peritonitis, laparostomy.

Бокарев Михаил Игоревич

*Д.м.н., профессор, Первый Московский
Государственный Медицинский Университет
им. И.М. Сеченова
mbokarev@gmail.com*

Мамыкин Александр Игоревич

*К.м.н., ассистент, Первый Московский
Государственный Медицинский Университет
им. И.М. Сеченова
doktor1985mma@mail.ru*

Алали Халед Джамал

*Аспирант, Первый Московский Государственный
Медицинский Университет им. И.М. Сеченова
khalid.alali77@hotmail.com*

Демьянов Андрей Иванович

*К.м.н., доцент, Первый Московский Государственный
Медицинский Университет им. И.М. Сеченова
anddemya@yandex.ru*

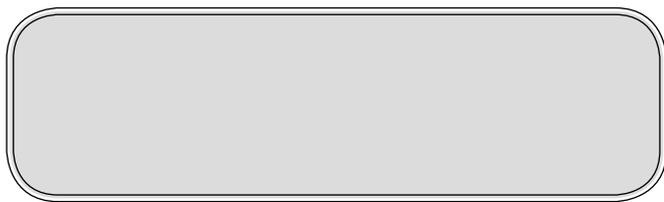
Покровский Константин Александрович

*Д.м.н., заместитель главного врача, ГКБ
им. А.К. Ерамишанцева*

Аннотация. Неотъемлемым этапом оперативного вмешательства у больных с вторичным распространенным гнойным перитонитом (ВРГП) является дренирование брюшной полости. Неправильно выбранный способ дренирования брюшной полости может способствовать развитию ТП и свести на «нет» все усилия медицинского персонала. Цель исследования. Улучшить результаты лечения больных с ВРГП за счет оптимизации дренирования брюшной полости. Материалы и методы. В работу вошли 608 больных с ВРГП. Средний возраст — $61,7 \pm 17$ лет. SOFA — $2,6 \pm 1,5$ баллов. МИП — $26,3 \pm 7,4$ балла. Умерло 211 (34,7%) пациентов.

Для выявления наиболее эффективного способа дренирования брюшной полости все пациенты разделены на три группы: группа ЗД — дренирование трубчатыми дренажами, группа ТЛС — открытое дренирование способом традиционной лапаростомии, группа АЛС — дренирование способом активной лапаростомии (с использованием вакуумной системы). Эффективность дренирования брюшной полости оценивали по частоте развития ТП. Результаты лечения оценивали по показателю летальности. Сопоставление частоты развития третичного перитонита и показателя летальности в каждой группе позволило дать оценку эффективности использованного способа дренирования брюшной полости.

Результаты. В группе ЗД частота развития ТП составляет 41,9%, летальность — 62,8%. В группе ТЛС частота развития ТП составляет 36,5%, летальность — 36,5%. В группе АЛС частота развития ТП составляет 18,3%, летальность — 19,6%. Выводы. Проведенное исследование зафиксировало прямую зависи-



Введение

Перитонит — воспаление брюшины — грозное осложнение, которое нередко сопровождает клиническое течение воспалительных заболеваний и травм органов брюшной полости. До 20% больных, поступающих в хирургический стационар в экстренном порядке, демонстрируют признаки перитонита [1–3].

Важнейшими факторами, определяющими исход воспалительного процесса, являются вид возбудителя, длительность его воздействия и объем биологически-активных веществ, поступающих в организм.

В большинстве случаев, хирурги имеют дело с вторичным перитонитом — перитонитом, вызванным микроорганизмами, обитающими в просвете желудочно-кишечного тракта, которые попадают в живот в результате нарушения целостности полых органов [4–6].

Известно, что в дистальных отделах желудочно-кишечного тракта обитает значительно больше бактерий, чем в проксимальных и патогенность этих бактерий значительно выше [7,8]. По этой причине, перитониты, вызванные воспалительными процессами толстой кишки, протекают более агрессивно, чем перитониты, вызванные заболеваниями тонкой кишки или желудка [9–12].

Условно, брюшную полость делят на девять областей. Если воспалительный процесс захватывает одну или две области, перитонит считается местным. Если в воспалительный процесс вовлечено более двух областей брюшной полости, перитонит называют распространенным [11,13,14]. От площади воспаленной брюшины зависит объем всасывания биологически-активных веществ, иммунный ответ организма и объем повреждения важнейших систем.

В том случае, если воспалительный процесс длится более 10–12 часов, серозная жидкость, постоянно выделяемая брюшиной, приобретает гнойный характер и серозное воспаление переходит в гнойный перитонит, который может сопровождаться выраженной интоксикацией и нарушением функции всех органов и систем.

Ключевыми составляющими лечения пациентов, страдающих вторичным распространенным гнойным

перитонитом (ВРГП), считают хирургическую операцию и антибактериальную терапию.

Ключевые слова: распространенный гнойный перитонит, третичный перитонит, лапаростомия.

перитонитом (ВРГП), считают хирургическую операцию и антибактериальную терапию.

Обязательным условием эффективной работы антибиотиков в условиях ВРГП является операция, которая полностью ликвидирует источник инфицирования и гарантирует надежную санацию вовлеченных в патологический процесс областей.

Санация заключается в механической очистке брюшной полости большим объемом жидкости и полноценной эвакуации образующегося инфицированного жидкостного компонента из живота [15–17,1,4,6].

У части больных, не смотря на тщательно проведенную операцию, инфекционный процесс не стихает, а упорно сохраняется или даже прогрессирует. Летальность пациентов с ВРГП достигает 70% [18,19].

Отсутствие положительной динамики через 48 часов после лечения вторичного перитонита, в отсутствие нового источника контаминации, свидетельствует о развитии третичного перитонита (ТП) [20,21].

ТП характеризуется сменой ведущих возбудителей, появлением микробных ассоциаций, снижением чувствительности выделенных микроорганизмов к основным антимикробным препаратам, а также появлением или усугублением полиорганной недостаточности. Развитие ТП в значительной степени сокращает шансы больного на выздоровление [6,7,12,20,21].

Вопрос хирургической ликвидации источника инфицирования у больных с ВРГП освещен в медицинской литературе достаточно широко. Значительно меньше внимания уделяют этапу эвакуации патологической жидкости из живота [3,4,6,19,22].

На наш взгляд, неправильно выбранный способ дренирования брюшной полости может способствовать развитию ТП и свести на «нет» все усилия медицинского персонала, направленные на спасение жизни пациента.

Проведено ретроспективное изучение хирургического лечения 608 пациентов с ВРГП, которые были оперированы в ГКБ № 20 им. А.К. Ерамишанцева г. Москвы за период 2013–2020 г.

Таблица 1. Характеристика изучаемой когорты.

Исследуемый показатель	Результат
Количество наблюдений с ВРГП	608
М / Ж (%)	314 (51,7) / 294 (48,3)
Средний возраст (лет)	61,7 ± 17
Длительность первичного заболевания (сутки)	2,4 ± 1,8
SOFA (балл)	2,8 ± 2,3
МИП (балл)	26,2 ± 7,3
Гнилостная и анаэробная флора (%)	356 (58,6)
Количество проведенных операций	1197
Умерло пациентов (%)	211 (34,7)

Цель исследования

Улучшить результаты лечения больных с ВРГП за счет оптимизации дренирования брюшной полости.

Материалы и методы

Основные характеристики изученной когорты представлены в таблице 1.

Для достижения поставленной цели были определены способы дренирования брюшной полости, которые использовали у этих больных: закрытое дренирование (ЗД), традиционная лапаростомия (ТЛС), активная лапаростомия (АЛС).

ЗД выполнялось дренажными трубками, которые устанавливали перед зашиванием лапаротомной раны в области скопления гноя.

ТЛС формировали, используя перфорированную полиэтиленовую пленку, которую накладывали на кишечные петли и покрывали большими хирургическими салфетками. Салфетки впитывали жидкость, образующуюся в брюшной полости, и передавали в «пышную» марлевую повязку через незашитую лапаротомную рану.

АЛС формировали иначе. На петли кишечника накладывали устройство для активной аспирации жидкости из брюшной полости, которое состоит из листа нетканого материала «холлкон», закрепленного между двумя перфорированными листами липкой хирургической пленки (патент РФ № 126587). К устройству подводили силиконовый дренаж. Брюшную полость герметизировали. Дренаж подключали к источнику вакуумного разряжения 120–150 мм.рт.ст. На протяжении последующих суток система непрерывно эвакуировала образующуюся жидкость из брюшной полости.

Для того, чтобы оценить эффективность каждого способа дренирования все пациенты разделены на три

группы, в зависимости от использованного способа дренирования. В каждой группе изучены основные характеристики.

Группа ЗД состоит из 422 (69,5%) пациентов. Из них, 208 (49,3%) больных — мужчины, 214 (50,7%) больных — женщины. Средний возраст 58,1 ± 17 лет. Исходная тяжесть состояния больных, оцененная по SOFA, 1,8 ± 1,3 баллов. Тяжесть перитонита, оцененная с помощью МИП, 25,8 ± 7,2 баллов. Длительность заболевания, приведшего к развитию перитонита, 2,0 ± 0,8 суток. Потенциальное присутствие гнилостной и анаэробной флоры — 317 (75,1%) больных. Умерло 148 (35,1%) пациентов. Хирургическое лечение потребовало проведения 669 (158%) операций. ТП зафиксирован в 66 (15,6%) наблюдениях.

Группа ТЛС состоит из 104 (17,1%) пациентов. Из них, 56 (53,9%) больных — мужчины, 48 (46,1%) — женщины. Средний возраст 64,8 ± 19 лет. Исходная тяжесть состояния больных, оцененная по SOFA, 4,1 ± 2,2 баллов. Тяжесть перитонита, оцененная с помощью МИП, 32,1 ± 7,3 баллов. Длительность заболевания, приведшего к развитию перитонита, 3,6 ± 1,3 суток. Потенциальное присутствие гнилостной и анаэробной флоры — 87 (83,6%) больных. Умерло 148 (45,2%) пациентов. Хирургическое лечение потребовало проведения 311 (300%) операций. ТП зафиксирован в 38 (36,5%) наблюдениях.

Группа АЛС состоит из 82 пациентов. Из них, 45 (54,9%) больных — мужчины, 37 (45,1%) — женщины. Средний возраст 62,1 ± 16 лет. Исходная тяжесть состояния больных, оцененная по SOFA, 4,1 ± 1,7 баллов. Тяжесть перитонита, оцененная с помощью МИП, 33,1 ± 7,5. Длительность заболевания, приведшего к развитию перитонита, 3,4 ± 1,1 суток. Потенциальное присутствие гнилостной и анаэробной флоры — 75 (91,5%) больных. Умерло 16 (19,6%) пациентов. Хирургическое лечение потребовало проведения 217 (265%) операций. ТП зафиксирован в 15 (18,3%) наблюдениях.

Эффективность дренирования брюшной полости оценивали по частоте развития ТП: чем реже развивается ТП — тем более эффективным является способ дренирования.

ТП считали перитонит, который не демонстрирует положительной динамики через 48 часов после адекватного лечения вторичного перитонита, в отсутствие нового источника контаминации.

Адекватным, считали лечение, предусматривающее радикальную ликвидацию источника перитонита, за которой следовала стандартная антибактериальная терапия и интенсивное лечение в условиях реанимации.

Для того, чтобы зафиксировать влияние эффективности дренирования брюшной полости на результаты лечения больных с ВРГП проведено сопоставление эффективности дренирования брюшной полости (частоты развития ТП) и результатов лечения изучаемых пациентов.

Результат хирургического лечения больных с ВРГП определяли вычислением показателя летальности.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью статистических программ Microsoft Excel, используя t-тест и методы простой статистики. Различия между сравниваемыми параметрами признавались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Для правомерности корректного сравнения эффективности дренирования брюшной полости различными способами, предварительно, проведено сравнительное изучение основных параметров, характеризующих группы.

Сравнительное изучение сформированных групп продемонстрировало, что они сопоставимы ($p > 0,05$) по полу, возрасту, длительности заболевания, приведшего к перитониту, источнику контаминации. Однако существенные отличия были зафиксированы в тяжести исходного состояния, тяжести перитонита, и оперативной нагрузке на группы.

Сравнение тяжести исходного состояния больных по SOFA, определило, что в группе ЗД среднее значение SOFA равно $1,8 \pm 1,3$ баллов, что ниже, чем в группе ТЛС и в группе АЛС, в которых среднее значение SOFA находится на уровне $4,1 \pm 2,2$ балла ($p < 0,05$) и $4,1 \pm 1,7$ баллов ($p < 0,05$), соответственно, и достоверно от них отличается. Тяжесть состояния больных в группах ТЛС и АЛС существенных отличий не демонстрирует ($p > 0,05$).

Невысокое значение SOFA в группе ЗД свидетельствует об отсутствии признаков полиорганной недостаточности у значительной части больных этой группы.

Отсутствие полиорганной недостаточности указывает на то, что, гнойный процесс еще не успел повредить основные системы жизнедеятельности и не носит генерализованный характер.

В группах ТЛС и АЛС ситуация прямо противоположная. Значения SOFA выше 4 баллов свидетельствует о наличии полиорганной недостаточности, которая присоединяется при генерализации гнойного процесса.

Сравнительный анализ тяжести перитонита, показал, что в группе ЗД среднее значение МИП равно $25,8 \pm 7,2$ баллам, что достоверно ниже, чем в группе ТЛС и группе АЛС, где значение МИП равно $32,1 \pm 7,3$ баллов ($p < 0,05$) и $33,1 \pm 7,5$ баллов ($p < 0,05$), соответственно. Тяжесть перитонита в группах ТЛС и АЛС существенных отличий не демонстрирует ($p > 0,05$).

МИП на уровне 25 баллов указывает на то, что у основной массы больных группы ЗД перитонит не достиг максимальной тяжести, в то время, как в группах ТЛС и АЛС значение МИП превышает 30 баллов и указывает на третью — максимальную степень тяжести перитонита.

Сравнение количества проведенных операций, обнаружил, что в группе ЗД оперативная нагрузка составляет 158,5%, что достоверно меньше, чем в группе ТЛС и группе АЛС, в которых оперативная нагрузка достигает 300% ($p < 0,05$) и 258,3% ($p < 0,05$), соответственно. В группах ТЛС и АЛС оперативная нагрузка существенных отличий не демонстрирует ($p < 0,05$).

Различия исходной тяжести состояния пациентов, тяжести перитонита и оперативной нагрузки продемонстрировали, что группу ЗД составляют более «легкие» пациенты, чем группы ТЛС и АЛС. Поэтому, корректное сравнение эффективности дренирования брюшной полости возможно проводить только между группами ТЛС и АЛС, а группа ЗД требует дополнительного изучения.

В процессе углубленного анализа клинического материала обратил на себя внимание тот факт, что у всех больных группы ТЛС и группы АЛС хирургическое лечение ВРГП проводили в несколько, заранее запрограммированных этапов. В группе ЗД проводить повторных операций не планировали, но, все-таки, они были проведены 129 пациентам. Эти операции проводили в режиме «on demand», что подразумевает проведение повторного экстренного оперативного вмешательства, при отсутствии эффекта от первичной операции или в связи с развитием жизнеугрожающего осложнения.

Таблица 2. Характеристика групп больных с ВРГП, имевших признаки генерализации гнойного процесса.

Исследуемый показатель	Группа ПО	Группа ТЛС	Группа АЛС
Количество (%)	129 (30,5)	104 (55,9)	82 (44,1)
М/Ж	98/31	56/48	45/37
Ср. возраст (лет)	59,8 ± 22	64,8 ± 19	62,1 ± 16
Длительность первичного заболевания (сутки)	3,1 ± 1,6	3,6 ± 1,3	3,4 ± 1,1
SOFA (балл)	4,1 ± 2,7	4,5 ± 2,3	4,1 ± 2,2
МИП (балл)	30,1 ± 8,0	32,1 ± 7,3	33,1 ± 7,5
Количество операций	376	311	217
ТП (%)	54 (41,9)	38 (36,5)	15 (18,3) *
Умершие больные (%)	81 (62,8)	47 (45,2)	16 (19,5) *

* — $p < 0,05$

Потребность в повторной незапланированной экстренной операции в группе ЗД позволила предположить, что у части этих пациентов, первичное вмешательство оказалось неэффективным и привело к развитию ТП.

Для проверки этой гипотезы, группа ЗД разделена на группу одной операции (ОО) и группу повторных операций (ПО).

Группа ОО состоит из 293 (69,4%) пациентов. Мужчин — 110 (37,5%), женщин — 183 (62,5%). Средний возраст — 65,3 ± 18 лет. Длительность первичного заболевания — 1,8 ± 0,6 суток. SOFA равна 1,1 ± 0,8 баллов. МИП составляет 23,4 ± 5,2 баллов. Количество операций — 293 (100%). Умерло 67 (22,9%) больных. ТП имеет место у 12 (4,1%) пациентов.

Группа ПО состоит из 129 (30,6%) пациентов. Мужчин — 98 (76%), женщин — 31 (24%). Средний возраст — 59,8 ± 16 лет. Длительность первичного заболевания — 3,1 ± 1,6 суток. SOFA равна 4,1 ± 1,2 баллов. МИП составляет 30,1 ± 5,0 баллов. Количество операций — 376 (291,3%). Умер 81 (62,8%) больной. ТП имеет место у 54 (41,9%) пациентов.

Сравнение полового и возрастного состава, а также длительности первичного заболевания не обнаружило серьезных отличий ($p > 0,05$) в образованных группах.

Существенные отличия зафиксированы в тяжести исходного состояния больных ($p < 0,05$), тяжести перитонита ($p < 0,05$), длительности первичного заболевания ($p < 0,05$) и оперативной нагрузке на группы ($p < 0,05$).

Обращает на себя внимание, что у больных, не имеющих признаков генерализации гнойного процесса (группа ОО), завершение хирургического лечения ВРГП дренированием брюшной полости с помощью дренажных

трубок, сопровождается развитием ТП в 4,1% наблюдений (12/293). В тех случаях, когда гнойное воспаление в животе носит генерализованный характер (группа ПО), завершение операции закрытым дренированием брюшной полости сопровождается развитием ТП у 41,9% больных (54/129).

Десятикратная разница частоты развития ТП позволяет заключить, что у 30,6% больных группы ЗД (группа ПО) дренирование брюшной полости было неэффективным и могло повлиять на результат хирургического лечения этих пациентов.

На наш взгляд, генерализация гнойного процесса может изменять физико-химические характеристики воспалительной жидкости — превращать ее в вязкий гной, который затрудняет эффективную работу дренажных трубок.

Обнаруженные различия позволяют утверждать, что гнойный процесс у пациентов группы ОО выражен значительно слабее, а перитонит находится на более ранних этапах развития, нежели гнойный процесс у пациентов группы ПО, которая, по вышеупомянутым характеристикам, больше напоминает группу ТЛС и группу АЛС, то есть, демонстрирует признаки генерализации гнойного процесса, однако, дренирование брюшной полости у этих больных осуществляли закрытым методом — с помощью дренажных трубок.

Сопоставимость группы ПО, группы ТЛС и группы АЛС по тяжести исходного состояния, тяжести перитонита и оперативной нагрузке допускает их корректное сравнение.

Сравнение основных характеристик этих групп продемонстрировало их сопоставимость ($p > 0,05$) по численному составу, полу, возрасту, длительности первичного заболевания, тяжести исходного состояния,

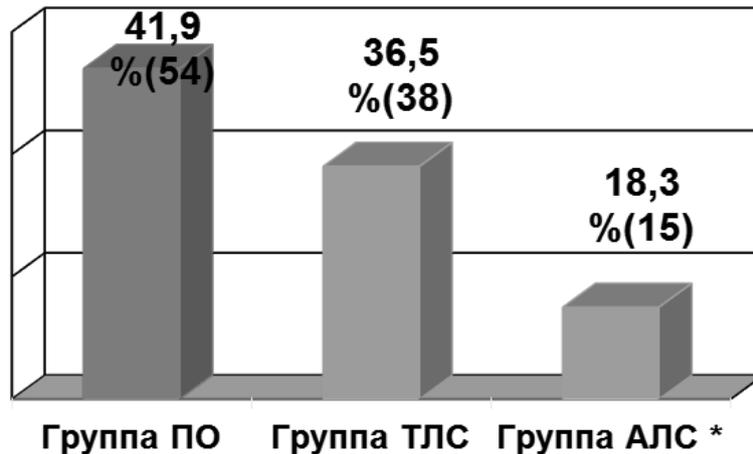


Рис. 1. Частота формирования ТП в группах с генерализованным гнойным процессом.

* — $p < 0,05$

тяжести перитонита и количеству оперативных вмешательств.

Отличия зафиксированы по частоте развития ТП и летальности. (см. Таблица 2).

В группе ПО клинические признаки ТП имели у 41,9% больных (54/129). В группе ТЛС клинические признаки ТП имели у 36,5% больных (38/104). В группе АЛС клинические признаки ТП имели место у 18,3% больных (15/82).

Сравнение частоты развития ТП в группах с генерализованным гнойным процессом обнаружило, что в группе ПО она достигает 41,9%, что незначительно ($p > 0,05$) выше, чем в группе ТЛС, в которой этот показатель находится на уровне 36,5%. В группе АЛС частота развития ТП равна 18,3%, что в 2,3 раза ниже, чем в группе ПО ($p < 0,05$) и в 2 раза ниже, чем в группе ТЛС ($p < 0,05$). (см. Рисунок 1)

Достоверные различия частоты развития ТП в группах, сопоставимых по основным характеристикам, но отличающихся способом дренирования брюшной полости, дают основания утверждать, что у больных с ВРГП, использованные способы дренирования брюшной полости обладают неодинаковой эффективностью.

Результаты

сравнительного анализа частоты развития ТП позволяют сделать вывод, что у больных с ВРГП, имеющих признаки генерализации гнойно процесса, дренирование брюшной полости с помощью АЛС является более эффективным, чем дренирование живота с помощью дренажных трубок или формирования ТЛС.

Изучение результатов лечения больных с генерализованным гнойным процессом в животе зафиксировало, что летальность в группе ПО достигает 62,8% (81/129). В группе ТЛС летальность составляет 45,2% (41/104). В группе АЛС летальность равна 19,5% (16/82).

Сравнение показателей летальности продемонстрировало, что максимальная летальность наблюдается в группе ПО. Она достоверно выше, чем летальность в группе ТЛС ($p < 0,05$). В группе АЛС летальность в 3,2 раза ниже аналогичного показателя в группе ПО ($p < 0,05$) и в 2,3 раза ниже летальности в группе ТЛС ($p < 0,05$).

Достоверные различия показателей летальности в группах, сопоставимых по важнейшим характеристикам, но отличающихся способами дренирования брюшной полости, которые имеют неодинаковую эффективность, позволяют предполагать, что эффективность дренирования живота у больных с ВРГП может оказывать существенное влияние на результаты лечения этих пациентов.

Для уточнения этого тезиса проведено аналитическое сопоставление результатов исследования эффективности дренирования брюшной полости и результатов лечения больных с ВРГП.

В группе ПО, частота развития ТП находится на уровне 41,9%, а летальность достигает 62,8%. В группе ТЛС, частота развития ТП равна 36,5%, а уровень летальности соответствует 45,2%. В группе АЛС, частота развития ТП — 18,3%, а летальность — 19,5%.

Сопоставление сформированных пар обнаруживает, что самая высокая частота развития ТП имеет место в группе ПО. Она сопровождается наиболее высокой

летальностью (41,9% — 62,8%, соответственно). Четкая тенденция к снижению частоты развития ТП, сопровождающаяся достоверным снижением показателя летальности, наблюдается в группе ТЛС (36,5% — 45,2%). Самая низкая частота развития ТП, зарегистрированная в группе АЛС, сочетается с минимальным уровнем летальности (18,3% — 19,5%).

Анализ результатов сопоставления сформированных пар обнаружил жесткую зависимость уровня летальности от частоты развития ТП, то есть, от эффективности дренирования брюшной полости. Изменение эффективности дренирования брюшной полости в ту или иную сторону, влечет за собой сонаправленное изменение показателя летальности.

Обнаруженная закономерность позволяет сделать вывод, что эффективность дренирования брюшной полости оказывает существенное влияние на результаты хирургического лечения больных с ВРГП, имеющих признаки генерализации гнойного процесса.

Для того, чтобы оценить значения ТП для больных с ВРГП, определена частота развития ТП у этих пациентов.

Изучение частоты развития ТП продемонстрировало, что из 608 больных с ВРГП, формирование ТП имеет место в 119 наблюдениях, что составляет 19,6%. Получен-

ный результат свидетельствует о том, что хирургическое лечение больных с ВРГП сопровождается формированием ТП достаточно часто — примерно, у 1/5 части этих пациентов.

Чтобы подчеркнуть роль ТП в судьбе пациентов с ВРГП, вычислен показатель летальности больных с ТП. Из 119 пациентов, у которых развился ТП, умерло 86 больных, что составляет летальность 72,3%.

Столь высокий показатель летальности говорит о том, что лечебный процесс этих больных сопряжен с большими сложностями и, даже пристальное внимание, оказываемое медицинским персоналом, не гарантирует успешного результата.

Анализ результатов изучения частоты развития ТП и показателей летальности пациентов, у которых развился ТП, позволяет сделать вывод, что ТП играет важнейшую роль в судьбе пациентов с ВРГП, так как его развитие наблюдается почти у 20% больных, характеризуется летальностью 72,3%.

Проведенное исследование убедительно продемонстрировало, что одной из важнейших задач лечения больных с ВРГП, является недопущение развития ТП, а эффективное дренирование брюшной полости — перспективный способ решения этой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерюхин И.А., Багненко С.Ф., Григорьев Е.Г. и др. Абдоминальная хирургическая инфекция: современное состояние и ближайшее будущее в решении актуальной клинической проблемы. *Инфекции в хирургии*. 2007;5:1:6–12.
2. Савельев В.С., Гельфанд Б.Р. Абдоминальная хирургическая инфекция. Национальные рекомендации. М.: Боргес, 2011.
3. Савельев В.С., Кириенко А.И. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009; Т. П. (Серия «Национальные руководства»).
4. Савельев В.С., Гельфанд Б.Р., Филимонов М.И. и др. Критерии выбора эффективной тактики хирургического лечения распространенного перитонита. *Анналы хирургии*. 2013;2:48–54.
5. Ефимова И.С. Системная воспалительная реакция у больных вторичным и третичным перитонитом. *Инфекции в хирургии*. 2007;1:27–31.
6. Бокарев М.И., Мамыкин А.И., Варданян А.В. и др. Сравнительная оценка различных способов лечения абдоминальной инфекции, осложненной распространенным перитонитом. *Хирургия*. 2013. 28–36 С.
7. Nathens A.V., Rotstein O.D., Marshall J.C. Tertiary peritonitis: Clinical features of a complex nosocomial infection. *World J. Surg.* 1998;22:158–63.
8. Шляпников С.А., Насер Н.Р., Федорова В.В. Данные микробиологического мониторинга проблемных возбудителей в СанктПетербургском городском центре по лечению тяжелого сепсиса. *Инфекции в хирургии*. 2013; 3:27–34.
9. Гостищев В.К., Станоевич У.С., Алешкин В.А. и др. Третичный перитонит: возможности его профилактики. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2007; 9:15–8.
10. Gupta S.K., Mishra S.P., Tiwary S.K., Mishra M. An introduction of tertiary peritonitis. *J. Emerg., Trauma, and Shock*. 2014;7(2):121–3.
11. Panhofer P., Izay B., Riedl M. et al. Age, microbiology and prognostic scores help to differentiate between secondary and tertiary peritonitis. *Langenbecks Arch. Surg.* 2009;394:265–71.
12. Корымасов Е.А. Третичный перитонит: новая «старая» проблема абдоминальной хирургии. Тольяттинский медицинский консилиум. 2011;5–6:28–3.
13. Гостищев В.К., Сажин В.П., Авдошенко А.Л. Перитонит. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002.
14. Федоров В.Д., Гостищев В.К., Ермолов А.С. Современные представления о классификации перитонита и системах оценки тяжести состояния больных. *Хирургия*. 2000;4:58–62.
15. Sartelli M., Viale P., Koike K. WSES consensus conference: Guidelines for first-line management of intra-abdominal infections. *World J. Emerg. Surg.* 2011;6:2.
16. Van Ruler O., Mahler M.W., Boer K.R. Comparison of on-demand vs planned relaparotomy strategy in patients with severe peritonitis. a randomized trial. *JAMA*. 2007;298(8):865.

17. Budamala S., Penugonda A., Prakash G.V. Evaluation of various prognostic factors in perforative peritonitis management. J. Evidence based Medicine and Healthcare. 2015;2(38):6027–35.
18. Sartelli M., Catena F., Ansaloni L. Complicated intra-abdominal infections in a worldwide context: an observational prospective study (CIAOW Study). World J. Emerg. Surg. 2013;8:1.
19. Sartelli M., Abu-Zidan F.M., Ansaloni L. et al. The role of the open abdomen procedure in managing severe abdominal sepsis: WSES position paper. World J. Emerg. Surg. 2015;10:35.
20. Malangoni M.A. Evaluation and management of tertiary peritonitis. Am. Surg. 2000;66:157–61.
21. Weiss G., Meyer F., Lippert H. Infectiological diagnostic problems in tertiary peritonitis. Langenbecks Arch. Surg. 2006;391:473–82.
22. Сажин В.П., Бодрова Н.Г., Климов Д.Е. и др. Антибиотикотерапия при гнойных хирургических заболеваниях органов брюшной полости и мягких тканей. Хирургия. 2010; 6:4–9.

© Бокарев Михаил Игоревич (mbokarev@gmail.com), Мамыкин Александр Игоревич (doktor1985mma@mail.ru),
 Алали Халед Джамал (khalid.alali77@hotmail.com), Демьянов Андрей Иванович (anddemya@yandex.ru),
 Покровский Константин Александрович.
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕНЩИН С НЕВЫНАШИВАНИЕМ БЕРЕМЕННОСТИ (СПОНТАННЫЕ И НЕРАЗВИВАЮЩИЕСЯ БЕРЕМЕННОСТИ) НА ФОНЕ БАКТЕРИАЛЬНО-ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF WOMEN WITH MISCARRIAGE (SPONTANEOUS AND NON-DEVELOPING PREGNANCIES) ON THE BACKGROUND OF BACTERIAL-VIRAL INFECTION

A. Gadzhieva
A. Esedova
U. Gadzhieva
F. Mamedov

Summary. Every year, 23 million miscarriages occur worldwide, which corresponds to 44 pregnancy losses every minute. The cumulative risk of miscarriage is 15.3% of all detected pregnancies. The prevalence of miscarriage among the category of women who have suffered one miscarriage is 10.8% (10.3–11.4%), two miscarriages — 1.9% (1.8–2.1%), three or more miscarriages — 1.9% (1.8–2.1%). 0.7% (0.5–0.8%). The study of risk factors for miscarriage is of great practical importance. This is due to the fact that modifiable risk factors can be eliminated, which will contribute to the development of a positive reproductive outcome. In this regard, it is quite relevant to study the main characteristics of women who have had a history of miscarriage.

Objective. The study of the main characteristics of women with a history of miscarriage.

Materials and methods. The work involved 150 women with a history of miscarriage in the age group from 18 to 35 years (mean age -30.3 ± 0.5 years). Three groups were distinguished: the main group (group 1), the comparison group (group 2) and the control group (group 3). The input and primary processing of statistical information was carried out on the basis of a personal computer using Microsoft Excel from the Microsoft Office package. Differences were recognized as statistically significant at $p < 0.05$.

Results. The largest number of women suffering from inflammatory diseases of the reproductive organs was noted in the main group. A statistically greater number of women with somatic pathology was also verified among the patients of the main group. The main factor affecting the health of patients during work was stress (56%, 30% and 12.0%, respectively, for the first, second and third groups).

Гаджиева Аминат Магомедгаджиевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, Махачкала
amina.gadzhieva1989@mail.ru

Эседова Асият Эседовна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, Махачкала
asiyat_idrisova@bk.ru

Гаджиева Умаган Абдулмуслимовна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный педагогический университет»
Минобразования России, Махачкала
gapisova65@icloud.com

Мамедов Ферзи Султанович

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
Махачкала
zaynal.zaynalov@mail.ru

Аннотация. Ежегодно во всем мире происходит 23 миллиона выкидышей, что соответствует 44 потерям беременности каждую минуту. Совокупный риск выкидыша составляет 15,3% всех выявленных беременностей. Распространенность невынашивания беременности среди категории женщин, перенесших один выкидыш, составляет 10,8% (10,3–11,4%), два выкидыша — 1,9% (1,8–2,1%), три и более выкидышей — 1,9% (1,8–2,1%). 0,7% (0,5–0,8%). Изучение факторов риска развития невынашивания беременности имеет важное практическое значение. Это связано с тем, что модифицируемые факторы риска могут быть устранены, что будет способствовать развитию положительного репродуктивного исхода.

В связи с этим достаточно актуальным является изучение основных характеристик женщин, перенесших в анамнезе невынашивание беременности.

Цель работы. Изучение основных характеристик женщин с невынашиванием беременности в анамнезе.

Материалы и методы. В работе приняли участие 150 женщин с невынашиванием беременности в анамнезе в возрастной категории от 18 до 35 лет (средний возраст $-30,3 \pm 0,5$ лет). Были выделены три группы: основная (1 группа), группа сравнения (2 группа) и контрольная (3 группа). Ввод и первичная обработка статистической информации осуществлялись на базе персонального компьютера с применением Microsoft Excel из пакета Microsoft Office. Статистически достоверными были признаны различия при $p < 0,05$.

Output. Studying the factors leading to miscarriage can optimize treatment and prevention measures to reduce the risk of miscarriage.

Keywords: miscarriage, pregnancy, stress, smoking, miscarriage.

Введение

Ежегодно во всем мире происходит 23 миллиона выкидышей, что соответствует 44 потерям беременности каждую минуту. Совокупный риск выкидыша составляет 15,3% всех выявленных беременностей. Распространенность невынашивания беременности среди категории женщин, перенесших один выкидыш, составляет 10,8% (10,3–11,4%), два выкидыша — 1,9% (1,8–2,1%), три и более выкидышей — 1,9% (1,8–2,1%). 0,7% (0,5–0,8%) [1]. Среди основных факторов: очень молодой или пожилой женский возраст (моложе 20 лет и старше 35 лет), очень низкий или очень высокий индекс массы тела, отягощенный акушерский анамнез (хронический эндометрит), предыдущие выкидыши, наличие вредных факторов (курение, алкоголь, стресс, работа в ночную смену, загрязнение воздуха, воздействие пестицидов и др.). Последствия невынашивания беременности бывают как физическими (кровотечение, инфекция и др.), так и психологическими. Психологические последствия включают увеличение риска развития тревоги, депрессии, посттравматического стрессового расстройства и оказывают влияние на качество жизни, снижая его [1,2].

Изучение факторов риска развития невынашивания беременности имеет важное практическое значение. Это связано с тем, что модифицируемые факторы риска могут быть устранены, что будет способствовать развитию положительного репродуктивного исхода [3,4].

В связи с этим достаточно актуальным является изучение основных характеристик женщин, перенесших в анамнезе невынашивание беременности.

Цель работы

Изучение основных характеристик женщин с невынашиванием беременности в анамнезе.

Результаты. Наибольшее число женщин, страдающих воспалительными заболеваниями органов репродуктивной сферы, было отмечено в основной группе. Статистически большее количество женщин, имеющих соматическую патологию, было верифицировано также среди пациенток основной группы. Основным фактором, влияющим на здоровье пациенток при выполнении работы, был стресс (56%, 30% и 12,0% соответственно для первой, второй и третьей групп).

Вывод. Изучение факторов, приводящих к невынашиванию беременности, может оптимизировать лечебно-профилактические мероприятия для уменьшения степени риска развития выкидышей.

Ключевые слова: невынашивание, беременность, стресс, курение, выкидыш.

Материалы и методы

В работе приняло участие 150 женщин с невынашиванием беременности в анамнезе в возрастной категории от 18 до 35 лет (средний возраст женщин составил $-30,3 \pm 0,5$ лет). Основные критерии, по которым женщины были включены в данное исследование, следующие: соответствие возрастному периоду: 18–35 лет; выкидыши и аборт в анамнезе; сопутствующие гинекологические заболевания и патология других органов и систем (если имеется) в стадии ремиссии; наличие инфекционно-воспалительных заболеваний эндометрия в анамнезе.

Все исследуемые были разделены на три группы: основную (1 группа), группу сравнения (2 группа) и контрольную (3 группа). Основную группу составили 50 пациенток (средний возраст $-31,4 \pm 1,57$ лет) с 2–3 и более выкидышами в анамнезе; группу сравнения — 50 пациенток с 1 выкидышем в анамнезе (средний возраст $-30,7 \pm 1,53$ лет); контрольную группу — 50 здоровых женщин (средний возраст $-28,8 \pm 1,44$ лет). Количество женщин в возрасте до 20 лет составило 1,30%; 1,30% и 4,0% соответственно для исследуемых основной, контрольной группы и группы сравнения; 21–30 лет: 20,67%; 19,33% и 19,33% для основной, контрольной группы и группы сравнения; 31–35 лет: 11,33%; 12,67% и 12% соответственно для основной, контрольной группы и группы сравнения. Возрастные категории пациенток сравниваемых групп были сопоставимы между собой.

При проведении клинического метода исследования особо тщательно собирали анамнез жизни и заболевания. При опросе уделяли внимание гинекологическому анамнезу (менструальной функции, генитальной патологии, оперативным и инвазивным вмешательствам в полости матки, количеству родов, способу родоразрешения, количеству выкидышей (сроку), аборт и т.д.),

соматической патологии (длительность, частота обострения, методы лечения).

Ввод и первичная обработка статистической информации осуществлялись на базе персонального компьютера с применением Microsoft Excel из пакета Microsoft Office. Статистически достоверными были признаны различия при $p < 0,05$.

Результаты

Основные виды патологии органов малого таза были следующими: сальпингит и оофорит (в 44% случаях (22 человека) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 18%-среди женщин группы сравнения; в 2% случаях-среди женщин контрольной группы); воспалительные заболевания матки (в 38% случаях (19 человек) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 10% (5 человек-среди женщин группы сравнения); бактериальный вагиноз (в 46% случаях (23 человека) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 18% (9 человек) -среди женщин группы сравнения; в 4% случаях(2 человека)-среди женщин контрольной группы); дисменорея неуточненная (в 42% случаях (21 человек) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 22% (11 человек) -среди женщин группы сравнения; в 8% случаях (4 человека)-среди женщин контрольной группы); воспалительные процессы шейки матки (в 50% случаях (25 человек) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 22% (11 человек) -среди женщин группы сравнения; в 8% случаях (4 человека)-среди женщин контрольной группы); кисты яичников (функциональные) (в 48% случаях (24 человека) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 44% (22 человека) -среди женщин группы сравнения; в 46% случаях (23 человека)-среди женщин контрольной группы); болевые ощущения в течение периода менструации (в 38% случаях (19 человек) среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 38% (19 человек) -среди женщин группы сравнения; в 34% случаях (17 человек)-среди женщин контрольной группы)

Наибольшее число женщин ($p < 0,05$), страдающих воспалительными заболеваниями органов репродуктивной сферы, было отмечено в основной группе.

При анализе соматической патологии было отмечено, что заболевания почек и мочевыводящих путей достоверно чаще ($p < 0,01$) регистрируются среди женщин основной группы (в 42% случаях) по сравнению с женщинами группы сравнения (в 16% случаях) и контрольной группы (2% случая); заболевания желудочно-кишечного тракта регистрировались в 30% случаях среди женщин основной группы ($p < 0,05$), в 10% среди женщин группы сравнения и в 6% случаев- среди исследуемых контрольной группы; заболевания нервной системы в 28%

случаев были отмечены среди женщин основной группы ($p < 0,05$); в 8% случаев-среди женщин группы сравнения, в 2% случаев-среди женщин контрольной группы; заболевания сердечно-сосудистой системы- в 18% случаев среди исследуемых основной группы; в 9% случаев среди группы сравнения и в 2% случаев- среди женщин контрольной группы.

Пациентки были сопоставимы по основным социальным параметрам: большее количество женщин, вошедших в исследование, состояло в браке и имело высшее образование.

При анализе основных неблагоприятных факторов, влияющих на женщин исследуемых групп, отмечено, что стрессовое воздействие лидировало среди женщин трех исследуемых групп.

В основной группе стрессовое воздействие было выявлено у 56% женщин ($p < 0,01$); неблагоприятный температурный режим у 50% пациентов; тяжелый физический труд у 44%; ночные смены у 38% пациентов; вредные привычки (курение) у 24%.

В группе сравнения стрессовое воздействие было выявлено у 30% женщин ($p < 0,01$); неблагоприятный температурный режим у 24% пациентов; тяжелый физический труд у 16%; ночные смены у 14% пациентов; вредные привычки (курение) у 12%.

В контрольной группе стрессовое воздействие было выявлено у 12% женщин ($p < 0,01$); неблагоприятный температурный режим у 4,0% пациентов; тяжелый физический труд у 2%; ночные смены у 2% пациентов; вредные привычки (курение) у 6%.

Основным фактором, влияющим на здоровье пациенток при выполнении работы, был стресс (56%, 30% и 12,0% соответственно для первой, второй и третьей групп). Отмечено, что неблагоприятные факторы достоверно чаще ($p < 0,05$; $p < 0,01$) регистрировались среди пациенток основной группы.

Обсуждение результатов

Проблеме невынашивания беременности посвящено достаточное количество работ в литературе. Большинство авторов сходятся во мнении, что ряд неблагоприятных факторов могут способствовать развитию данной патологии. Так, например, риск развития выкидыша увеличивается при нарушении питания матери, воздействии вредных факторов, наличии сопутствующей патологии [5,6]. В нашей работе также было продемонстрировано, что неблагоприятные факторы (курение, неблагоприятный температурный режим, ночные сме-

ны, избыточные физические нагрузки) достоверно чаще ($p < 0,05$; $p < 0,01$) регистрировались среди пациентов основной группы. Многими авторами отмечается факт того, что стрессовое воздействие вследствие ряда причин (финансовые, семейные проблемы и др.) также связано с вероятностью развития выкидыша среди женщин. Результаты ретроспективных исследований свидетельствуют о повышении эмоциональной нагрузки на рабочем месте из-за роста требований [7,8,9]. Нами также

отмечено, что стрессовое расстройство было лидирующим неблагоприятным фактором риска (в 56% случаев в основной группе; в 30% случаев - в группе сравнения; в 12% случаях - в контрольной группе).

Вывод. Изучение факторов, приводящих к невынашиванию беременности, может оптимизировать лечебно-профилактические мероприятия для уменьшения степени риска развития выкидышей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sugiura-Ogasawara M, Ebara T. et al. Attitude and perceptions toward miscarriage: a survey of a general population in Japan. *J Hum Genet.* 2020; 65: 155–164
2. San Lazaro Campillo I., Meaney S., Sheehan J., Rice R., O'Donoghue K. University students' awareness of causes and risk factors of miscarriage: a cross-sectional study. *BMC Womens Health.* 2018; 18: 188
3. Robertson, S.A., Chin, P.Y., Femia, J.G. & Brown, H.M. Embryotoxic cytokines-potential roles in embryo loss and fetal programming. *J. Reprod. Immunol.* 125, 80–88 (2018).
4. Ng, K.Y.B., Cherian, G., Kermack, A.J. et al. Systematic review and meta-analysis of female lifestyle factors and risk of recurrent pregnancy loss. *Sci Rep* 11, 7081 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86445-2>
5. Kanmaz A.G., İnan A.H., Beyan E., Budak A. The effects of threatened abortions on pregnancy outcomes. *Ginekol Pol.* 2019;90(4):195–200.
6. Curtis K.M., Tepper N.K., Jatlaoui T.C., Berry-Bibee E., Horton L.G., Zapata L.B., Simmons K.B., Pagano H.P., Jamieson D.J., Whiteman M.K. U.S. Medical Eligibility Criteria for Contraceptive Use, 2016. *MMWR Recomm Rep.* 2016 Jul 29;65(3):1–103
7. Kicia, M., Skurzak, A., Wiktor, K., Iwanowicz-Palus, G. & Wiktor, H. Anxiety and stress in miscarriage. *Pol J Public Health.* 125, 162–165 (2015).
8. Labad, J. et al. Stress biomarkers as predictors of transition to psychosis in at-risk mental states: roles for cortisol, prolactin and albumin. *J Psychiatr Res.* 60, 163–169 (2015).
9. Qu, F., Wu, Y., Zhu, YH. et al. The association between psychological stress and miscarriage: A systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 7, 1731 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01792-3>

© Гаджиева Аминат Магомедгадиевна (amina.gadzheva1989@mail.ru), Эседова Асият Эседовна (asiyat_idrisova@bk.ru),

Гаджиева Умаган Абдулмуслимовна (gapisova65@icloud.com), Мамедов Ферзи Султанович (zaynal.zaynalov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГРУППЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРЕДРАКОВЫХ ПОРАЖЕНИЙ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ГОРТАНИ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ

LARYNX PRECANCEROUS LESIONS AND MALIGNANT NEOPLASMS RISK GROUPS AMONG THE POPULATION

**A. Gekhaev
F. Isakova
E. Garpoeva**

Summary. The aim of this work was to study the predisposing factors of precancerous lesions and malignant neoplasms of the larynx formation. The main group (n = 136) consisted of 71 pts with chronic hyperplastic laryngitis, 33 patients — with polyp of the vocal fold and larynx, 18 — vocal fold leukoplakia, 14 — laryngeal pachydermia. In this work, we identified risk groups for the development of precancerous lesions and malignant neoplasms of the larynx among the population, which are subject to careful dispensary observation. The results obtained can be implemented in the work of otolaryngologists, therapists, and oncologists.

Keywords: precancerous lesions of the larynx, laryngeal cancer, risk factors, human papillomavirus, men over 55 years old, smoking.

Гехаев Алихан Умарович

Аспирант, Северо-Осетинская государственная медицинская академия; ОП «Центр онкологии АйМед»
gekhaev-alikhan@mail.ru

Исакова Фатима Сулимбековна

К.м.н., Доцент, Чеченский Государственный Университет
fatima.isakova.1988@mail.ru

Гаппоева Эльвира Татаркановна

Д.м.н., Доцент, Северо-Осетинская государственная медицинская академия
elvira907@mail.ru

Аннотация. Целью настоящей работы стало изучение предрасполагающих факторов формирования предраковых поражений и злокачественных новообразований гортани. Основную группу исследования (n=136) составили 71 чел. с хроническим гиперпластическим ларингитом, 33 пациента — с полипом голосовой складки и гортани, 18 — лейкоплакией голосовой складки, 14 — пахидермией гортани. В группу сравнения входило 52 пациента с раком гортани. В настоящей работе были выявлены группы риска развития предраковых поражений и злокачественных новообразований гортани среди населения, подлежащие тщательному диспансерному наблюдению. Полученные результаты могут быть внедрены в работу врачей-отоларингологов, терапевтов и онкологов.

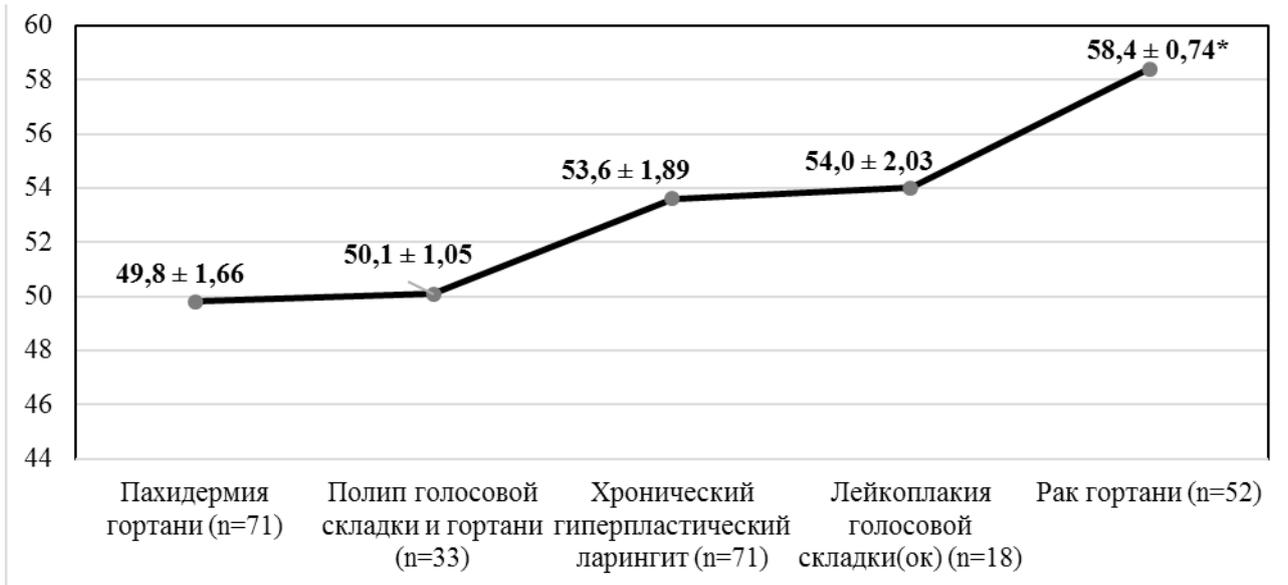
Ключевые слова: предраковые поражения гортани, рак гортани, факторы риска, вирус папилломы человека, мужчины старше 55 лет, табакокурение.

Введение

Рак гортани является одним из самых распространенных видов злокачественных новообразований (ЗНО) головы и шеи [1]. Было доказано, что около 60% случаев рака гортани развивается на основе хронических заболеваний, которые составляют группу облигатного предрака, в первую очередь это хронический

гиперпластический ларингит (ХГЛ) и папилломатоз гортани (ПГ) [2].

Клиническими признаками вероятной малигнизации является появление болей в горле (постоянных или при глотании), с иррадиацией боли в одно или оба уха, перхивание при глотании, локальный отек слизистой, ограничение подвижности голосовой складки, разрас-



* — различие достоверно ($p < 0,05$, критерий Фишера)

Рис. 1. Показатели среднего возраста (лет) у обследованных пациентов обеих групп

тание слизистой в области основания надгортанника и передней комиссуры, усугубление патологических изменений в течение непродолжительного времени, увеличение лимфоузлов шеи [3].

В настоящее время является не до конца изученным вопрос дифференцированного подхода для первичной диспансеризации населения с целью выявления обсуждаемых патологий на ранних стадиях развития. В этом направлении необходимо осуществлять организационные мероприятия, направленные на выявление и формирование групп риска, соответствующие оздоровительные и лечебные мероприятия, а также совершенствовать санитарно-просветительную работу. Поэтому исследование предрасполагающих факторов формирования предраковых поражений и злокачественных новообразований гортани является актуальной задачей современной отоларингологии, что и стало целью настоящей работы.

Пациенты и методы

В исследование приняли участие 188 пациентов в возрасте от 25 до 62 лет (средний возраст составлял $55,2 \pm 2,08$ года) со злокачественными новообразованиями и предраковыми заболеваниями гортани, находившиеся на амбулаторном стационарном лечении в МЗЧР ГБУ «Республиканский Онкологический Диспансер», г. Грозный в течение 2018–2021 годов. Основную группу исследования (n=136) составили 71 чел. (52,2%) с хроническим гиперпластическим ларингитом (код МКБ X — J 37.0), 33 пациента (24,3%) — с полипом голосовой складки и гортани (J 38.1), из них 7 обследованных (5,1%) имели 2 и более вышеуказан-

ных образований. Лейкоплакия голосовой складки (J 38.3) была документирована в 13,2% случаев (n=18), пахидермия гортани (J 38.7) — в 10,3% (n=14). В группу сравнения входило 52 пациента с раком гортани (код по МКБ X — C32).

Все пациенты, включенные в исследование, подписывали информированное согласие на проведение обследования. Текст информированного согласия разработан на основании биоэтической экспертизы локальным независимым этическим комитетом.

При клиническом осмотре пациентов проводили тщательный сбор анамнеза заболевания с обязательным уточнением у каждого больного продолжительности жалоб, рода профессиональной деятельности и наличие вредных привычек.

Обработка данных производилась с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. При сравнении количественных признаков двух совокупностей не связанных выборок, подчиняющихся закону нормального распределения, использовали критерии Фишера и Стьюдента. Критический уровень значимости рассматриваемых статистических гипотез в проведенном исследовании принимали за значение менее 0,05, при этом вероятность отличия составляла более 95%. Для оценки относительного риска использовали метод соотношения шансов (ОШ). Для оценки значимости отношения шансов рассчитываются пределы 95% доверительного интервала (95% ДИ). Дополнительно в каждом случае обязательно оценивали вероятность отношения шансов исходя из значений 95% доверительного интервала.

Таблица 1. Оценка достоверности влияния различных факторов риска на развитие злокачественных новообразований и предраковых заболеваний гортани у обследованных (n=188)

№ п/п	Фактор	Достоверность					
		Основная группа (n=136)			Группа сравнения (n=52)		
		ОШ	ДИ	p	ОШ	ДИ	p
1	Табакокурение	7,8	3,1–6,2	0,010	8,3	2,8–7,9	0,008
2	Употребление алкоголя	2,1	0,8–2,1	0,066	1,8	0,6–1,5	0,068
3	Работа в условиях повышенной запыленности	3,1	0,5–1,2	0,123	6,2	3,4–5,8	0,010
4	Вдыхание вредных канцерогенных веществ	1,5	0,9–3,4	0,234	4,6	2,4–9,9	0,011



Рис. 2. Распределение пациентов обследованных групп по полу

Результаты и анализ исследования

При анализе возрастной характеристики обследованных было выявлено, что ППГ достоверно ($p < 0,05$) чаще имеют больные 55–59 лет. Доля пациентов этого возраста варьировала от 27,7% в подгруппе лейкоплакии до 30,3% — в подгруппе больных с полипами.

Средний возраст пациентов со злокачественными новообразованиями гортани был достоверно ($p < 0,05$)

выше показателей обследованных с предраковыми поражениями (рисунок 1).

Результаты анализа половой характеристики обследованного контингента свидетельствовал о достоверном ($p < 0,05$) преобладании пациентов мужского пола, как в основной группе, так и группе сравнения (рисунок 2).

Полученные результаты согласуются с данными литературы, где отмечено, что наиболее часто предраковые

и раковые заболевания гортани диагностируют у мужчин старше 55 лет [4, 5]. Для женщин характерно увеличение заболеваемости дискератозами и раком гортани после 51–55 лет, либо в возрасте до 40 лет, что по мнению ряда авторов, обусловлено гормональными изменениями в организме [6, 7].

Во время опроса при проведении объективного осмотра мы выявили 4 возможных фактора риска: табакокурение, употребление алкоголя, работа в условиях повышенной запыленности, вдыхание вредных канцерогенных веществ (нефти, продуктов ее перегонки, бензола, фенольных смол, асбеста), что подтверждает ранее опубликованные данные зарубежных исследователей [8, 9, 10, 11].

Доля курильщиков в основной группе ($n=136$) составила 83,3% ($n=112$), в группе сравнения ($n=52$) — 88,5% ($n=46$), показатель употребления алкоголя также достоверно не отличался — 16,2% и 17,3%, соответственно.

Среди пациентов с раком гортани была установлена достоверно ($p<0,05$) большая частота обследованных (19,2%), работа которых связана с условиями повышенной запыленности, в сравнении с показателем основной группы (7,4%). Выявлена достоверная ($p<0,05$) разница среди доли обследованных, которые отмечали вдыхание вредных канцерогенных веществ (нефти, продуктов ее перегонки, бензола, фенольных смол, асбеста) между группами исследования: 11,5% ($n=6$) у пациентов с раком гортани и 3,7% ($n=5$) — в основной группе.

В таблице 1 представлены результаты оценки достоверности влияния различных факторов риска на развитие злокачественных новообразований и предраковых заболеваний гортани. У пациентов с предраковыми за-

болеваниями гортани и у обследованных группы сравнения была доказана ассоциация между обсуждаемым патологическими состояниями и табакокурением. У больных с раком гортани была также выявлена зависимость между обсуждаемым заболеванием и работой в условиях повышенной запыленности и вдыханием канцерогенных веществ.

Учитывая данные Bates J.E. et al. [12] о возможном влиянии вируса папилломы человека (ВПЧ) на формирование обсуждаемых патологий, мы выполнили оценку достоверности влияния данного фактора у пациентов с полипами голосовой складки и гортани и злокачественными новообразованиями. Была выявлена зависимость между наличием ВПЧ, как у пациентов с полипами голосовой складки и гортани (ОШ=3,9, ДИ 4,2–6,7, $p=0,019$), так и обследованных с раком гортани (ОШ=5,7, ДИ 3,8–6,9, $p=0,021$).

Заключение

В настоящей работе были выявлены группы риска развития предраковых поражений и злокачественных новообразований гортани среди населения, подлежащие тщательному диспансерному наблюдению. Общими факторами влияния на формирование обсуждаемых патологий являются мужской пол, возраст старше 55 лет, инфицированность вирусом папилломы человека и наличие такой вредной привычки, как табакокурение. Среди пациентов с раком гортани также была подтверждена взаимосвязь с работой в условиях повышенной запыленности и вдыханием вредных канцерогенных веществ (нефти, продуктов ее перегонки, бензола, фенольных смол, асбеста). Полученные результаты могут быть внедрены в работу врачей-оториноларингологов, терапевтов и онкологов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tangsriwong K., Jitreetat T. Clinical Predictors of Laryngeal Preservation Rate in Stage III–IV Laryngeal Cancer and Hypopharyngeal Cancer Patients Treated with Organ Preservation. // *Asian Pac J Cancer Prev.* 2019. — 20(7). — p:2051–2057.
2. Mourad M., Jetmore T., Jategaonkar A.A., Moubayed S., Moshier E., Urken M.L. Epidemiological Trends of Head and Neck Cancer in the United States: A SEER Population Study. // *J Oral Maxillofac Surg.* 2017. — 75(12). — p:2562–2572.
3. Trivedi, S. Current understanding of the tumor microenvironment of laryngeal dysplasia and progression to invasive cancer. / S. Trivedi, C.A. Rosen, R.L. Ferris. // *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* — 2016. Apr. — Vol. 24 (2). — P. 121–127.
4. Li P., Hu W., Zhu Y. and Liu J.: Treatment and predictive factors in patients with recurrent laryngeal carcinoma: A retrospective study. // *Oncol Lett.* 2015. — 10. — p: 3145–3152.
5. Антонив, В.Ф., Попадюк В.И., Ефимочкина К.В. Гендерные особенности при опухолях лор-органов // *Вестник Российского университета дружбы народов.* // Серия: Медицина. — 2011. — № 3. — С. 112–115.
6. Peller, M., Katalinic A., Wollenberg B. Epidemiology of laryngeal carcinoma in Germany, 1998–2011. // *Eur Arch Otorhinolaryngol.* — 2016. — Jun. — Vol. 273(6). — P. 1481–7.
7. Pantel M., Guntinas-Lichius O. Laryngeal carcinoma: epidemiology, risk factors and survival. // *HNO.* — 2012. — 60. — p:32–40.
8. Wagner M., Bolm-Audorff U., Hegewald J., Fishta A., Schlattmann P., Schmitt J, et al. Occupational polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and risk of larynx cancer: a systematic review and meta-analysis. // *Occup Environ Med.* 2015. — 72. p:226–33.

9. Brandstorp-Boesen J., Sørum Falk R., Folkvard Evensen J., Boysen M., Brøndbo K. Risk of Recurrence in Laryngeal Cancer. // PloS One. 2016. — 11. — p: e0164068.
10. Bradford C.R., Ferlito A., Devaney K.O., Mäkitie A.A., Rinaldo A. Prognostic factors in laryngeal squamous cell carcinoma. // Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2020. — 5. — p:74–81.
11. Zhang Q. et al. Evaluation of Risk Factors for Laryngeal Squamous Cell Carcinoma: A Single-Center Retrospective Study // Frontiers in oncology. 2021. — Volume 11. — p. 1–11
12. Bates J.E., Morris C.G., Hitchcock K.E., Dziegielewski P.T., Mendenhall W.M., Amdur R.J. Locally advanced hypopharyngeal and laryngeal cancer: Influence of HPV status. // Radiother Oncol. 2019. — 140. — p:6–9.

© Гехаев Алихан Умарович (gekhaev-alikhan@mail.ru),

Исакова Фатима Сулиμβековна (fatima.isakova.1988@mail.ru), Гаппоева Эльвира Татаркановна (elvira907@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Чеченский государственный университет

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕРНИОПЛАСТИКИ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ У МОЛОДЫХ МУЖЧИН

MODERN METHODS OF HERNIOPLASTY AND THEIR EFFECTIVENESS IN YOUNG MEN

**D. Damadaev
M. Khamidov
M. Magomedov**

Summary. The purpose of this review is to analyze treatment results of young reproductive men with inguinal hernia according to domestic and foreign authors. Particularly difficult is the problem of choosing the method and plastics technique for the treatment of the inguinal canal in young men, taking into account the need to preserve fertility and sexual function after surgery and to ensure rapid recovery of working capacity and return to an active lifestyle. Using the synthetic mesh in the treatment of inguinal hernia allows the surgeon to achieve a more lasting recovery, which is associated with a lower recurrence rate compared to traditional autoplasty. However, complications associated with the mesh, which include the prosthesis infection, postoperative pain, and reproductive dysfunction, remain a serious clinical problem. To date, the issue of choosing a hernioplasty technique in young men remains topical. According to the literature, hernioplasty for various methods of surgical treatment is currently understudied, especially in terms of its effect on reproductive disorders in young men. The problem of herniotomy in reproductive men is far from being finally resolved.

Keywords: inguinal hernia, reproductive function, intertesticular blood flow, Desarda technique, TAPP technique.

Дамадаев Дамада Магомедович

Соискатель, ФГБОУ ВО «Дагестанский
Государственный Медицинский Университет»,
г. Махачкала
damadaev87@mail.ru

Хамидов Магомед Ахмедович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский
Государственный Медицинский Университет»,
г. Махачкала
khamidov67@mail.ru

Магомедов Мухума Магомедович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский
Государственный Медицинский Университет»,
г. Махачкала
muxuma@mail.ru

Аннотация. Целью обзора является описание натяжных и ненатяжных способов герниопластики и их влияния на репродуктивные функции у мужчин молодого возраста. в последние годы отечественные и зарубежные авторы подтверждают необходимость дальнейшего совершенствования традиционных и новых способов герниопластики с целью быстрой социальной реабилитации. успехи современной хирургии, разработка нового медицинского инструментария и совершенствование новых методов хирургического лечения не уменьшили процент репродуктивных осложнений. использование современных имплантатов в герниологии и их влияние на репродуктивную систему делают проблему актуальной для мужчин фертильного возраста. известно, что почти в половине случаев бесплодие в браке обусловлено мужским фактором, обозначенным в литературе как «мужское бесплодие». на большом материале современных научных публикаций показано, что многие исследователи отмечают влияние натяжной герниопластики на репродуктивную функцию у мужчин. показано положительное влияние ненатяжной герниопластики на репродуктивные функции. в литературе появляется все больше свидетельств, подтверждающих отрицательное влияние развивающихся в семенном протоке в зоне контакта с протезом нарушений кровотока с развитием венозной гипертензии. анализ современной литературы наглядно показывает большое число проблем герниопластики и доказывает необходимость проведения комплексных рандомизированных исследований для уточнения всех патогенетических механизмов развития репродуктивных нарушений у мужчин. следует отметить, что проблема оперативного лечения паховых грыж у фертильных мужчин далека от кардинального решения.

Ключевые слова: паховая грыжа, репродуктивная функция, интертестикальный кровоток, методика Desarda, методика TAPP.

Введение

Активное внедрение в современной герниологии синтетических сетчатых имплантов, безусловно, позволяет решить целый ряд проблем и обеспечить высокую эффективность вмешательства и низкий риск рецидива. Применение синтетических имплантов полностью отвечает целому ряду основополагающих принципов эффективной пластики пахового канала. В первую очередь синтетические импланты позволяют укрепить ткани передней брюшной стенки и ликвидировать в ней отверстие без создания какого-либо натяжения [1]. В то же время синтетические сетчатые протезы для пластики пахового канала не лишены целого ряда недостатков. Среди обсуждаемых недостатков синтетических имплантов необходимо отметить риск развития хронического болевого синдрома, формирования серомы, инфекционных осложнений в области оперативного вмешательства, ощущения инородного тела и снижения фертильности у мужчин [2]. Кроме того, в литературе описаны случаи сморщивания и миграции импланта, формирования вокруг него полостей, возникновения свищей и ряда других осложнений [1]. В связи с этим в настоящее время продолжается поиск эффективных методик пластики с применением собственных тканей [3].

Среди активных изучаемых методов оперативного лечения паховых грыж необходимо отметить операцию Шоулдайса. Способ Шоулдайса является по сути модификацией метода Бассини. При данном методе после грыжесечения и удаления грыжевого мешка формируется дубликатура поперечной фасции с помощью непрерывного шва, при этом этой же нитью к пупартовой связке подшивается нижний край внутренней косой и поперечной мышцы; края рассеченного апоневроза наружной косой мышцы живота сшиваются в виде дубликатуры поверх семенного канатика [4, 5].

К настоящему времени в мире накоплен огромный опыт применения операции Шоулдайса в рамках как исследований, так и реальной клинической практики [4, 5, 6, 7, 8, 9], включая отдельные исследования с наблюдением за пациентами в течение длительного срока (18 лет и более) [10]. Хотя операция Шоулдайса заметно уступает по частоте выполнения операции Лихтенштейна, ТЕРР и ТАР, среди методов пластики пахового канала собственными тканями она лидирует, заметно опережая операцию Десарда, Бассини и другие методы [11]. До широкого внедрения операции Десарда в клиническую практику, операция Шоулдайса с полным правом рассматривалась в качестве наиболее эффективного метода аутопластики пахового канала. В то же время необходимо отметить, что по данным одного из крупнейших исследований с включением 623 мужчин, при долгосроч-

ном наблюдении за пациентами отмечена тенденция ($p=0,1$) к увеличению частоты рецидивов после проведения операции Шоулдайса по сравнению с операцией Лихтенштейна, хотя долгосрочная эффективность обоих методов является достаточно высокой. Кроме того, операция Лихтенштейна технически проще и может быть выполнена в условиях стационара одного дня или даже амбулаторно под местной анестезией [12]. В работе, проведенной А.Е. Кучерявым (2007) с включением 193 пациентов, которым выполнялась герниопластика, также показана более высокая эффективность операции Лихтенштейна (частота рецидивов 0% по сравнению с 7,95% после операции Шоулдайса). Следует отметить, что по данным этой работы после операции Шоулдайса также статистически значимо чаще развивается хронический болевой синдром (13,6% против 3,8%), а также отмечается более заметное снижение качества жизни пациентов [13]. В опубликованном в 2012 году кокра-новском обзоре с суммарным включением 2566 пациентов, частота рецидивов после выполнения операции Шоулдайса статистически значимо выше, чем после проведения аллопластики с использованием синтетических материалов при сопоставимой частоте послеоперационной хронической боли и ранних послеоперационных осложнений [14]. В недавно опубликованном метаанализе показано статистически значимое увеличение риска развития рецидива после операции Шоулдайса по сравнению с операцией Лихтенштейна. Кроме того, операция Шоулдайса при сравнении с операцией Лихтенштейна приводит к статистически значимому увеличению риска развития интра- и ранних послеоперационных осложнений. В то же время необходимо отметить более редкое развитие хронического болевого синдрома после операции Шоулдайса по сравнению с операцией Лихтенштейна [8].

К настоящему времени во многих клиниках накоплен огромный опыт применения операции Шоулдайса. Например, в специализированной клинике г. Торонто накоплен опыт проведения более 380 тыс. операций Шоулдайса у пациентов с паховыми грыжами [15]. Анализ результатов большого количества операций показывает, что операция Шоулдайса как минимум не уступает по эффективности операции Лихтенштейна, ТЕРР и ТАРР, однако только при тщательном отборе пациентов для выполнения операции. По сравнению с операцией Лихтенштейна операция Шоулдайса характеризуется статистически значимо более редким возникновением хронического болевого синдрома после операции, по сравнению с ТЕР — более низкой частотой интраоперационных осложнений (при одновременном увеличении частоты послеоперационных осложнений). При сравнении операции Шоулдайса с ТАРР статистически значимых различий ни по одному из изучаемых показателей выявлено не было. В то же время необходимо

отметить, что опыт применения операции Шоулдайса получен преимущественно у пациентов молодого возраста, с нормальным индексом массы тела и без сопутствующих заболеваний. В этой когорте пациентов способ Шоулдайса, вероятно, сопоставим по эффективности с операцией Лихтейнштейна, ТЕР и TAPP [15].

Среди разработанных в последние годы методов стоит особо отметить методику индийского хирурга М.П. Десарда, предложенную в 2001 году [16, 17, 18]. Суть данного метода аутопластики заключается в укреплении задней стенки пахового канала расщепленным листком апоневроза наружной косой мышцы живота. Основная идея данного метода заключается в аутопластике пахового канала без натяжения [16, 17]. В проведенных к настоящему времени исследованиях показано, что данный метод является относительно простым, безопасным, надежным и эффективным способом пластики пахового канала, применение которого особенно оправданно у мужчин молодого возраста при первичных грыжах пахового канала [1, 2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Так, в обобщении собственного опыта применения данного вмешательства у 860 пациентов в возрасте от 18 до 90 лет, М.Р. Desarda (2008) сообщил об отсутствии случаев рецидива заболевания при среднем периоде наблюдения за пациентами в течение более 7 лет. 97,6% пациентов вернулись к привычному образу жизни в течение 1–2 недель после оперативного вмешательства. Среди осложнений в единичных случаях были зарегистрированы образование гематомы и самостоятельно регрессировавший отек в области операционной раны. Ретроспективное сравнение операций Десарда и Лихтейнштейна показал преимущества первого метода в отношении как эффективности (частота рецидивов составила 0% и 1,7% соответственно), так и частоты осложнений (1,85% и 7% соответственно) [17].

При выполнении пластики пахового канала по методу Десарда лоскут апоневроза наружной косой мышцы живота перемещается и фиксируется к паховой связке, его верхний край подшивается к внутренней косой мышце. Передняя стенка пахового канала формируется за счет сшивания краев апоневроза наружной косой мышцы живота над семенным канатиком [20, 21]. По данным экспериментального исследования, выполненного С.А. Серединым и А.В. Баулиным (2011), необходимым условием проведения пластики пахового канала по методу Десарда, является наличие у пациента сохранного апоневроза наружной косой мышцы живота и высота пахового промежутка до 3 см [28].

К настоящему времени опубликованы результаты целого ряда клинических рандомизированных исследований, в которых проводилось сравнение эффективности и безопасности пластики пахового канала с примени-

ем метода Лихтейнштейна и безнатяжного метода Десарда. Результаты одного из первых исследований были опубликованы в 2012 году, спустя 11 лет после разработки данного метода [22]. В исследование были включены 101 пациент, 50 из которых выполнялась операция Десарда, 51 — операция Лихтейнштейна. Возраст большинства пациентов (59%) был менее 40 лет. В этом исследовании было показано отсутствие статистически значимых различий этих методов по выраженности послеоперационного болевого синдрома на 2–3 день после выполнения оперативного вмешательства. Также не было выявлено различий в средних сроках восстановления походки. Частота осложнений при краткосрочной оценке в течение первых дней после операции была сопоставима в обеих группах. Следует, однако, отметить, что паховая боль после операции Лихтейнштейна наблюдалась в 4 случаях, после операции Десарда — в 1 случае ($p=0,19$). Среди преимуществ операции Десарда в этой работе была отмечена статистически значимо меньшая продолжительность операции [22]. Среди ограничений данного исследования необходимо отметить короткий период наблюдения, не позволивший сделать выводы о долгосрочной эффективности в отношении риска рецидива и формирования хронического болевого синдрома. В этом же году были опубликованы результаты исследования J. Szopinski и соавт. с включением 208 мужчин и периодом наблюдения 3 года после операции. Основной целью исследования было сравнение частоты рецидивов и формирования хронического болевого синдрома в течение периода наблюдения. Результаты этого исследования убедительно показали, что методы Десарда и Лихтенштейна статистически значимо не отличаются ни по частоте рецидивов, ни по риску развития осложнений. В течение 3 лет в обеих группах было выявлено всего по 2 случая развития рецидива паховой грыжи, что свидетельствует об очень высокой эффективности этих методов. Частота осложнений также была сопоставима в обеих группах, за исключением случаев развития серомы, которая через 30 дней после вмешательства статистически чаще наблюдалась после проведения операции Лихтенштейна (7,8% против 0%). Отек мошонки через 7 дней после вмешательства выявлялся с частотой 7,7% после операции Десарда и 9,7% после операции Лихтенштейна, через 30 дней — с частотой 5,9% и 5,8% соответственно; во всех случаях отек мошонки регрессировал при последующем наблюдении. Частота развития гематом, инфекционных осложнений, экхимоза статистически значимо не различалась между группами. Между группами также не было выявлено различий в сроках восстановления повседневной активности и возвращения к трудовой деятельности [23]. Опубликованное в 2015 году контролируемое рандомизированное исследование с включением 168 пациентов в целом подтвердило результаты этого исследования: в обеих группах рецидив при наблюдении в течение 2 лет был выявлен в единичных случаях (по 1 случаю в каждой

группе), частота осложнений (в том числе, хронической и послеоперационной боли, послеоперационных осложнений) и функциональные исходы операции статистически значимо не различались между группами [24].

В 2018 году были опубликованы результаты систематического обзора и метаанализа 6 клинических исследований с суммарным включением 2159 пациентов [2]. Основные результаты этого метаанализа: 1) операции Десарда и Лихтенштейна статистически значимо не различаются по частоте развития рецидивов (частота рецидивов в обеих группах является крайне низкой, составляя соответственно 0,91% и 0,98% при наблюдении в течение более 6 месяцев); 2) частота осложнений после операции Лихтенштейна статистически значимо больше, чем после операции Десарда (12% против 7% соответственно), в частности, после операции Лихтенштейна статистически значимо чаще возникают серомы и местные инфекционные осложнения; 3) по таким показателям, как продолжительность оперативного вмешательства, выраженность послеоперационной боли, сроки восстановления активности, эти методики статистически значимо не различаются [2]. Результаты этого метаанализа были в целом подтверждены и в более позднем систематическом обзоре и метаанализе результатов 8 исследований с суммарным включением более 3 тыс. пациентов. Частота рецидивов статистически значимо не различалась после операций Десарда и Лихтенштейна, в то время как частота развития послеоперационных осложнений, формирования сером и местных инфекционных осложнений была статистически значимо меньше после операции Десарда [27].

Таким образом, в целом операция Десарда как минимум не уступает по эффективности операции Лихтенштейна с сопоставимой (или даже меньшей) частотой развития осложнений. В отношении ряда дополнительных параметров в проведенных исследованиях получены противоречивые результаты. Следует отметить, что в одном из ретроспективных исследований показано, что после операции Десарда реже возникает болевой синдром, а пациенты могут в более короткие сроки вернуться к повседневной активности [29]. В рандомизированном клиническом исследовании, проведенном S.K. Jaini соавт. (2021), показано, что при сопоставимой частоте рецидивов, операция Десарда по сравнению с операцией Лихтенштейна статистически значимо реже приводит к возникновению хронического болевого синдрома. Отсутствие необходимости использования синтетических имплантов может сделать операцию Десарда не только безопаснее с точки зрения долгосрочных исходов, но и экономически более выгодной [30].

При сопоставлении операций Десарда и Лихтенштейна нельзя не отметить тот факт, что эффективность дан-

ных методов может различаться в зависимости от степени анатомических изменений тканей пахового канала, возраста, типа грыжи и ряда других факторов. Так, анализ результатов 108 операций с применением способа Десарда и 165 операций с применением способа Лихтенштейна показал, что при использовании последнего результаты операции значительно меньше зависят от степени анатомических изменений тканей пахового канала. Весьма показательным, что при IV типе грыже рецидив грыжи при использовании метода Десарда был выявлен в 100% случаев, в то время как при использовании метода Лихтенштейна — в 14%. Это убедительно доказывает, что возможности применения операции Десарда существенно ограничены при выраженных дегенеративных изменениях мышечной и соединительной ткани передней брюшной стенки. При этом в отношении грыж второго и третьего типов статистически значимых различий в частоте рецидивов при использовании методов Десарда и Лихтенштейна выявлено не было [1].

Следует отметить, что в метаанализе, проведенном A. Ndongi соавт. (2020), показано, что метод Десарда также применим в условиях неотложной хирургии у пациентов с ущемленной паховой грыжей. Частота местных инфекционных осложнений составила 16,56%, образования гематомы/серомы — 12,43%, хронической боли — 4,35%, рецидива грыжи — 2,10%, что сопоставимо с результатами применения других методов пластики пахового канала в urgentных условиях [18].

Активное внедрение исследований операций Десарда и Шоулдайса в последние десятилетия ознаменовало новый виток интереса к методам пластики пахового канала, свободным от натяжения. В этой связи весьма показательно название критической статьи, опубликованной R. Lorenz (2018), в которой обсуждается «действительно ли нам нужен ренессанс пластики пахового канала с использованием собственных тканей» [31].

Следует отметить, что до настоящего времени методика Десарда напрямую сравнивалась в рамках рандомизированных клинических исследований только с операцией Лихтенштейна. Значительный практический интерес представляют результаты недавно проведенного систематического обзора и метаанализа, направленного на косвенное сравнение методики Десарда и Шоулдайса [8]. В анализ были включены результаты 14 исследований и 2791 пациентов. По большинству изучаемых параметров (частота рецидивов, послеоперационных осложнений, ранняя послеоперационная боль, частота формирования серомы) статистически значимых различий между этими двумя методами выявлено не было. Преимущество операции Десарда было показано в отношении таких показателей, как длительность операции и сроки восстановления. В целом результаты

этой работы показывают, что операция Десарда может рассматриваться как альтернатива операции Шоулдайса при первичной паховой грыже [8]. Следует особо отметить, что выполнение пластики пахового канала по методу Шоулдайса требует длительного обучения хирурга и большого опыта. При частоте рецидивов в случае проведения высококвалифицированным хирургом менее 1%, в случае проведения вмешательства менее опытными хирургами частота рецидивов может достигать 15%. Безусловно, это значительно ограничивает применение метода Шоулдайса в широкой хирургической практике [32].

Несмотря на разработку целого ряда высокоэффективных методов пластики пахового канала, до настоящего времени окончательно нерешенным остается вопрос о влиянии грыженосительства и грыжесечения на репродуктивную функцию у мужчин. Известно, что и сама длительно (более 5 лет) существующая грыжа может приводить к нарушениям сперматогенеза [33]. Основным механизмом нарушения половой функции при паховой грыже считаются сдавление артерий и вен семенного канатика с развитием венозного стаза и хронической гипоксии яичка, нарушения терморегуляции [34, 35, 36, 37]. Определенное значение в патогенезе гипогонадизма и бесплодия у пациентов с косыми паховыми грыжами может также иметь синдром НДСТ [38]. Микроскопические при паховой грыже выявляются неравномерное расширение базальной мембраны собственной оболочки извитых семенных канальцев, увеличение содержания коллагеновых волокон [39].

Одним из важнейших, но редко изучаемым в рамках рандомизированных клинических исследований аспектов применения различных вариантов пластики пахового канала у мужчин является влияние операции на репродуктивную функцию. Данный фактор крайне важен при выборе метода пластики пахового канала у мужчин молодого возраста [13, 36, 40, 41, 42, 43]. При традиционных способах пластики собственными тканями с частотой до 2,5–3,2% возможно развитие ишемического орхита с последующими рубцовыми изменениями, которые обусловлены травмированием и перемещением семенного канатика. Кроме того, возможно ятрогенное повреждение семявыносящего протока, приводящее к развитию азооспермии. Традиционные методы герниопластики (в частности, пластика по Постемскому) чаще приводят к нарушению половой функции по сравнению с более современными вмешательствами. При традиционных вмешательствах такие ранние осложнения, как отек мошонки встречаются примерно в четверти случаев [42].

Поскольку в настоящее время операция Лихтейнштейна является наиболее распространенным методом

лечения паховых грыж, большую актуальность имеет изучение вопроса влияния данной операции на репродуктивную функцию у мужчин. Операция Лихтейнштейна может приводить к фиброзным изменениям семенного канатика, дэзэякуляции, олиго- и азооспермии, которые обусловлены контактом сетки с семенным канатиком. Негативное влияние данного вмешательства выявлено в ряде экспериментальных работ [41, 44, 45, 46]. В то же время необходимо отметить, что в клинических исследованиях получены противоречивые данные о влиянии операции Лихтейнштейна на половую функцию. По данным Т.К. Гвенетадзе и соавт. (2014), после операции Лихтейнштейна наблюдается снижение количественных показателей спермограммы на 30–35%. Н.С. Собенников и соавт. (2012) показали, что после пластики по методу Лихтейнштейна наблюдаются изменения гемодинамики по сосудам семенного канатика, при этом данный способ оказался более травматичным, чем метод Бассини и TAPP. С другой стороны, А.Е. Кучерявый (2007) показал, что операция Лихтенштейна не сопровождается негативным влиянием на копулятивную и фертильную функцию (способность к оплодотворению), что позволяет рекомендовать пластику пахового канала по данному методу с использованием полипропиленовой сетки даже у мужчин молодого возраста. В крупном систематическом обзоре при продолжительном наблюдении не показано отрицательного влияния различных методик оперативного лечения паховых грыж с применением синтетической сетки (включая операцию Лихтейнштейна) на фертильность [43]. Также при анализе данных крупного регистра не показано снижение количества рожденных детей у пациентов, прооперированных в молодом возрасте по поводу паховой грыжи с применением методики Лихтейнштейна [47]. Большое влияние может иметь и материал, который используется для изготовления сетки [44, 48]. Например, в одном из экспериментальных исследований показано, что герниопластика с использованием полипропиленовых имплантов может осложняться развитием отека мошонки и атрофией яичка, чего не наблюдается при использовании сетки из полиэстера [41].

Лапароскопические вмешательства (TAPP, TEP) считаются достаточно безопасными в плане потенциального влияния на репродуктивную функцию, так как при них минимизируется риск ятрогенного повреждения семявыносящего протока и артерий [38, 49, 50]. Следует также отметить, что после TAPP статистически значимо реже по сравнению с операцией Лихтейнштейна развивается болезненная эякуляция [51]. В крупном рандомизированном исследовании показано, что после TEP и TAP (как и после открытых вмешательств с применением сетки) регистрируется статистически значимое улучшение сексуальной функции и показателей спермограммы, что также подчеркивает безопасность этих методов в контексте потенциального влияния на репродуктивную

функцию [52]. Сходные данные были получены и в ряде других исследованиях [53, 54].

Влияние различных методов герниопластики на состояние репродуктивной функции прицельно изучалось в экспериментально-клиническом исследовании, проведенном Р.Э. Магомедбековым (2019). В экспериментальной части работы показано, что снижение активности сперматогенеза и стероидогенеза в семенниках у подопытных собак наблюдается после герниопластики при использовании всех исследованных методов (Лихтенштейна, Шоулдайса, Десарда). В то же время при использовании методов Лихтенштейна и Шоулдайса наблюдаются морфологические изменения ткани семенников. После операции Десарда изменения спермо- и стероидогенеза имеют кратковременный характер и определяются прежде всего развитием послеоперационных осложнений. В клинической части исследования показано, что после операции Десарда нормализация показателей спермограммы отмечается уже через 6 месяцев после выполнения вмешательства. После операции Лихтенштейна примерно у трети пациентов наблюдается снижение сперматогенной функции, при этом оно может быть стойким, сохраняясь в течение года после операции. Основным предполагаемым механизмом нарушения сперматогенеза после операции Лихтенштейна — дисфункция семявыносящего протока, который вовлекается в рубцовый процесс. Эти данные позволяют рекомендовать применение операции Десарда у мужчин репродуктивного возраста при I, II и III типах грыжи. Следует отметить, что частота нарушения сперматогенеза при выполнении различных вмешательств также значительно зависит от типа грыжи, что также необходимо учитывать при выборе метода пластики пахового канала.

Заключение

Паховые грыжи до настоящего времени остаются одной из наиболее актуальных проблем современной хирургии. Это связано с их крайне высокой распространенностью, негативным влиянием на качество жизни, риском развития осложнений, требующих ургентной хирургической помощи. Предложено огромное количество различных способов хирургической пластики у пациентов с паховыми грыжами, однако до настоящего времени сохраняет актуальность проблема выбора и разработка новых методов пластики. Особенно сложной является проблема выбора метода

пластики пахового канала у мужчин молодого возраста с учетом важности сохранения или восстановления фертильности и половой функции, необходимости быстрого восстановления трудоспособности и возвращения к активному образу жизни, включая физические нагрузки и занятия спортом

Значительным достижением герниологии стало применение синтетических сетчатых материалов для пластики пахового канала, что позволило значительно снизить риск развития рецидива заболевания в отдаленной перспективе. В последние годы ведущее значение в лечении пациентов с паховыми грыжами имеют 3 способа пластики пахового канала: лапароскопическая (чрезбрюшинная) преперитонеальная аллопластика пахового промежутка (TAPP), тотальная экстраперитонеальная аллопластика пахового промежутка (TEP) и операция Лихтенштейна. Однако выполнение вмешательств с использованием синтетических материалов, несмотря на крайне высокую эффективность, имеют и отрицательные стороны — риск развитие хронического болевого синдрома, формирование серомы, возможность миграции сетки и др. Недостаточная удовлетворенность результатами оперативных вмешательств с применением синтетических материалов объясняет рост интереса к методам пластики пахового канала собственными тканями. Среди данных методов особый интерес представляют методики Шоулдайса и Десарда. В частности, методика Десарда, предложенная 20 лет назад, уже показала сопоставимую эффективность с операцией Лихтенштейна при таком же или даже меньшем риске развития осложнений.

При выборе метода пластики пахового канала у мужчин молодого возраста принципиальное значение имеет оценка влияния операции на фертильность. Для операции Лихтенштейна в некоторых, но не во всех исследованиях показано негативное влияние на репродуктивную функцию. Лапароскопические вмешательства считаются в этом контексте более безопасными. Влияние на репродуктивную функцию операций по методу Шоулдайса и Десарда изучалось до настоящего времени лишь в единичных исследованиях.

Таким образом, в настоящее время с учетом разнообразия методов пластики пахового канала крайне остро стоит вопрос выбора метода пластики при паховых грыжах у мужчин молодого возраста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калантаров, Т.К. Возможности «Свободной от натяжения» пластики брюшной стенки при устранении паховой грыжи / Т.К. Калантаров, Г.В. Вакулин, А.Г. Мелканян, М.С. Бегун // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. — 2011. — Т. 6(3). — С. 38–40.
2. Emile, S.H. Desarda's technique versus Lichtenstein technique for the treatment of primary inguinal hernia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / S.H. Emile, H. Elfeki // Hernia. — 2018. — Vol. 22(3). — P. 385–395.

3. Clancy, C. Polypropylene mesh and systemic side effects in inguinal hernia repair: current evidence / C. Clancy, P. Jordan, P.F. Ridgway // *Ir J Med Sci.* — 2019. — Vol. 188(4). — P. 1349–1356.
4. Shouldice, E.B. The Shouldice repair for groin hernias / E.B. Shouldice // *Surg Clin North Am.* — 2003. — Vol. 83(5). — P. 1163–87.
5. Lorenz, R. Shouldice standard 2020: review of the current literature and results of an international consensus meeting / R. Lorenz, G. Arlt, J. Conze et al. // *Hernia.* — 2021. — Vol. 25(5). — P. 1199–1207.
6. Simons, M.P. Role of the Shouldice technique in inguinal hernia repair: a systematic review of controlled trials and a meta-analysis / M.P. Simons, J. Kleijnen, D. van Geldere et al. // *Br J Surg.* — 1996. — Vol. 83(6). — P. 734–8.
7. Bittner, R. Comparison of endoscopic techniques vs Shouldice and other open nonmesh techniques for inguinal hernia repair: a meta-analysis of randomized controlled trials / R. Bittner, S. Sauerland, C.G. Schmedt // *Surg Endosc.* — 2005. — Vol. 19(5). — P. 605–15.
8. Bracale, U. Is Shouldice the best NON-MESH inguinal hernia repair technique? A systematic review and network metanalysis of randomized controlled trials comparing Shouldice and Desarda / U. Bracale, P. Melillo, D. Piaggio et al. // *Int J Surg.* — 2019. — Vol. 62. — P. 12–21.
9. Bendavid, R. Pure tissue repairs: a timely and critical revival / R. Bendavid, M. Mainprize, V. Iakovlev // *Hernia.* — 2019. — Vol. 23(3). — P. 493–502.
10. Martín Duce, A. Results of Shouldice hernia repair after 18 years of follow-up in all the patients / A. Martín Duce, O. Lozano, M. Galván et al. // *Hernia.* — 2021. — Vol. 25(5). — P. 1215–1222.
11. AlMarzooqi, R. Review of inguinal hernia repair techniques within the Americas Hernia Society Quality Collaborative / R. AlMarzooqi, S. Tish, L.C. Huang et al. // *Hernia.* — 2019. — Vol. 23(3). — P. 429–438.
12. McGillicuddy, J.E. Prospective randomized comparison of the Shouldice and Lichtenstein hernia repair procedures / J.E. McGillicuddy // *Arch Surg.* — 1998. — Vol. 133(9). — P. 974–8.
13. Кучерявый, А.Е. Сравнительная оценка способов пластики пахового канала по Shouldice и Lichtenstein. Дисс. канд. ... мед.наук. Москва, 2007.
14. Amato, B. Shouldice technique versus other open techniques for inguinal hernia repair / B. Amato, L.S. Moja, Panicoet al. // *Cochrane Database Syst Rev.* — 2012. — 2012(4). — CD001543.
15. Köckerling, F. Has Shouldice Repair in a Selected Group of Patients with Inguinal Hernia Comparable Results to Lichtenstein, TEP and TAPP Techniques? / F. Köckerling, A. Koch, D. Adolf et al. // *World J Surg.* — 2018. — Vol. 42(7). — 2001–2010.
16. Desarda, M.P. New method of inguinal hernia repair: a new solution / M.P. Desarda // *ANZ J Surg.* — 2001. — Vol. 71(4). — P. 241–4.
17. Desarda, M.P. Comparative study of open mesh repair and Desarda's nonmesh repair in a district hospital in India / M.P. Desarda, D.N. Ghosh // *East Central Afr J Surg.* — 2006. — Vol. 11(2). — P. 18–34
18. Ndong, A. Is Desarda technique suitable to emergency inguinal hernia surgery? A systematic review and meta-analysis / A. Ndong, J.N. Tendeng, A.C. Diallo et al. // *Ann Med Surg (Lond).* — 2020. — Vol. 60. — P. 664–668.
19. Иванова, Т.Е. Операция МР Desarda в лечении паховых грыж / Т.Е. Иванова, В.Г. Богдан, Д.А. Толстов // *Материалы научно-практической конференции «Военно-полевая хирургия и хирургические болезни», 2015.* — С. 95–96.
20. Desarda, M.P. Physiological repair of inguinal hernia: a new technique (study of 860 patients) / M.P. Desarda // *Hernia.* — 2006. — Vol. 10(2). — P. 143–6.
21. Desarda, M.P. No-mesh inguinal hernia repair with continuous absorbable sutures: a dream or reality? (A study of 229 patients) / M.P. Desarda // *Saudi J Gastroenterol.* — 2008. — Vol. 14(3). — P. 122–7.
22. Manyilirah, W. Comparison of non-mesh (Desarda) and mesh (Lichtenstein) methods for inguinal hernia repair among black African patients: a short-term double-blind RCT / W. Manyilirah, S. Kijambu, A. Upoki, J. Kiyabwire // *Hernia.* — 2012. — Vol. 16(2). — P. 133–44.
23. Szopinski, J. Desarda versus Lichtenstein technique for primary inguinal hernia treatment: 3-year results of a randomized clinical trial / J. Szopinski, S. Dabrowiecki, S. Pierscinski et al. // *World J Surg.* — 2012. — Vol. 36(5). — P. 984–92.
24. Youssef, T. Randomized clinical trial of Desarda versus Lichtenstein repair for treatment of primary inguinal hernia / T. Youssef, K. El-Alfy, M. Farid // *Int J Surg.* — 2015. — Vol. 20. — P. 28–34.
25. Zulu, H.G. Comparison of Lichtenstein inguinal hernia repair with the tension-free Desarda technique: a clinical audit and review of the literature / H.G. Zulu, S. Mewa Kinoo, B. Singh // *Trop Doct.* — 2016. — Vol. 46(3). — P. 125–9.
26. Ge, H. Desarda versus Lichtenstein technique for the treatment of primary inguinal hernia: A systematic review / H. Ge, C. Liang, Y. Xu et al. // *Int J Surg.* — 2018. — Vol. 50. — P. 22–27.
27. Mohamedahmed, A.Y.Y. Non-mesh Desarda Technique Versus Standard Mesh-Based Lichtenstein Technique for Inguinal Hernia Repair: A Systematic Review and Meta-analysis / A.Y.Y. Mohamedahmed, H. Ahmad, A.A.N. Abdelmabod, A.K. Sillah // *World J Surg.* — 2020. — Vol. 44(10). — P. 3312–3321
28. Середин, С.А. Аутогерниопластика по способу Десарда: анатомо-хирургический эксперимент и клиническое применение / С.А. Середин, А.В. Баулин // *Бюллетень медицинских Интернет-конференций.* — 2011. — Т 1. — № 2. — С. 89.
29. Gedam, B.S. A comparative study of Desarda's technique with Lichtenstein mesh repair in treatment of inguinal hernia: A prospective cohort study / B.S. Gedam, P.Y. Bansod, V.B. Kale et al. // *Int J Surg.* — 2017. — Vol. 39. — P. 150–155.
30. Jain, S.K. A randomised controlled trial of Lichtenstein repair with Desarda repair in the management of inguinal hernias / S.K. Jain, S. Bhatia, T. Hameed et al. // *Ann Med Surg (Lond).* — 2021. — Vol. 67. — P. 102486.
31. Lorenz, R. Do we really need a renaissance of pure tissue repair? Invited comment to: Desarda's technique versus Lichtenstein technique for the treatment of primary inguinal hernia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Emile S, Elfeki H. / R. Lorenz // *Hernia.* — 2018. — Vol. 22(3). — P. 397–398.
32. Junge, K. Risk factors related to recurrence in inguinal hernia repair: a retrospective analysis / K. Junge, R. Rosch, U. Klinge et al. // *Hernia.* — 2006. — Vol. 10. — P. 309–315

33. Зотов И.В. Влияние паховой грыжи на морфофункциональное состояние яичка. Дисс. канд. . . . мед. наук. Рязань, 2004.
34. Миллюков, В.Е. О влиянии паховой грыжи и ее оперативного лечения традиционными способами на репродуктивную функцию мужчин / В.Е. Миллюков, А.М. Кисленко // *Анналы хирургии.* — 2005. — № 3. — С. 13–17.
35. Кириллов, Ю.Б. Влияние паховой грыжи на морфофункциональное состояние яичка: монография / Ю.Б. Кириллов и др. // Рязань: Рус. слово, 2006. — С. 95.
36. Котов, М.С. Сперматогенез и влияние пахового грыжесечения на репродуктивную функцию / М.С. Котов, В.И. Подолужный, И.Н. Зайков // *Медицина в Кузбассе.* — 2008. — № 1. — С. 3–6.
37. Соловьев, А.А. Особенности гемодинамики яичек у больных с паховыми грыжами / А.А. Соловьев // *Андрология и генитальная хирургия.* — 2009. — № 1. — С. 33–38.
38. Собенников, И.С. Оценка воздействия хирургической травмы при выполнении паховой герниопластики на функциональное состояние яичка и потенциал фертильности / И.С. Собенников, В.Г. Аристархов, А.А. Черенков // *Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова.* — 2014. — № 2. — С. 117–122.
39. Бакиров, И.С. Паховая грыжа и репродуктивная система мужчин / И.С. Бакиров // *Креативная хирургия и онкология.* — 2016. — № 3. — С. 45–47
40. Крышенко, В.П. Сравнительная характеристика различных методов герниопластики по поводу паховых грыж / В.П. Крышенко, А.В. Кудрявцев, В.А. Луцинин // *Клиническая хирургия.* — 2010. — № 3. — С. 24–26.
41. Гвенетадзе, Т.К. Профилактика развития мужского бесплодия после различных способов паховой герниопластики с использованием сетчатого эксплантата / Т.К. Гвенетадзе // *Новости хирургии.* — 2014. — Т. 22. — № 3. — С. 379–385.
42. Магомедбеков, Р.Э. Паховые грыжи и грыжесечение как причины нарушения репродуктивной функции у мужчин / Р.Э. Магомедбеков, М.М. Магомедов // *Новости хирургии.* — 2019. — Т. 29. — № 6. — С. 691–698.
43. Dong, Z. Does the use of hernia mesh in surgical inguinal hernia repairs cause male infertility? A systematic review and descriptive analysis / Z. Dong, S.A. Kujawa, C. Wang, H. Zhao // *Reprod Health.* — 2018. — Vol. 15(1). — P. 69.
44. Протасов, А.В. Влияние сетчатого имплантата на репродуктивную функцию при паховой герниопластике / А.В. Протасов, Г.А. Кривцов, Л.М. Михалева // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* — 2010. — № 8. — С. 28–32.
45. Uzzo, R.G. The effects of mesh bioprosthesis on the spermatic cord structures; a preliminary report in a canine model / R.G. Uzzo et al. // *J Urol.* — 1999. -Vol. 161, N4. — 1344–49.
46. Peiper, C. Is there a risk of infertility after inguinal mesh repair? Experimental studies in the pig and the rabbit / C. Peiper, K. Junge, U. Klinge et al. // *Hernia.* — 2006. — Vol. 10(1). — P. 7–12.
47. Kohl, A.P. Male Fertility After Inguinal Hernia Mesh Repair: A National Register Study / A.P. Kohl, K. Andresen, J. Rosenberg // *Ann Surg.* — 2018. — Vol. 268(2). — P. 374–378.
48. Визгалов, С.А. Влияние различных видов полимерных эндопротезов, применяемых для паховой герниопластики, на фертильность экспериментальных животных / С.А. Визгалов, Р.Е. Лис, Е.А. Попловская // *Журнал Грозненского Государственного медицинского университета.* — 2013. — № 2. — С. 32–35.
49. Павленко, В.В. Сравнительный анализ результатов лечения больных с паховыми грыжами с использованием герниопластики по Лихтенштейну и преперитонеальной герниопластики / В.В. Павленко // *Альманах клинической медицины.* — 2007. — № 16. — С. 147–151.
50. Аскерханов, Г.Р. Влияние различных способов герниопластики на качество жизни и фертильность пациентов / Г.Р. Аскерханов, Ф.М. Айтекова // *Новости хирургии.* — 2014. — № 5. — С. 538–546.
51. Calisir, A. Pain during sexual activity and ejaculation following hernia repair: A retrospective comparison of transabdominal preperitoneal versus Lichtenstein repair / A. Calisir, I. Ece, H. Yilmaz et al. // *Andrologia.* — 2021. — Vol. 53(2). — e13947.
52. Gupta, S. A three-arm randomized study to compare sexual functions and fertility indices following open mesh hernioplasty (OMH), laparoscopic totally extra peritoneal (TEP) and transabdominal preperitoneal (TAPP) repair of groin hernia / S. Gupta, A. Krishna, M. Jain et al. // *Surg Endosc.* — 2021. — Vol. 35(6). — P. 3077–3084.
53. Bansal, V.K. A prospective randomized comparison of testicular functions, sexual functions and quality of life following laparoscopic totally extra-peritoneal (TEP) and trans-abdominal pre-peritoneal (TAPP) inguinal hernia repairs / V.K. Bansal, A. Krishna, P. Manek et al. // *Surg Endosc.* — 2017. — Vol. 31(3). — P. 1478–1486.
54. Asuri, K.A. A prospective randomized comparison of sexual function and semen analysis following laparoscopic totally extraperitoneal (TEP) and transabdominal pre-peritoneal (TAPP) inguinal hernia repair / K. Asuri, A. Mohammad, O.P. Prajapatiet al. // *Surg Endosc.* — 2021. — Vol. 35(6). — P. 2936–2941.

© Дамадаев Дамада Магомедович (damadaev87@mail.ru),

Хамидов Магомед Ахмедович (khamidov67@mail.ru), Магомедов Мухума Магомедович (muxuma@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА МИТРАЛЬНОМ КЛАПАНЕ

HISTORICAL SKETCH OF RECONSTRUCTIVE OPERATIONS ON THE MITRAL VALVE

*I. Eliseev
S. Kambarov
M. Khavandeev*

Summary. Currently, it is obvious that reconstructive interventions on the mitral valve (MC) are the preferred methods of surgical correction of mitral insufficiency in the absolute majority of patients with this pathology. The confirmation is a huge number of scientific publications testifying to the success, reproducibility and excellent long-term results of the use of valve-preserving interventions on the mitral valve. Starting from the era before the use of extracorporeal circulation and ending with the latest percutaneous approaches, a wide variety of methods for treating various variants of mitral valve diseases have been proposed. The historical essay examines the chronological development of reconstructive operations on the mitral valve, their impact on complications, long-term results, mortality. The purpose of the work is to study the effectiveness of reconstructive operations in a historical context.

Keywords: mitral valve (MC); history of medicine; mitral regurgitation (MR); cardiologist; surgeon; reconstructive surgery of heart valves.

Елисеев Илья Геннадьевич

*М.н.с., ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского»
eliseev.ilya.88@mail.ru*

Камбаров Сергей Юрьевич

Д.м.н., ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского»

Хавандеев Максим Леонидович

Врач-сердечно-сосудистый хирург, ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского»

Аннотация. В настоящее время, очевидно, что реконструктивные вмешательства на митральном клапане (МК) являются предпочтительными методами хирургической коррекции митральной недостаточности у абсолютного большинства пациентов с этой патологией. Подтверждением служит огромное количество научных публикаций, свидетельствующих об успешности, воспроизводимости и отличных отдаленных результатах применения клапаносохраняющих вмешательств на митральном клапане. Начиная эпохи до начала применения экстракорпорального кровообращения и заканчивая последними чрескожными подходами, было предложено большое разнообразие методов лечения различных вариантов заболеваний митрального клапана. В историческом очерке рассматривается хронологическое развитие реконструктивных операций на митральном клапане, их влияние на осложнения, отдаленные результаты, летальность. Цель работы — изучить эффективность реконструктивных операций в историческом контексте.

Ключевые слова: митральный клапан (МК); история медицины; митральная регургитация (MR); кардиолог; хирург; реконструктивной хирургии клапанов сердца.

На сегодняшний день, сердечно-сосудистые заболевания во всём мире являются ведущей причиной смертности и инвалидности населения. Среди взрослого населения патология системы кровообращения составляет 56%.

Болезни клапанов сердца представляют собой растущую проблему общественного здравоохранения, которая становится все более распространенной среди нашего стареющего населения и затрагивает до 2,5% от общей численности населения. Реконструкция митрального клапана (МК) — это хирургическая процедура, которая непрерывно развивалась в течение последних пяти десятилетий. В настоящее время очевидно, что клапан-сохраняющие вмешательства на сердце являются наиболее предпочтительными. Прогрессивное понимание и оценка патологии наряду со стандартизацией

хирургических методов привели к выдающимся отдаленным результатам [4]. Большинство из этих заболеваний относятся к митральному клапану, а именно: стеноз, недостаточность и пролапс. Основным методом лечения является хирургическое вмешательство.

Началась история реконструктивной хирургии митрального клапана в начале 1950-х гг., когда Ч. Бейли (1952) установил, что недостаточность МК обусловлена расширением его отверстия в области заднемедиальной комиссуры, а Кушинг (1953) в эксперименте на животных доказал возможность восстановления запирающей функции МК сужением его фиброзного кольца (ФК). В 1955 г. была реализована эта методика в клинике, при которой была имплантирована полоска перикарда, и описаны способы пластики МК ушиванием его комиссур [13].



Рис. 1. Разработка способов реконструктивной хирургии клапанов сердца в Hôpital Broussais в период с 1970 по 1994 г. Новые способы (вверху) стали применять у большего количества пациентов и при более сложных заболеваниях клапанов (внизу).

В 1957 г. первую «закрытую» двухклапанную митрально-аортальную комиссуротомию выполнил С.А. Колесников, а в 1958 г. — митрально-трикуспидальную комиссуротомию.

В 1957 г. В.И. Шумаков в эксперименте разработал суживающий полукусачный шов ФК МК из двух шелковых лигатур, а Б.В. Петровский в том-же 1957 году впервые применил этот метод у пяти больных. В дальнейшем эта методика была усовершенствована. В 1960 г. Г.И. Цукерман с успехом выполнил трехклапанную комиссуротомию. В последующем, после широкого применения закрытых митральных комиссуротомий, были детально изучены отдаленные результаты данных операций и выявлены противопоказания к использованию данной методики. Забегая вперед, отметим, что в последние десятилетия кардиохирургические клиники фактически отказались от этих операций [9]. Причиной тому явились такие важнейшие недостатки «закрытых» операций, как: невозможность качественной визуальной оценки и адекватной реконструкции клапанного аппарата, частые рестенозы и/или наоборот травматическая митральная недостаточность, высокий риск невозмож-

ности разделения комиссур при выраженном фиброзе и кальцинозе створок, опасность тромбоэмболии и кальциевой эмболии.

Первая операция протезирования клапана сердца выполнена в Научном центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН в 1962 г. академиком В.И. Бураковским, который имплантировал трехстворчатый лепестковый протез конструкции Г.Т. Голикова в легочную позицию 13-летней девочке с недостаточностью клапана легочной артерии, дефектом межжелудочковой перегородки и открытым артериальным протоком. Отметим, что эта операция, является также первым в мировой клинической практике протезированием сердечного клапана у ребенка с врожденным пороком сердца. Данной операцией был начат этап освоения операций протезирования клапанов сердца [10]. В дальнейшем на смену лепестковым искусственным клапанам сердца пришли вентильные, поворотные-дисковые и двухстворчатые модели, а также клапаны, изготовленные из разнообразных биологических материалов. В настоящее время мировой опыт протезирования клапанов сердца исчисляется миллионами операций, выполненных не-

сколькими поколениями кардиохирургов в различных странах мира. Замещение некомпетентного сердечного клапана искусственным протезом признано высоко результативным методом лечения больных с тяжелой клапанной патологией.

В 1971 г. А. Карпантье предложил восстанавливать запирающую функцию МК с помощью жесткого кольца, подшиваемого в проекции ФК.

Ремоделирующая аннулопластика, как он ее называл, привнесла в восстановление клапанов предсказуемость и стабильность результатов, которых не хватало более ранним методам. Аннулопластика на опорном кольце открыла новую эру в реконструкции клапанов, позволив разработать дополнительные методы для устранения различных повреждений створок и подклапанных структур.

Исследования показали, что дилатация фиброзного кольца редко является единственной причиной митральной регургитации. Оказалось, сопутствующие поражения створок и подклапанного аппарата наблюдаются довольно часто и обычно предшествуют деформации фиброзного кольца [4]. В связи с этим, в дополнение к ремоделирующей аннулопластике опорным кольцом, были разработаны методы коррекции этих поражений (рис. 1).

Эти методики значительно расширили спектр поражений клапана, которые стало возможно корригировать хирургически. В дальнейшем ремоделирующая аннулопластика опорным кольцом и дополнительные техники реконструкции митрального клапана были применены и во время реконструкции трикуспидального клапана [12].

Стоит сказать, что А. Карпантье потребовалось 10 лет, чтобы разработать методику «французской коррекции» [7]. В сентябре 1983 г. на 63-м ежегодном съезде Американской ассоциации торакальных хирургов сообщение А. Карпантье о его методе произвело сенсацию. Принципиальным в его подходе стало восстановление не структуры клапана, а его функции. Причем, А. Карпантье предложил несколько способов коррекции МК:

- ◆ ремоделирование ФК с помощью имплантации жесткого или гибкого синтетического кольца;
- ◆ устранение избыточной подвижности створок МК резекцией соответствующих сегментов, укорочением или транслокацией хорд;
- ◆ восстановление подвижности хорд и створок.

Вслед за этим, отношение хирургов к реконструктивным вмешательствам на МК изменилось в сторону выполнения сложных пластических операций с ради-

кальной коррекцией всех патологически измененных структур [7]. Преимуществами реконструкции МК являются: низкий риск развития тромбоэмболий и эндокардита, высокие показатели надежности, сохраняющиеся на протяжении 25 лет, отсутствие необходимости в антикоагулянтной терапии. В настоящее время, он рассматривается во всем мире в качестве ориентира реконструктивной хирургии митрального клапана.

Выпускаются несколько типов опорных колец, включая разъемные. Таким образом, реконструктивная хирургия недостаточности МК является успешной альтернативой его протезированию [14].

Своевременная коррекция клапанных пороков позволяет в настоящее время вернуть к полноценному образу жизни и трудовой деятельности 75–80% пациентов. Большинство достижений в этой области, как правило, сопряжено с внедрением новых технологий, методов пластических операций на клапанах сердца, широким обменом информацией между ведущими клиниками страны и мира.

В настоящее время, пластические операции стали шире использоваться при коррекции митральной недостаточности различной этиологии. Однако, отдаленные результаты этих операций неоднозначны. Так, если одни авторы представляют хорошие результаты, другие отмечают появление у больных митральной регургитации II—III степени уже через 6–12 месяцев после операции [14].

Многообразие подходов и методик клапансохраняющей коррекции патологии митрального клапана говорит об актуальности, сложности и множестве нерешенных проблем в этом направлении.

По данным В.С. Щукина, отдаленные результаты безимплантационных реконструктивных технологий оказались, вполне удовлетворительными. Так, например, клинические исследования 183 пациентов (возраст от 11 до 65 лет), прооперированных по поводу изолированной и преобладающей митральной недостаточности, выявили 88,9% выживаемость и стабильность клинического состояния в сроки более пяти лет [1–2].

Хирургическое вмешательство у оперированных пациентов классифицируется, исходя из анатомических особенностей порока: ремоделирование створок, фиброзного кольца, многокомпонентная технология. Как мы уже отмечали, применение опорных колец, предложенных А. Карпантье, в настоящее время является «золотым» стандартом при пластике атриовентрикулярных клапанов [8]. За последние двадцать лет были проанализированы отдаленные результаты реконструктивных операций у 951 пациента, оперированного по поводу

изолированной митральной недостаточности по методике, разработанной А. Карпантье [7]. Использовались многокомпонентные хирургические вмешательства, включающие имплантацию опорного кольца у 95% оперированных, укорочение хорд, расширение створки путём вшивания заплаты из аутоперикарда и комиссуротомии [11]. Госпитальная летальность составила 2%. Десятилетняя выживаемость составила 89%, двадцатилетняя — 82%, а свобода от реоперации — 82% и 55% за 10 и 20 лет соответственно. Основная причина 83% повторных операций — прогрессирующий фиброз митрального клапана.

В последние годы появились клинические исследования и публикации с отдалёнными результатами пластических операций на митральном клапане при дегенеративной патологии, сопровождающиеся анализом факторов риска несостоятельности таких операций. Под термином «дегенеративная патология» понимается болезнь Барлоу, фиброэластический дефицит, синдром Марфана. Надёжность митральных пластик при дегенеративной митральной регургитации, выполненных по методикам А. Карпантье, была подтверждена удовлетворительными результатами в отдалённые сроки. Свобода от реопераций в течение 20 лет составила 97% при пролапсе задней створки, 86% при пролапсе передней створки, 83% при пролапсе обеих створок.

Клинические исследования показали, что при условии отсутствия хирургических факторов риска, частота рецидива митральной регургитации составляет 2,9% и 2,2% для болезни Барлоу и фиброэластического дефицита соответственно.

Факторы риска развития несостоятельности пластики делят на две группы: факторы, связанные с процедурой и факторы, связанные с естественным течением дегенеративного заболевания. К факторам риска неудачной пластики относятся: пролапс передней створки, использование методики укорочения хорд во время операций, отсутствие ремоделирующей аннулопластики. Дополнительным фактором, связанным с методикой хирургической коррекции, определяющим прогрессирование заболевания, относится резидуальная митральная недостаточность.

В литературе мало работ, в которых анализируются причины реопераций с протезированием по поводу неудач митральных пластик при дегенеративной патологии. Хирургические исследования показывают, что повторная митральная пластика является независимым предиктором отдалённой выживаемости [9]. При этом, выделяют три легко распознающие основные причины: прорезывание швов или перфорация створки, пролапс створки, а также уменьшение поверхности створки.

Опыт выполнения пластик митрального клапана, в том числе повторных операций из-за рецидива митральной недостаточности, показал, что наиболее частой причиной (около 74%) несостоятельности пластик является пролапс вследствие разрыва или удлинения хорд, в 12% случаев причиной послужило ограничение подвижности задней створки, в 16% — прорезывание швов на кольце, в 5% — прорезывание швов на створке и в 5% — вегетации [1–2].

При оценке возможности выполнения клапансохраняющего вмешательства после ранее выполненной пластики дегенеративно изменённого митрального клапана мнения расходятся. По данным клинических исследований выполнение повторной пластики варьирует от 10% до 44% при дегенеративных заболеваниях. Повторная пластика может быть осуществлена почти у половины пациентов с поздней несостоятельностью предшествующей пластики по поводу тяжёлой дегенеративной митральной регургитации.

После пластик, выживаемость в отдалённые сроки зависит от состояния насосной функции сердца. Если, после повторной пластики сохраняются подклапанные структуры и отсутствуют связанные с искусственным клапаном сердца осложнения, то можно полагаться на хороший отдалённый результат. Частота выживаемости после повторных пластик значительно больше, чем после протезирования по причине несостоятельности первичной пластики [7].

В настоящее время, своевременная коррекция клапанных пороков позволяет вернуть к полноценному образу жизни 75–95% пациентов. Многие достижения в этой области, сопряжены с внедрением новых технологий, методов математического моделирования, широким обменом информацией между ведущими клиниками страны и мира.

Создание множественных неоход из нитей ePTFE, делают возможным реконструирование таких вариантов патологий митрального клапана, при которых ранее осуществлялось исключительно протезирование. Создание множественных неоход не только восстанавливает нормальное расположение хорд, физиологическое распределение систолического напряжения на них, широкую поверхность коаптации створок клапана, но и предотвращает возврат регургитации из-за возможного отдалённого разрыва нативных хорд, особенно при выраженной миксоматозной дегенерации.

Согласно исследованиям 2008 г., у пациентов, оперированных по поводу аортального порока и имевших исходно умеренную митральную недостаточность (МН) со сроком наблюдения до 10 лет, в отдалённом пе-

риоде митральная недостаточность наблюдалась у 33% больных, у 3% — прогрессирование регургитации [13].

Данные исследований 2010 г., показывают, что предоперационная умеренная митральная регургитация (МР) явилась независимым фактором риска ухудшения отдаленных результатов. Несмотря на значительное ее уменьшение после изолированного протезирования аортального клапана (ПрАоК), выживаемость через 10 лет составила 88%. В тот же период, исследования проведенные на базе НЦССХ им. А.Н. Бакулева, у пациентов с выраженным аортальным пороком и митральной недостаточностью 2 и 3 степени, получивших разные типы коррекции митральной регургитации в сочетании с протезированием аортального клапана, летальность через 8 лет составила 15%.

Опубликованные результаты исследования 2015 г., посвященные вторичной митральной недостаточности при протезировании аортальных клапанов (с одномоментным вмешательством на митральном клапане и без него), не выявили достоверного улучшения выживаемости в группе пациентов с коррекцией патологии митрального клапана в сравнении с теми, кому вмешательство на митральном клапане не выполнялось. При этом, сохраняющаяся митральная недостаточность на момент выписки из госпиталя оказалась независимым предиктором смертности в отдаленном периоде. Предикторами остаточной МН стали расширение корня аорты, острая сердечная недостаточность, невмешательство на митральном клапане и наличие исходной фибрилляции предсердий. Предикторами госпитальной летальности явились длительное время искусственного кровообращения (ИК), наличие периферического атеросклероза.

Отдельного внимания заслуживает тот факт, что результаты исследования отражают зависимость непосредственных и среднеотдаленных (до 30 мес.) результатов хирургического лечения от исходного статуса пациентов.

Стоит также отметить, что существенный прогресс, который произошел за последние десятилетия в технологии производства искусственных клапанов сердца, их конструкции и используемых материалов, совершенствование анестезиологической помощи, методов защиты миокарда, летальность при хирургическом лечении некоторых форм клапанных пороков сердца продолжает оставаться высокой, варьируя в зависимости от вида операции [11]. Она составляет от 3,3% для вмешательств на одном клапане до 18,7% при многоклапанных пороках. Это связано с расширением показаний к оперативному лечению, увеличением возраста оперируемых больных и соответственно увеличением частоты встречаемости осложнений в ближайшие и отдаленные сроки.

Существует шесть основных видов специфических осложнений, связанных с наличием искусственного клапана сердца: структурные дисфункции, неструктурные дисфункции, тромбоз искусственного клапана, эмболические осложнения, кровотечение и инфекционный эндокардит клапанного протеза. Вследствие этого, важным на сегодняшний день является вопрос о выборе альтернативной клапансохраняющей тактики.

Для обобщения подходов к установлению показаний к реконструктивным операциям на митральном клапане, в последних исследованиях была предпринята попытка стандартизировать и обобщить подходы к установлению показаний к реконструктивным операциям на митральном клапане, что в особенности важно для пациентов, не имеющих клинических проявлений МН и левожелудочковой дисфункции.

У части больных с митральной регургитацией, порок долго остаётся компенсированным без выраженных клинических проявлений сердечной недостаточности, но с постепенным развитием левожелудочковой дисфункции, что определяет плохой прогноз хирургического лечения при длительном существовании порока. По современным представлениям, оперативное вмешательство предпочтительнее выполнять до развития левожелудочковой дисфункции [5–6]. Отношение к пластическим операциям при инфекционном эндокардите (ИЭ) остаётся противоречивым. В разных странах выявляемость ИЭ составляет от 1,7 до 6,2 случая на 100 000, госпитальная летальность остаётся высокой (до 18%). Любые инфекционные процессы сопровождаются отёком тканей, а в запущенных случаях и деструкцией, что в полной мере относится и к внутрисердечным структурам. Вследствие этого многие хирурги отмечают, что операции, которые выполняются на фоне активного ИЭ, сопровождаются значительно большим числом осложнений [3].

Анализ клинических исследований показывает, что у пациентов с инфекционным эндокардитом после пластических операций на митральном клапане отмечаются наиболее высокие показатели осложнений госпитального периода и наиболее низкие показатели отдаленной выживаемости. В отличие от пациентов с фиброзластическим дефицитом, высокая сложность вмешательств при болезни Барлоу определяет большую вариабельность клинических и эхокардиографических результатов после реконструкции митрального клапана и менее благоприятный прогноз. У пациентов с ишемической недостаточностью митрального клапана использование его пластик оправдано, однако при этом необходимо учитывать существенное количество осложнений и их негативное влияние на госпитальные и отдаленные результаты лечения [5–6].

Анализ результатов реконструктивных вмешательств, которые представлены разными авторами, показывает, что концепция реконструктивных технологий на клапанах в последние годы претерпела важнейшие изменения. Многочисленные клинические исследования показывают, что долгосрочную гемодинамическую результативность достигают реконструктивные технологии, которые основаны на комплексном подходе, и подразумевают восстановление функционирования митрально-левожелудочкового и трикуспидально-правожелудочкового комплекса как единого целого [15].

Основными причинами рецидива митральной недостаточности являются: разрыв хорд вследствие их хирургического укорочения и/или естественного течения дегенеративного заболевания, а также неадекватное перераспределение нагрузки на скомпрометированные подклапанные структуры. Вследствие чего, у хирурга возникает ряд вопросов о прочностных характеристиках структур клапана при разной патологии, и в связи с этим

оптимальных хирургических методиках коррекции [12]. Для совершенствования современных реконструктивных технологий, воссоздания функции митрального клапана необходимо изучение прочностных свойств хорд и створок митральных клапанов, иссечённых при первичных операциях, а также резецированных сегментов митральных клапанов, подвергшихся пластике. Ввиду отсутствия подробных данных в современной литературе, исследования в этом направлении актуальны.

Таким образом, благодаря новейшим исследованиям в области клапанной хирургии, методы реконструктивной хирургии постоянно совершенствуются. Каждый этап операции, будь то доступ к средостению или сам митральный клапан, значительно улучшается. Несмотря на то, что эти разработки демонстрируют большой потенциал, в настоящее время они требуют проведения крупных исследований, чтобы установить их преимущества, прежде чем стать существенными подходами к лечению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия — 2011. С. 74
2. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия / НЦССХ. М: Би., 2013. С. 85
3. Вавилов А.В., Скопин И.И., Сливнева И.В., Латышев М.С., Сахаров Э.Р. Реконструктивная хирургия ишемической недостаточности митрального клапана: результаты хирургического лечения в зависимости от патоморфологии порока. // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2019. Т. 20. № 55. С. 22.
4. Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У. Болезни митрального клапана: Функция, диагностика, лечение. 2-е изд. М.: ГЭОТЭР-Медиа, 2015. — С. 287
5. Иванов В.А., Айдамиров Я.А., Евсеев Е.П., Подчасов Д.А. Непосредственные результаты протезирования митрального клапана у пациентов пожилого и старческого возраста // Кардиология и серд.-сосуд. хир. 2014. № 3. С. 49–52.
6. Иванов В.А., Попов С.О. Ремоделирование левого желудочка сердца при протезировании митрального клапана // Мед. вестн. Башкортостана. 2013. Т. 8, № 6. С. 56–60.
7. Карпантьев А., Дэвид Г. Адамс, Филсуфи Фарзан. Реконструктивная хирургия клапанов сердца по Карпантьеву: от анализа клапана к его реконструкции. — М.: Логосфера. — 2019. — 416 с.
8. Марченко С.П. Реконструктивная хирургия атриовен-трикулярных клапанов сердца: автореф. дис. . . . д-ра мед. наук. СПб., 2009.
9. Муратов Р.М., Храменков А.Г., Сачков А.С., Бабенко С.И., Соболева Н.Н. Техника и непосредственные результаты реконструктивных вмешательств на митральном клапане. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2020. Т. 62. № 3. С. 199–205.
10. Скопин И.И., Цискаридзе И.М. История реконструктивной хирургии клапанов сердца в России. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2010. Т. 11. № 3. С. 54–64.
11. Тулеутаев Р.М., Имаммырзаев У.Е., Ракишев Б.А., Ошакбаев А.А., Нуруллаева Н.А., Уразбеков Д.О., Ибрагимов Т.Ю., Садыкова Р.Ж. Реконструктивная хирургия митрального клапана при его изолированной недостаточности. // Медицина (Алматы). 2018. № 6 (192). С. 16–20.
12. Файбушевич А.Г., Баранович В.Ю., Веретник Г.И., Максимкин Д.А., Дандарова Ж.Б. Сердечно-сосудистая хирургия в вопросах и ответах. — Москва, 2013. С. 169
13. Харина А.С., Бирюкова Н.В. Исторические аспекты и перспективы развития сердечно-сосудистой хирургии в России. // В сборнике: Научные исследования: теория, методика и практика. сборник материалов V Международной научно-практической конференции. 2019. С. 36–39.
14. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Марченко С.П. и др. Современные реконструктивные клапанные технологии. СПб., 2006. С. 90
15. Шихвердиев Н.Н., Марченко С.П. Основы реконструктивной хирургии клапанов сердца. СПб.: Дитон, 2007. С. 129

© Елисеев Илья Геннадьевич (eliseev.ilya.88@mail.ru),

Камбаров Сергей Юрьевич, Хавандеев Максим Леонидович .

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ БЕЗ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ОСТРОМ КОРОНАРНОМ СИНДРОМЕ: ФОКУС НА БЕЗОПАСНОСТЬ И ПОЛНОТУ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ

CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING WITHOUT CARDIOPULMONARY BYPASS IN ACUTE CORONARY SYNDROME: FOCUS ON SAFETY AND COMPLETENESS OF REVASCULARIZATION

A. Jalilov
V. Merzlyakov
I. Klyuchnikov
A. Skopin
S. Mamedova

Summary. Emergency coronary artery bypass grafting (CABG) in the setting of acute coronary syndrome (ACS) is associated with an increased number of perioperative complications and mortality. Operations without cardiopulmonary bypass (CPB) have a number of advantages, but the role of off-pump CABG (OPCAB) coronary bypass surgery remains controversial, as the procedure has been associated with incomplete revascularization in several studies. The aim of this study was to evaluate the feasibility, efficacy, and outcome of OPCAB surgery in patients with ACS. Methods. We conducted a retrospective analysis of the treatment of patients with ACS who underwent emergency or delayed CABG with CPB (on-pump CABG, hereinafter referred to as ONCAB) or OPCAB in our hospital. Results. Between January 2008 and December 2015, a total of 205 ACS patients underwent either ONCAB (109 patients, 53.2%) or OPCAB (96 patients, 46.8%) surgery. EuroSCORE II risk (5.6 ± 7.2 vs 4.9 ± 6.5 , $p=0.226$) and demographics were comparable between groups. A trend towards a decrease in postoperative mortality was observed in patients undergoing OPCAB (2.1 vs. 5.5%). The frequency of postoperative stroke and low cardiac output syndrome of the left ventricle (LV), as well as the duration of inotropic support and the need for re sternotomy were significantly lower in the OPCAB group ($p < 0.05$). Emergency CABG in the emergency setting was not associated with increased mortality or increased postoperative complications compared with delayed surgery, and OPCAB in emergency patients was associated with lower rates of postoperative complications and shorter ICU stay ($p < 0.05$). There was no difference in completeness of revascularization between groups (median 1 [1–1.33; 0.33–1.67] OPCAB versus median 1 [1–1.33; 0.67–2] ONCAB, $p = 0.617$), even during emergency operations. Conclusion. OPCAB surgery is safe and effective in ACS and may be considered in hemodynamically stable patients in the emergency setting.

Keywords: coronary artery bypass grafting, coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass, acute coronary syndrome, myocardial infarction.

Жалилов Адхам Кахрамонович

К.м.н., Каршинский филиал республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии
 Jalilov_adham@mail.ru

Мерзляков Вадим Юрьевич

Д.м.н., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Ключников Иван Вячеславович

Д.м.н., профессор, г.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Скопин Антон Иванович

К.м.н., в.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

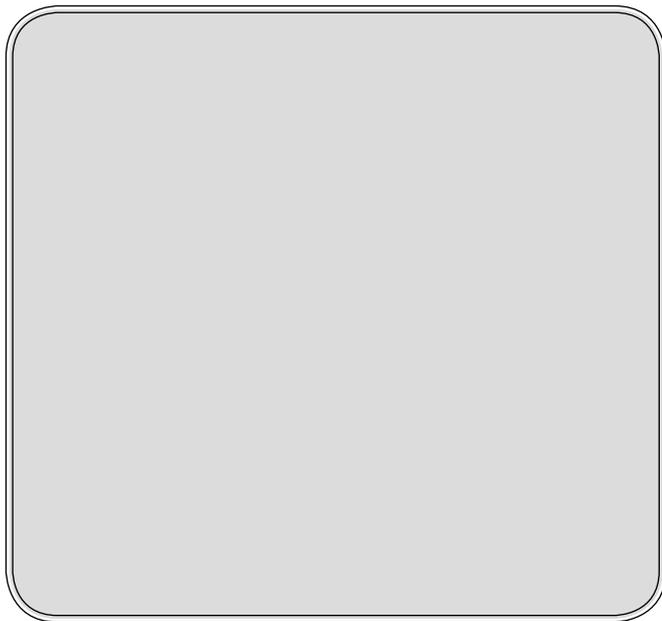
Мамедова Севиндж

К.м.н., м.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Аннотация. Актуальность темы. Экстренное аортокоронарное шунтирование (АКШ) в условиях острого коронарного синдрома (ОКС) связано с повышенным количеством периоперационных осложнений и смертностью. Операции без искусственного кровообращения (ИК) имеют ряд преимуществ, но роль коронарного шунтирования без ИК (off-pump CABG, далее OPCAB) остается спорной, поскольку в нескольких исследованиях процедура была связана с неполной реваскуляризацией. Цель этого исследования состояла в том, чтобы оценить осуществимость, эффективность и исход операции OPCAB у пациентов с ОКС.

Методы. Мы провели ретроспективный анализ лечения пациентов с ОКС, перенесших экстренное или отсроченное АКШ с ИК (on-pump CABG, далее ONCAB) или OPCAB в нашем госпитале.

Результаты. В период с января 2008 г. по декабрь 2015 г. в общей сложности 205 пациентов с ОКС перенесли операцию ONCAB (109 пациентов, 53,2%) или OPCAB (96 пациентов, 46,8%). Риск по EuroSCORE II ($5,6 \pm 7,2$ против $4,9 \pm 6,5$, $p = 0,226$) и демографические данные были сопоставимы между группами. Тенденция к снижению послеоперационной летальности наблюдалась у пациентов перенесших OPCAB (2,1 против 5,5%). Частота послеоперационного инсульта и синдрома малого сердечного выброса левого желудочка (ЛЖ), а также продолжительность инотропной поддержки и потребность в ре-стернотомии были достоверно ниже в группе OPCAB ($p < 0,05$).



Введение

За последнее десятилетие прогноз у пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ) постоянно улучшался, в основном благодаря широкому использованию первичного чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) [1]. Поскольку первичное ЧКВ может выполняться круглосуточно во многих больницах и превратилось в терапевтическую стратегию выбора при остром коронарном синдроме (ОКС), количество операций аортокоронарного шунтирования (АКШ) в качестве первичной реперфузионной терапии у пациентов с ОИМ значительно снизилось. Тем не менее, есть несколько ситуаций и показаний, требующих экстренного или срочного АКШ. К этим факторам относятся продолжающаяся ишемия, не отвечающая на оптимальную медикаментозную терапию или несмотря на успешное ЧКВ, неудачное ЧКВ, кардиогенный шок или наличие трехсосудистого поражения коронарного русла или стеноза ствола левой коронарной артерии (ЛКА)[2, 3].

Оптимальное время хирургического вмешательства является предметом продолжающихся дискуссий [4]. Современные рекомендации предлагают экстренное АКШ в случаях очевидного или неминуемого ухудшения гемодинамики, или выполнение отсроченной операции через 3–7 дней если пациент гемодинамически стабилен [5]. Однако, смертность и количество осложнений после выполнения АКШ на фоне ОИМ или сразу после него была достаточно высокой в последние десятилетия [6]. Некоторые одноцентровые исследования сообщают об удовлетворительных результатах экстренного АКШ, в то время как в других исследованиях сообщается об операционной смертности от 1,6 до 32% для обычно-

Экстренное выполнение АКШ в неотложной ситуации не было связано с повышенной смертностью или увеличением количества послеоперационных осложнений по сравнению с отсроченной операцией, а операция OPCAB у неотложных пациентов ассоциировалась с более низким уровнем послеоперационных осложнений и более коротким пребыванием в отделении интенсивной терапии ($p < 0,05$).

Не было различий в полноте реваскуляризации между группами (медиана 1 [1–1,33; 0,33–1,67] OPCAB по сравнению с медианой 1 (1–1,33; 0,67–2) ONCAB, $p = 0,617$), даже при выполнении экстренных операций.

Заключение. Операция OPCAB безопасна и эффективна при ОКС и может быть рассмотрена у гемодинамически стабильных пациентов в условиях неотложной помощи.

Ключевые слова: коронарное шунтирование, коронарное шунтирование без искусственного кровообращения, острый коронарный синдром, инфаркт миокарда.

го экстренного АКШ с использованием искусственного кровообращения (ONCAB) [3, 7].

Поскольку известно, что искусственное кровообращение (ИК) вызывает ряд воспалительных реакций, а кардиоплегическая остановка сердца несёт дополнительный стресс в виде глобальной ишемии уже поврежденного миокарда, можно предположить, что отказ от ИК в этой подгруппе пациентов может иметь некоторые преимущества. Несколько исследований продемонстрировали преимущества операции OPCAB, особенно у пациентов с сопутствующими заболеваниями, такими как сахарный диабет, почечная недостаточность или нарушение функции левого желудочка (ЛЖ) сердца. Тем не менее, роль OPCAB в условиях ОИМ остается спорной. Хотя проведение этих операций было связано с более низкой ранней послеоперационной смертностью, несколько исследований определили неполную реваскуляризацию как самый большой недостаток операций OPCAB [3, 11, 12, 13, 14].

Несмотря на то, что за последнее десятилетие операции OPCAB приобрели некоторую популярность, только 12% всех процедур АКШ в Германии выполняются без искусственного кровообращения [15]. В нашем учреждении мы стараемся выполнять процедуру OPCAB, всегда, когда это возможно.

Цель этого исследования состояла в том, чтобы оценить осуществимость, эффективность и исход операции OPCAB у пациентов с ОКС, нуждающихся в неотложной или экстренной операции. Этих пациентов мы сравнили с группой пациентов, перенесших стандартную АКШ с ИК (ONCAB) в течение того же периода времени.

Материалы и методы

Исследовательская когорта

В период с января 2008 г. по декабрь 2015 г. были изучены 205 последовательных пациентов с ОКС, перенесших изолированное АКШ (либо OPCAB, либо ONCAB) в ОКС включал инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST (STEMI), инфаркт миокарда без подъема сегмента ST (NSTEMI) и нестабильную стенокардию [16]. Диагноз устанавливали на основании общепринятых электрокардиографических признаков ОИМ (подъем сегмента ST > 1 мм) и повышения в сыворотке крови кардиоспецифического тропонина I (сTnI) и/или креатинкиназы (КК) и КК-МВ, а также при наличии у пациентов впервые выявленной стенокардии напряжения или стенокардии в покое, не отвечающей на прием нитроглицерина.

Пациенты были разделены на группы в зависимости от периода времени между диагнозом ОКС и датой операции (≤ 24 часа, >24 и ≤ 72 часа, >72 часа и ≤ 7 дней, >7 и ≤ 10 дней).

Пациенты, перенесшие сопутствующие операции (т.е. клапанные) или операцию на работающем сердце с искусственным кровообращением, были исключены.

Хирургическая техника

Всем больным была выполнена срединная стернотомия. Выполняли выделение и скелетизацию внутренней грудной артерии (ВГА). Перед отсечением дистального конца ВГА вводили внутривенно гепарин для поддержания активированного времени свертывания (ACT) ≥ 450 секунд для ONCAB и ≥ 350 секунд для OPCAB. В конце операции гепарин нейтрализовали с помощью протамина сульфата ориентируясь на ACT на аппарате.

Во время операций АКШ с ИК проводилась антеградная кардиоплегия охлажденной Кустиадиол.

Для хорошей экспозиции во время операции АКШ на работающем сердце с мы выполняли глубокие перикардальные швы-держалки. В некоторых случаях использовалось устройство апикального позиционирования Starfish. Также, во время операций АКШ на работающем сердце для стабилизации миокарда при выполнении дистальных анастомозов мы использовали вакуумные стабилизаторы. Интракоронарные шунты использовались редко. Дистальные анастомозы формировали непрерывной монофиламентной нитью 7-0 или 8-0. Проксимальные анастомозы подшивали к аорте либо при поперечном пережатии либо при боковом отжатии аорты и использовали мононить 6-0. У пациентов с OPCAB гипотермию избегали, помещая пациента на на-

гревательный матрас, вводя теплые растворы и регулируя температуру в операционной.

Конечные точки

Исследование проводилось ретроспективно путем просмотра и анализа медицинских записей. Для изучения были взяты следующие переменные: демографические данные, данные предоперационной диагностики, интраоперационные данные, периоперационное течение и послеоперационный исход, таблицы 1–3.

Интраоперационные и ранние исходы включали время операции, количество дистальных анастомозов, время искусственной вентиляции лёгких, количество гемотрансфузий, продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии (ОИТ) ≥ 8 дней и госпитальная летальность. Госпитальная летальность определялась как смерть во время той же госпитализации или в течение 30 дней после операции. Были собраны и сравнены между группами следующие послеоперационные осложнения (таблица 3): инсульт (определяемый как транзиторная или стойкая послеоперационная неврологическая дисфункция с морфологическим субстратом, подтвержденным компьютерной томографией или ядерно-магнитно-резонансной томографией [7]), послеоперационный синдром малого сердечного выброса (СМСВ, определяемый как сердечный индекс $< 2,0$ л/(мин m^2) и/или повышенные дозы инотропных препаратов и/или признаки органной дисфункции, то есть уровень лактата $\geq 2,5$ ммоль/л и/или диурез $< 0,5$ мл/кг/час), использование механической поддержки кровообращения, сепсис, кома в течение > 24 часов, послеоперационный делирий и почечная недостаточность (увеличение уровня креатинина в сыворотке крови в два раза по сравнению с предоперационным уровнем или до $> 2,0$ мг/дл, или новая потребность в гемодиализе или гемофильтрации), дополнительно анализировали развитие глубокой стеральной инфекции, требующую хирургической ревизии, пролонгированную искусственную вентиляцию легких (> 24 ч), необходимость трахеотомии, повторную операцию по поводу кровотечения, развитие периоперационного инфаркта миокарда (определяется как минимум двумя из следующих признаков: непрекращающаяся стенокардия в течение > 20 минут, несмотря на применение нитратов, повышение уровня кардиоспецифических ферментов, то есть уровень КК-МВ $> 1/10$ от общего уровня КФК, новые аномалии движения стенки ЛЖ, подъем сегмента ST более чем в 2 последовательных отведениях на электрокардиограмме), послеоперационные реанимационные мероприятия, впервые возникшая фибрилляция предсердий, блокады проводимости, требующие имплантации постоянного кардиостимулятора, пневмония, желудочно-кишечные осложнения и повторная госпитализация в течение 30 дней после выписки.

Таблица 1. Характеристика пациентов и предоперационные факторы риска

	ОРСАВ (n = 96)	ОНСАВ (n = 109)	p
Возраст (годы), средний	67,6 (60,2–75,7; 44,8–85,5)	71,1 (62,1–76,4; 33–87,7)	0,109
Мужской пол	84 (87,5%)	92 (84,4%)	0,554
ИМТ, средний	27 (24–30; 18–41)	27 (25–30,5; 21–44)	0,690
EuroScore II, mean ± SD	4,9 ± 6,5	5,6 ± 7,2	0,226
Гипертензия	80 (83,3%)	93 (85,3%)	0,705
Сахарный диабет	32 (33,3%)	40 (36,7%)	0,661
ХОБЛ	10 (10,4%)	7 (6,4%)	0,301
Курение	48 (50,0%)	52 (47,7%)	0,781
Гиперлипидемия	69 (71,9%)	87 (79,8%)	0,183
Цереброваскулярные заболевания	7 (7,3%)	15 (13,8%)	0,176
Стеноз сонной артерии	7 (7,3%)	16 (14,7%)	0,121
Атеросклероз периферических артерий	14 (14,6%)	14 (12,8%)	0,839
Неудачное ЧКВ	12 (12,5%)	7 (6,4%)	0,153
ССС III–IV	77 (80,2%)	93 (85,3%)	0,357
NYHA III — IV	46 (47,9%)	62 (56,9%)	0,210
ЖТ/ФЖ перед операцией	10 (10,4%)	9 (8,3%)	0,640,636
Илотропная поддержка до операции	7 (7,5%)	1 (0,9%)	0,026
ИВЛ	7 (7,3%)	7 (6,4%)	0,805
Поражение коронарных артерий,%			
Ствол ЛКА >50%	43 (44,8%)	72 (66,97%)	0,002
1	3 (3,1%)	0 (0%)	0,063
2	12 (12,5%)	10 (9,2%)	0,502
3	82 (85,4%)	99 (90,8%)	0,280
Функция левого желудочка			
Хорошая (ФВ > 50%)	43 (44,8%)	58 (53,2%)	0,230
Средняя (ФВ 31–50%)	39 (40,6%)	38 (34,9%)	0,395
Низкая (ФВ 21–30%)	11 (11,2%)	11 (10,1%)	0,792
Очень низкая (ФВ 20%)	2 (2,1%)	2 (1,8%)	0,898
Инфаркт миокарда до операции			
≤ 24 ч до операции	28 (29,2%)	35 (32,1%)	0,649
>24 ч и ≤ 72 ч	21 (21,9%)	24 (22,0%)	0,980
>72 ч и ≤ 7 дней	24 (25,0%)	26 (23,9%)	0,849
>7 и ≤ 10 дней	18 (18,8%)	13 (11,9%)	0,241
NSTEMI	72 (75,0%)	85 (78,0%)	0,624
STEMI	5 (5,2%)	11 (10,1%)	0,241
Нестабильная стенокардия	18 (18,8%)	13 (11,9%)	0,193

Пояснения к таблице 1. ОРСАВ — коронарное шунтирование на работающем сердце без искусственного кровообращения, ОНСАВ — стандартное коронарное шунтирование с искусственным кровообращением, Q1-Q3; range — 25 и 75 перцентили и размах, mean ± SD — среднее значение ± стандартное отклонение, ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь лёгких, ЧКВ — чрескожное вмешательство, ССС — класс стабильной стенокардии на основании ее тяжести по классификации Канадского общества по изучению сердечно-сосудистых заболеваний, NYHA — класс хронической сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации, ЖТ/ФЖ — желудочковая тахикардия/фибрилляция желудочков, ИВЛ — искусственная вен-

тиляция лёгких, ЛКА — левая коронарная артерия, ФВ — фракция выброса, NSTEMI — инфаркт миокарда без подъёма сегмента ST, инфаркт миокарда с подъёмом сегмента ST.

Пояснения к таблице 2. ОРСАВ — коронарное шунтирование на работающем сердце без искусственного кровообращения, ОНСАВ — стандартное коронарное шунтирование с искусственным кровообращением, КА — коронарные артерии, median — медиана— 25 и 75 перцентили и размах, mean ± SD — среднее значение ± стандартное отклонение, ЛВГА — левая внутренняя грудная артерия, ПВГА — правая внутренняя грудная артерия.

Таблица 2. Интраоперационные данные.

	OPCAB (n = 96)	ONCAB (n = 109)	p
Количество пораженных КА, median	3 (3–3;1–3)	3 (3–3;2–3)	0,210
Количество дистальных анастомозов, median	3 (3–4;1–5)	3 (3–4;2–6)	0,820
Полнота реваскуляризации, median	1 (1–1,3;0,33–1,67)	1 (1–1,3;0,67–2)	0,617
Полная реваскуляризация	88(91,7%)	95(87,2%)	0,368
Неполная реваскуляризация	8(8,3%)	14(12,8%)	0,368
Использование ЛВГА	94(97,9%)	107 (98,2%)	0,898
Дистальные анастомозы			
1	7 (7,3%)	0 (0%)	0,004
2	12 (12,5%)	18 (16,5%)	0,437
3	40 (41,7%)	51 (46,8%)	0,484
4	24 (25,0%)	28 (25,7%)	0,910
5	15 (15,6%)	6 (5,5%)	0,021
6	0 (0%)	1 (0,9%)	0,347
Время операции, median	228 (200,5–254,8;78–381)	240 (188,5–298,5;150–560)	0,049

Статистический анализ

Непрерывные данные выражали в виде медиан, первого и третьего квартилей и диапазона (минимум и максимум) или среднего стандартного отклонения и сравнивали с использованием непараметрического U-критерия Манна-Уитни или непарного t-критерия Стьюдента согласно их распределению. Распределение контролировалось тестом нормальности D Agostino & Pearson и тестом нормальности Шапиро-Уилка. Категориальные данные указаны в процентах и сравнивались с использованием точного критерия Фишера или критерия Хи-квадрат.

Для статистического анализа использовали программное обеспечение GraphPad Prism7 (GraphPad Software Inc.). Различия считались значимыми (p 0,05), высоко значимыми (p 0,01) или статистически не значимыми (ns, p > 0,05).

Результаты

Периоперационные данные

Характеристики пациентов и предоперационные факторы риска приведены в таблице 1. Из 205 последовательных пациентов с ОКС, 109 (53,2%) было выполнено АКШ с использованием искусственного кровообращения (ONCAB), а 96 (46,8%) были прооперированы без искусственного кровообращения (OPCAB).

Риски по EuroSCORE II были сопоставимы между пациентами с OPCAB (4,9 ± 6,5) и ONCAB (5,6 ± 7,2) (p = 0,226).

Значительно больше пациентов в группе OPCAB получали инотропные препараты до операции (7,5% про-

тив 0,9%, p = 0,03) и имели в анамнезе неудачное ЧКВ (12,5% против 6,4%, p = 0,15). Значительно большая часть пациентов, перенесших операцию с искусственным кровообращением, имела стеноз ствола ЛКА > 50% (44,8% против 67,0%, p < 0,002).

Статистически значимой разницы в приеме антитромбоцитарной и антикоагулянтной терапии перед операцией не было.

Предоперационные уровни кардиоспецифических ферментов в крови были значительно выше, и имелась незначительная тенденция (p = 0,07) к более высоким уровням СК-МВ в группе OPCAB (p < 0,001), что указывает на большую степень повреждения миокарда.

Все остальные исходные характеристики и факторы риска, включая возраст, пол, фракцию выброса ЛЖ и основные сопутствующие заболевания, такие как сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких или нарушение функции почек, были сопоставимы между двумя группами (структурное равенство).

Использование обеих ВГА значительно чаще наблюдалось у пациентов, перенесших OPCAB (58% против 42%, p < 0,001). Время операции было значительно короче у пациентов с OPCAB (230 ± 54 против 251 ± 70 минут, p < 0,05).

В группе OPCAB значительно большему количеству пациентов был наложен только один дистальный анастомоз (7,3% против 0%, p = 0,004); однако значительно большему количеству пациентов с OPCAB было наложено пять дистальных анастомозов (15,6% против 5,5%, p = 0,021). Среднее количество 2, 3, 4 и 6 дистальных анастомозов было сопоставимо между группами, и не было

Таблица 3. Послеоперационные осложнения и смертность.

	ОРСАВ (n = 96)	ОНСАВ (n = 109)	p
30-дневная летальность	2 (2,1%)	6 (5,5%)	0,207
Инсульт	0 (0%)	5 (4,6%)	0,034
Синдром малого сердечного выброса	4 (4,2%)	12 (11%)	0,005
Необходимость в инотропах >12 часов	26 (27,1%)	48 (44,0%)	0,012
Сепсис	2 (2,1%)	4 (3,6%)	0,666
Рестернотомия из-за кровотечения	1 (1%)	9 (8,2%)	0,007
Гемотранфузия	37 (38,5%)	46 (42,2%)	0,594
Почечная недостаточность	8 (8,3%)	16 (14,7%)	0,159
Периоперационный ИМ	0 (0%)	2 (1,8%)	0,182
Время ИВЛ	21,5 ± 44,6 hours	44,3 ± 109,6 hours	0,404
Пневмония	5 (5,2%)	10 (9,1%)	0,178
Трахеостома	1 (1,0%)	3 (2,8%)	0,624
Делирий	6 (6,2%)	11 (10,9%)	0,348
ЖКТ осложнения	0 (0%)	5 (4,6%)	0,034
Реанимационные мероприятия	2 (2,1%)	4 (3,6%)	0,801
Впервые возникшая ФП	20 (20,8%)	24 (22,0%)	0,837
Глубокая стерильная инфекция	3 (3,1%)	7 (6,4%)	0,342
Повторная госпитализация в течении 30 дней после выписки	1 (1,1%)	3 (2,7%)	0,506

существенной разницы в среднем количестве дистальных анастомозов, выполненных на одного пациента (медиана 3 [Q1–Q3; диапазон: 3–4; 1–5] анастомозов ОРСАВ против медианы 3 анастомозов [Q1–Q3; диапазон: 3–4; 2–6] ОНСАВ, $p = 0,820$). Кроме того, не было значимой разницы в полноте реваскуляризации (анатомическое определение, т.е. среднее число дистальных анастомозов, деленное на среднее число пораженных коронарных артерий) между группами (медиана 1 [Q1–Q3; диапазон: 1–1,33; 0,33–1,67] ОРСАВ против медианы 1 [Q1–Q3; диапазон: 1–1,33; 0,67–2] ОНСАВ, $p = 0,617$).

Операционные данные представлены в таблице 3.

Пояснения к таблице 3. ОРСАВ — коронарное шунтирование на работающем сердце без искусственного кровообращения, ОНСАВ — стандартное коронарное шунтирование с искусственным кровообращением,

ПН — почечная недостаточность, ИМ — инфаркт миокарда, ИВЛ — искусственная вентиляция легких, ЖКТ — желудочно-кишечные осложнения, ЛЖ — левый желудочек, ФП — фибрилляция предсердий, ЭКС — электрокардиостимулятор,

Послеоперационные результаты

Операционная смертность в группе ОРСАВ, составившая 2,1% (2 из 96 пациентов), и была ниже, чем 5,5% (6 из 109) в группе ОНСАВ; однако это различие не достигло статистической значимости ($p = 0,207$).

Не было периоперационных инсультов среди пациентов ОРСАВ по сравнению с пятью инсультами (4,6%) в группе ОНСАВ ($p = 0,034$). Кроме того, у значительно меньшего числа пациентов в группе ОРСАВ наблюдался синдром малого сердечного выброса после операции (4,2 против 11%, $p = 0,003$), и значительно меньшему количеству пациентов из группы ОРСАВ требовалась инотропная поддержка > 12 часов после операции (27,1 против 44,0%, $p = 0,012$). Аналогичным образом, больше пациентов с ОНСАВ находились в отделении интенсивной терапии ($p = 0,14$) более 8 дней (13,5% против 23,9%, $p = 0,06$).

Меньшему количеству пациентов с ОРСАВ потребовалось переливание эритроцитарной массы (38,5% против 42,2%, $p = 0,59$), и мы наблюдали значительно меньшее количество рестернотомий по поводу кровотечения среди пациентов с ОРСАВ (3,1% против 13,8%, $p < 0,007$).

Меньше пациентов, перенесших операцию ОРСАВ, отмечались в послеоперационном периоде почечная недостаточность (8,3% против 14,7%, $p = 0,16$). Частота всех остальных осложнений была одинаковой между группами (таблица 3).

Сроки операции

У 64 пациентов (31,2%) оперативное вмешательство было выполнено в экстренном порядке в первые 24 ч после установления диагноза ОКС (группа экстренного

лечения ОКС). Группу отсроченного ОКС составили 45 пациентов (22%), оперированных в сроки >24 ч и ≤ 72 ч после установления диагноза ОКС, а также 50 пациентов (24,4%), оперированных >72 ч и ≤ 7 дней после ОКС. У 30 пациентов (14,6%) было проведено АКШ >7 и ≤ 10 дней после ОКС, а 16 пациентов (7,8%) страдали нестабильной стенокардией.

Пациенты со стенозом ствола ЛКА $> 50\%$ достоверно чаще подвергались экстренному оперативному вмешательству (71,9% против 44,2%, $p < 0,001$). Уровни КК и КК-МВ были значительно выше в группе экстренного лечения ОКС, чем в группе пациентов, перенесших операцию >24 часов и ≤ 7 дней после ОКС (группа отсроченного лечения ОКС, $p < 0,05$). Кроме того, пациенты в группе экстренного лечения ОКС были значительно старше ($69,6 \pm 1,3$ года против $66,2 \pm 1,1$ года, $p < 0,05$), а показатели по шкале EuroSCORE II были выше ($7,0 \pm 7,7$ против $4,3 \pm 6,3$, $p < 0,001$). Группы были сопоставимы по полу, предоперационной фракции выброса ЛЖ, классе стенокардии по CCS и классу ХСН по NYHA.

Послеоперационная смертность была сопоставима в группе экстренного и отсроченного лечения ОКС (2,1% против 4,2%, $p = 0,89$). Кроме того, не было статистически значимых различий в отношении основных послеоперационных осложнений, таких как почечная недостаточность, требующая гемодиализа, инсульт или периоперационный ИМ. Тем не менее, в группе экстренного лечения ОКС частота послеоперационного синдрома малого сердечного выброса была значительно выше (29,7% против 12,6%, $p < 0,05$) со значительно более длительной потребностью в инотропной поддержке (50,0% против 31,6%, $p < 0,05$) а также более длительное время искусственной вентиляции лёгких ($42,9 \pm 77,6$ ч против $22,4 \pm 42,8$ ч, $p < 0,05$), чем в группе отсроченного лечения ОКС.

Среднее количество выполненных дистальных анастомозов между группами значимо не различалось ($3,1 \pm 1,1$ против $3,2 \pm 0,9$). Что касается выбора трансплантатов, то в группе отсроченного лечения ОКС достоверно чаще использовали одну (ВТА ($p < 0,001$)).

Важно отметить, что мы также проанализировали подгруппу пациентов с OPCAB в отношении сроков операции; 29 пациентов с OPCAB подверглись экстренной операции (≤ 24 часа после ОКС) по сравнению с 67 пациентами с OPCAB в отсроченной группе (>24 часов до ≤ 10 дней после ОКС).

Пациенты, перенесшие экстренную операцию OPCAB, значительно меньше страдали от послеоперационного синдрома малого сердечного выброса (4,2% против 11%, $p < 0,05$) и нуждались в меньшем количестве

инотропной поддержки в течение >12 часов после операции (37,9% против 60,0%, $p = 0,08$) по сравнению с пациентами из группы экстренного ONCAB. Тем не менее, не было никаких существенных различий между пациентами с экстренной и отсроченной OPCAB в отношении этих и других послеоперационных конечных точек. Иными словами, осложнения раннего хирургического вмешательства у больных с ОКС в подгруппе OPCAB не выявлялись и, по нашим данным, связаны с применением искусственного кровообращения у больных с ОКС.

Обсуждение

Первичное ЧКВ пораженной коронарной артерии считается «золотым стандартом» для большинства пациентов с ОКС, поэтому энтузиазм в отношении экстренной хирургической реваскуляризации коронарных артерий в последнее время снизился [2]. Тем не менее, показания к экстренной операции включают продолжающееся ухудшение гемодинамики, большой риск поражения миокарда, критический стеноз ствола ЛКА или трех-сосудистое поражение коронарного русла [2, 3, 5]. Поскольку использование искусственного кровообращения с кардиоплегической остановкой сердца усиливает глобальную ишемию уже поврежденного миокарда и, как было показано, связано со значительной провоспалительной реакцией, OPCAB представляется многообещающим выбором для пациентов с ОКС. На сегодняшний день не хватает доказательств роли OPCAB в популяции пациентов кому требуется экстренная реваскуляризация миокарда.

В настоящем исследовании мы оценили результаты лечения 205 последовательных пациентов с ОКС, обратившихся в наше учреждение.

Мы обнаружили тенденцию к снижению ранней послеоперационной летальности среди пациентов, перенесших коронарное шунтирование без искусственного кровообращения. Этот результат согласуется с результатами Biancari и соавт., которые изучали 314 пациентов с нестабильной стенокардией, перенесших ONCAB или OPCAB, а также с Fattouch и коллегами, которые продемонстрировали снижение ранней смертности у пациентов с ИМпST, перенесших операцию OPCAB [3, 11]. Аналогично, Locker и коллеги сравнили ONCAB и OPCAB в течение 7 дней после ОИМ. Эти авторы показали, что операция OPCAB в течение 48 часов после ОИМ была связана со значительно более низкой ранней смертностью, чем при операциях ONCAB в тот же период времени (4,3 против 16,5%, $p < 0,05$) [6].

В целом, оптимальные сроки КШ после ОИМ остаются спорными поскольку литература сообщает о неубедительных результатах. В многоцентровом исследовании

Lee и соавт. наблюдали снижение госпитальной летальности с увеличением временного интервала между операцией и ОИМ [17]. Weis и соавт. сообщили о повышении уровня смертности у пациентов, перенесших АКШ в течение 2 дней после ОИМ, по сравнению с теми, кто перенес АКШ ≥ 3 дней после ОИМ [4]. Locker и соавторы предположили, что время операции является значимым предиктором ранней смертности только у пациентов, перенесших операцию на искусственном кровообращении, но не у пациентов, перенесших операцию OPCAB [6]. Этот результат соответствовал нашим выводам; за исключением пациентов с ONCAB, пациенты, перенесшие экстренную операцию OPCAB, показали более низкую частоту развития синдрома малого сердечного выброса и не нуждались в длительной инотропной поддержке или пребывании в отделении интенсивной терапии.

Что касается ранней послеоперационной летальности, мы не обнаружили существенных различий между пациентами, оперированными в течение 24 часов или между 72 часами и 10 днями после ОКС (4,7 против 4,2%), независимо от того, было ли им выполнено АКШ с использованием или без использования искусственного кровообращения.

Сравнительно недавно было проведено три крупных многоцентровых рандомизированных исследования, сравнивающих ONCAB и OPCAB: CORONARY (CABG Off or On Pump Revascularization Study), GOPCABE (German Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting in Elderly Patients) и недавнее исследование ROOBY (Randomized On/Off Bypass) [18, 19, 20]. Во всех трех исследованиях распространенность послеоперационного инсульта была одинаковой у пациентов с операциями без искусственного кровообращения и с искусственным кровообращением. В нашем исследовании мы не наблюдали ни одного инсульта в группе OPCAB, при этом частота инсультов в группе ONCAB составила 4,6% ($p < 0,05$).

Отдельной темой для изучения развития инсультов при операциях коронарного шунтирования является кальциноз аорты. В своем недавнем исследовании Halkos и соавт. оценили влияние различных стратегий пережатия аорты на частоту церебральных эмболических событий во время КШ [21]. Для выявления потенциального случая эмболии авторы измеряли высокоинтенсивные транзиторные сигналы (HITS) в средних церебральных артериях с помощью транскраниальной доплерографии. Нейрокогнитивные тесты проводились до и через 30 дней после операции. Вопреки ожиданиям, среднее количество ультразвуковых HITS была значительно выше при использовании устройства Heartstring CFD (Maquet V.V.&Co, Раштатт, Германия) во время операции без искусственного кровообращения по сравнению с традиционным частичным пережатием восходящей

аорты для выполнения проксимальных анастомозов. Кроме того, использование более чем одного устройства Heartstring CFD привело к значительному увеличению медианы общего количества HITS. Однако, различий в результатах нейрокогнитивного тестирования между группами не было [21].

Напротив, Emmert и соавторы сообщают о значительном снижении частоты послеоперационных инсультов при использовании устройства Heartstring CFD для проксимального анастомоза во время операции OPCAB по сравнению с частичным пережатием аорты (0,7 против 2,3%; $p = 0,04$) [22].

В нашем центре мы придерживались стратегии минимального количества манипуляций на аорте, особенно в OPCAB, используя, всегда, когда это было возможно, обе ВГА. В случае, когда нужно было использовать венозные трансплантаты и, если восходящая аорта была сильно кальцифицирована, мы использовали устройство Heartstring III. Согласно литературным данным, эта стратегия может объяснить значительную разницу в частоте инсультов между пациентами, перенесшими операцию с искусственным кровообращением и без искусственного кровообращения.

Неполная реваскуляризация миокарда оказывает пагубное влияние на исходы операции АКШ, особенно когда не была реваскуляризирована зона передней нисходящей артерии (ПНА) или несколько других сосудистых зон [23]. Напротив, было показано, что более полная реваскуляризация миокарда связана с более низкой операционной смертностью [6]. Несколько исследований, включая исследование ROOBY, CORONARY и GOPCABE, показали, что у пациентов, перенесших плановую операцию OPCAB, было меньшее среднее количество шунтов, что предполагает более неполную реваскуляризацию, чем у пациентов, перенесших ONCAB [18–20]. Более того, Locker и соавт. показали, что пациенты, перенесшие экстренную операцию OPCAB, получили меньше трансплантатов, чем пациенты, получившие экстренное коронарное шунтирование с искусственным кровообращением [6]. В нашем исследовании не было выявлено существенных различий в выполненных дистальных анастомозах или полноте реваскуляризации между пациентами OPCAB и ONCAB.

Исходя из данных литературы, стоит отметить, что OPCAB, в отличие от ONCAB, не является стандартизированной методикой, подходы к которой различаются в зависимости от центра и хирурга [11]. Однако по мере того, как хирурги и анестезиологи приобретают все больше опыта в выполнении операций OPCAB, с течением времени может быть достигнута полная реваскуляризация, как это было показано в нескольких недавних исследованиях [14, 24, 25].

ВЫВОДЫ

Положительные результаты этого исследования обусловлены многолетним опытом в этой области, и их может быть нелегко воспроизвести в центре с недостаточным опытом операций на работающем сердце. Исходя из нашего опыта, мы считаем операцию OPCAB безопасным и эффективным вариантом для пациентов с ОКС. Кроме того, у пациентов с приемлемой гемодинамикой, нуждающихся в экстренном АКШ, операция без искусственного кровообращения показала лучшие результаты, чем операция с искусственным кровообращением. Мы предполагаем, что пациенты, перенесшие операцию OPCAB, получают пользу от поддержания естественного коронарного кровотока, что позволяет избежать дополнительной ише-

мии миокарда, связанной с ИК и кардиоплегической остановкой сердца, а также повреждения клеток миокарда, вызванного реперфузионным повреждением после ишемии.

Неполная реваскуляризация связана с повышенной смертностью в отдалённом послеоперационном периоде и считается самым большим недостатком операции OPCAB. В нашем исследовании не было выявлено существенных различий в выполненных дистальных анастомозах или достигнутой полноте реваскуляризации между пациентами, оперированными с использованием искусственного кровообращения или без искусственного кровообращения, даже при экстренном АКШ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Keeley E.C., Hillis L.D. Primary PCI for myocardial infarction with ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2007;356(01):47–54.
2. Windecker S., Kolh P., Alfonso F., et al. 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *EuroIntervention* 2015;10(09): 1024–1094.
3. Fattouch K., Guccione F., Dioguardi P., et al. Off-pump versus on-pump myocardial revascularization in patients with ST-segment elevation myocardial infarction: a randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137(03):650–656, discussion 656–657.
4. Weiss E.S., Chang D.D., Joyce D.L., Nwakanma L.U., Yuh D.D. Optimal timing of coronary artery bypass after acute myocardial infarction: a review of California discharge data. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135(03):503–511, 511.e1–511.e3.
5. Ibanez B., James S., Agewall S., et al. ESC Scientific Document Group. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2018;39(02):119–177.
6. Locker C., Mohr R., Paz Y., et al. Myocardial revascularization for acute myocardial infarction: benefits and drawbacks of avoiding cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2003;76(03):771–776, discussion 776–777.
7. Rastan A.J., Eckenstein J.I., Hentschel B., et al. Emergency coronary artery bypass graft surgery for acute coronary syndrome: beating heart versus conventional cardioplegic cardiac arrest strategies. *Circulation* 2006;114(1, Suppl): I477–I485.
8. Chamberlain M.H., Ascione R., Reeves B.C., Angelini G.D. Evaluation of the effectiveness of off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients: an observational study. *Ann Thorac Surg* 2002; 73(06):1866–1873.
9. Al-Ruzzeh S., Nakamura K., Athanasiou T., et al. Does off-pump coronary artery bypass (OPCAB) surgery improve the outcome in high-risk patients?: a comparative study of 1398 high-risk patients *Eur J Cardiothorac Surg* 2003;23(01):50–55.
10. Magee M.J., Dewey T.M., Acuff T., et al. Influence of diabetes on mortality and morbidity: off-pump coronary artery bypass grafting versus coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2001;72(03):776–780, discussion 780–781.
11. Biancari F., Mahar M.A., Mosorin M., et al. Immediate and intermediate outcome after off-pump and on-pump coronary artery bypass surgery in patients with unstable angina pectoris. *Ann Thorac Surg* 2008;86(04):1147–1152.
12. Locker C., Shapira I., Paz Y., et al. Emergency myocardial revascularization for acute myocardial infarction: survival benefits of avoiding cardiopulmonary bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 17(03):234–238.
13. Ochi M., Hatori N., Saji Y., Sakamoto S., Nishina D., Tanaka S. Application of off-pump coronary artery bypass grafting for patients with acute coronary syndrome requiring emergency surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2003;9(01):29–35.
14. Kerendi F., Puskas J.D., Craver J.M., et al. Emergency coronary artery bypass grafting can be performed safely without cardiopulmonary bypass in selected patients. *Ann Thorac Surg* 2005;79(03): 801–806.
15. Beckmann A., Funkat A.K., Lewandowski J., et al. Cardiac surgery in Germany during 2014: a report on behalf of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 2015. doi: 10.1055/s-0035–1565257.
16. Roffi M., Patrono C., Collet J.P., et al; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2016;37(03):267–315.
17. Lee D.C., Oz M.C., Weinberg A.D., Lin S.X., Ting W. Optimal timing of revascularization: transmural versus nontransmural acute myocardial infarction. *Ann Thorac Surg* 2001;71(04):1197–1202, discussion 1202–1204.
18. Lamy A., Devereaux P.J., Prabhakaran D, et al; CORONARY Investigators. Five-year outcomes after off-pump or on-pump coronary artery bypass grafting. *N Engl J Med* 2016;375(24):2359–2368.

19. Diegeler A., Börgermann J., Kappert U., et al; GOPCABE Study Group. Off-pump versus on-pump coronary-artery bypass grafting in elderly patients. *N Engl J Med* 2013;368(13):1189–1198.
20. Shroyer A.L., Hattler B., Wagner T.H., et al; Veterans Affairs ROOBY-FS Group. Five-year outcomes after on-pump and off-pump coronary-artery bypass. *N Engl J Med* 2017;377(07):623–632.
21. Halkos M.E., Anderson A., Binongo J.N.G., et al. Operative strategies to reduce cerebral embolic events during on- and off-pump coronary artery bypass surgery: a stratified, prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;154(04):1278–1285.e1.
22. Emmert M.Y., Seifert B., Wilhelm M., Grünenfelder J., Falk V., Salzberg S.P. Aortic no-touch technique makes the difference in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011; 142(06):1499–1506.
23. Jones E.L., Weintraub W.S. The importance of completeness of revascularization during long-term follow-up after coronary artery operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112(02): 227–237.
24. Puskas J.D., Williams W.H., Duke P.G., et al. Off-pump coronary artery bypass grafting provides complete revascularization with reduced myocardial injury, transfusion requirements, and length of stay: a prospective randomized comparison of two hundred unselected patients undergoing off-pump versus conventional coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125(04):797–808.
25. Puskas J.D., Williams W.H., Mahoney E.M., et al. Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: a randomized trial. *JAMA* 2004;291(15):1841–1849.

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru), Мерзляков Вадим Юрьевич,
Ключников Иван Вячеславович, Скопин Антон Иванович, Мамедова Севиндж.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева Минздрава России

РЕЗУЛЬТАТЫ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST

RESULTS OF CORONARY BYPASS SHUTTING IN PATIENTS WITH ACUTE ST-ELEVATION MYOCARDIAL INFARCTION

**A. Jalilov
V. Merzlyakov
I. Klyuchnikov
M. Salomov
S. Mamedova**

Summary. Introduction: The optimal coronary revascularization strategy remains by far the most discussed. Mini-invasive myocardial revascularization is considered as a potentially ideal strategy that avoids a large number of complications, completely eliminating cardiac arrest while achieving surgical goals in a qualitatively similar way.

Objective: to study the immediate results of the surgical treatment of coronary heart disease using mini-invasive myocardial revascularization in patients with myocardial infarction with ST segment elevation.

Materials and methods: The study included the experience of surgical treatment of 61 patients with acute myocardial infarction with ST segment elevation from 2003 to 2015, of which 28 — according to the OPCAB method and 33 — according to the standard CABG method with IR. The groups were comparable in age: the average age in the OPCAB group was 68.5 ± 7.3 years, and in the group of CABG with IR — 69.8 ± 7.7 years ($p = 0.773$).

Results: In both groups, multiple shunting was most often performed: for example, in the MIRM group, shunting of three or more coronary arteries was performed in 26 (92.85%) patients, and in the CABG group with IC, in 30 (90.9%), significant there was no difference ($p > 0.05$). The total duration of operations was 5.6 ± 1.5 hours in OPCAB group and 5.33 ± 1.5 hours in the CABG group with IR and did not have a significant difference ($p > 0.05$).

The total time spent in E.R. and the ICU in the first group (OPCAB) was 19.9 ± 2.5 hours in the second group (CABG IR) — 25.5 ± 2.6 hours, which also did not have a significant difference ($p > 0.05$). A significantly low number of complications ($p < 0.05$) of the respiratory and renal in the postoperative period in patients undergoing minimally invasive myocardial revascularization is noted. In the general group of high-risk patients, both groups did not significantly differ in the frequency of deaths. So, in the MIRM group, the frequency of fatal cases was 7.14% (2 patients), and in the CABG group with IR — 6.06% (2 patients) ($p > 0.05$).

Жалилов Адхам Кахрамонович

*К.м.н., Каршинский филиал республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии
Jalilov_adham@mail.ru*

Мерзляков Вадим Юрьевич

Д.м.н., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Ключников Иван Вячеславович

Д.м.н., профессор, г.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Саломов Махмадшариф

К.м.н., м.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Мамедова Севиндж

К.м.н., м.н.с., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Аннотация. Оптимальная стратегия коронарной реваскуляризации остается на сегодняшний день самой обсуждаемой. Малоинвазивной реваскуляризации миокарда рассматривается как потенциально идеальный метод, позволяющий избежать большого количества осложнений, полностью исключая остановку сердца при одновременном достижении хирургических целей качественно аналогичным образом.

Цель исследования: изучить непосредственные результаты хирургического лечения ИБС с применением малоинвазивной реваскуляризации миокарда у больных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST.

Материалы и методы: В исследование включен опыт хирургического лечения 61 пациента с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST с 2003 по 2015 годы, из них 28 — по методике OPCAB и 33 — по стандартной методике АКШ с ИК. Группы были сопоставимы по возрасту: средний возраст в группе МИРМ составил $68,5 \pm 7,3$ года, а в группе АКШ с ИК — $69,8 \pm 7,7$ года ($p = 0,773$).

Результаты: В обеих группах наиболее часто выполнялось множественное шунтирование: так, в группе малоинвазивной реваскуляризации миокарда (МИРМ) шунтирование трех и более коронарных артерий выполнено у 26 (92,85%) пациентов, а в группе АКШ с ИК — у 30 (90,9%), достоверного различия не имелось ($p > 0,05$). Общая продолжительность операции составила $5,6 \pm 1,5$ ч в группе МИРМ и $5,33 \pm 1,5$ ч в группе АКШ с ИК и не имела значимого различия ($p > 0,05$). Общее время нахождения в ОРИТ в первой группе (МИРМ) составило $19,9 \pm 2,5$ часа во второй группе (АКШ с ИК) — $25,5 \pm 2,6$ часов, что так же не имело значимого различия ($p > 0,05$). Отмечено низкое

Conclusions: minimally invasive myocardial revascularization is more effective in the surgical treatment of patients from the myocardial infarction group with ST segment elevation, which is confirmed by the data obtained during our study.

Keywords: coronary heart disease, surgical treatment, myocardial infarction with ST segment elevation, immediate results, minimally invasive myocardial revascularization, coronary bypass surgery, acute coronary syndrome.

Введение

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составляет 31% и является наиболее частой причиной смертельных исходов во всем мире. В России этот показатель составляет 57,1%, из которых на долю ИБС выпадает 28,9%, что составляет 385 человек на 100 тысяч населения в год [1, 2].

Оптимальная стратегия коронарной ревазуляризации остается на сегодняшний день самой обсуждаемой [3]. Малоинвазивная ревазуляризация миокарда рассматривается как потенциально идеальная методика, позволяющая избежать большого количества осложнений, полностью исключая остановку сердца при одновременном достижении хирургических целей качественно аналогичным образом.

Противоречивость имеющихся данных и отсутствие единства в оценке целесообразности выполнения миниинвазивного коронарного шунтирования у больных ИБС из группы инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST, стали основной причиной выполнения нашего исследования.

Цель исследования

Изучить непосредственные результаты хирургического лечения ИБС с применением малоинвазивной ревазуляризации миокарда у больных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST

Материал и методы

За период с августа 2003 г. по декабрь 2015 г. включительно был прооперирован 61 пациент с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, из них

число осложнений ($p < 0,05$) со стороны легких и почек в послеоперационном периоде у пациентов, перенесших малоинвазивную ревазуляризацию миокарда. Летальность в двух группах не отличалась. Так, в группе МИРМ частота летальных случаев составила 7,14% (2 пациента), а в группе АКШ с ИК — 6,06% (2 больных) ($p > 0,05$).

Выводы: малоинвазивная ревазуляризация миокарда обладает большей эффективностью в хирургическом лечении пациентов из группы с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, что подтверждается данными, полученными при проведении нашего исследования.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, хирургическое лечение, инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, непосредственные результаты, малоинвазивная ревазуляризация миокарда, коронарное шунтирование, острый коронарный синдром.

28 — по методике МИРМ и 33 — по стандартной методике АКШ с ИК.

По шкале операционного риска EuroSCORE II пациенты обеих групп были сопоставимы и не имели статистически значимых различий. Средний балл в группе МИРМ составил $9,2 \pm 1,3$. В группе АКШ с ИК средний балл был несколько ниже, при этом достоверно не различался ($p > 0,05$) и составил $8,4 \pm 1,2$.

Статистическую обработку выполняли с использованием программы STATISTICA 10.0. При характеристике групп применялась описательная статистика (средних величин, а также стандартных отклонений). Результаты исследования принимали за статистически достоверные при значении $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В обеих группах мужчин было больше, чем женщин. Так в группе МИРМ мужчин было 80% (22 пациента), женщин 20% (6 пациентов). В группе АКШ с ИК мужчин 70% (25) и 30% (10) женщин.

Постинфарктный кардиосклероз отмечался в группе пациентов с аортокоронарным шунтированием в условиях ИК — 18 (54,54%), а в группе МИРМ — 11 (40,1%).

Сопутствующие заболевания были отмечены у большинства наших пациентов в обеих группах. Так в группе АКШ с ИК (1 группа) артериальная гипертензия была диагностирована у 29 пациентов (87,8%). В группе МИРМ (2 группа) — 24 (85,71%), ($p > 0,05$). Сахарный диабет в первой группе был отмечен у 11 (33,33%) пациента, когда во второй группе число пациентов с СД составило 9 (32,3%). Пациентов с хронической болезнью почек в группе МИРМ насчитывалось 3 (10,71%), в группе с АКШ с ИК — 8 (24,24%) пациентов. Диагноз хроническая

Таблица 1. Характеристика пациентов

	ОРСАВ (n= 28)	АКШ с ИК (n=33)
Средний возраст	64,6± 7,3	62,8± 7,6
Старше 70 лет	16 (60%)	15 (45,5%)
Женский пол	6 (20%)	10 (30%)
Индекс массы тела	24,3± 4,2	25,2± 4,3
Артериальная гипертензия (%)	24 (85,71%)	29 (87,8%)
ОИМ с подъемом сегмента ST	28 (100%)	33 (100%)
Стенокардия напряжения ФК: 3–4 ФК	8 (28,5%)	9 (27,27%)
Стеноз ствола ЛКА	2 (7,14%)	3 (9,09%)
Перенесенное ТЛБАП + стентирование	2(7,14%)	0

Таблица 2. Выполненные операции

Характер коронарного шунтирования	ОРСАВ (n=28)	АКШ с ИК (n=33)
Секвенциальное коронарное шунтирование левой внутренней грудной артерией	12 (42,85%)	30 (90,90%)
Секвенциальное коронарное шунтирование аутовенозным трансплантатом	15 (53,57%)	10 (30,30%)
Среднее количество шунтов на одного больного	3±1,2	3±1,3

обструктивная болезнь легких, как сопутствующий, был выставлен в группе МИРМ в 27,27% (9 пациентов), а в группе ИК — 21,42% (пациентов). Также в группах мы проанализировали количество пациентов с 2 и более сопутствующими заболеваниями. Так, в группе АКШ ИК количество таких пациентов составило 75,75% (25 пациентов), во второй группе — 78,57% (22 пациента). По данным критериям группы также не имели статистически значимого различия.

В двух группах встречалось поражение различных магистральных артерий. Брахиоцефальные артерии были поражены в группе АШК с ИК у 15 (45,45%), а в группе МИРМ– 6 (21,42%) пациентов. Окклюзия внутренней сонной артерии была отмечено редко. Так, в первой группе (АКШ ИК) — 3 (9,09%), а во второй группе — 1 (3,57%). Поражение магистральных артерий нижних конечностей у пациентов, перенесших АКШ с ИК составило 24,24% (8), тогда как у больных после КШ на работающем сердце — 14,28% (4). При этом группы не имели статистически значимого различия.

Таким образом, пациенты обеих групп были сопоставимы по исходной тяжести основного заболевания,

по тяжести сопутствующей патологии и тяжести поражения различных артерий и не имели достоверного различия по показателям EuroSCORE II.

Аортокоронарное шунтирование передней межжелудочковой ветви было проведено и в первой, и во второй группах у всех пациентов: 33 (100%) и 28 (100%), соответственно. Шунтирование диагональных ветвей у больных, перенесших КШ с ИК проводилось в 12 (36,36%) случаях, когда в группе МИРМ — у 11 (39,28%) пациентов. Промежуточная артерия была шунтирована в первой группе у 42,42% (14), во второй группе — 7, 14 (2). Ветвь острого края, как в первой группе, так и во второй шунтировалась редко: АКШ ИК — 9,09 (3), МИРМ — 7,14 (2).

Среднее количество шунтов на одного пациента в группе МИРМ составило 3,11±1,04, а в группе АКШ с ИК оно было несколько ниже — 2,15±1,03 и имело достоверное различие ($p = 0,073$). Количество шунтированных артерий в двух группах составляло от 2 до 5. Как в первой группе, так и во второй шунтированию подвергались следующие артерии: передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии, диагональные ветви,

левая краевая ветвь, задняя боковая ветвь правой коронарной артерии, левая венечная артерия, ветви тупого края, правая коронарная артерия. Два шунта выполнены у 18 (29,50%), 3–30 (49,1%) пациентов, 4–12 (19,67%) пациентов, 5–1 (1,63%) пациента.

На ИВЛ пациенты первой группы (АКШ с ИК) находились в среднем $14,4 \pm 1,08$ ч., во второй группе (МИРМ) — в среднем $10,8 \pm 1,06$. При аналогичном объеме операции общая ее продолжительность составила $5,28 \pm 1,5$ ч в группе МИРМ и $5,27 \pm 1,6$ ч в группе АКШ с ИК и не имела значимого различия ($p > 0,05$).

Сроки лечения больных в ОРИТ составили: в среднем $20,3 \pm 4,3$ ч для группы ОРСАВ, и $34,4 \pm 9,3$ ч для группы АКШ с ИК, что показало статистически значимое различие между группами ($p = 0,0015$).

Острая сердечная недостаточность, потребовавшая проведения ВАБКП, имела место у 6 (21,42%) пациентов группы АКШ с ИК и у 2 (6,06%) в группе ОРСАВ и имела достоверное различие ($p = 0,0018$). В 3 случаях острая сердечная недостаточность стала причиной летального исхода. У 1 больного ее развитие было связано с исходной тяжестью основной патологии

Частота цереброваскулярных осложнений в группе АКШ с ИК составила 2 (6,06%) случая, они включали в себя следующие виды осложнений: энцефалопатия у 1 (3,03%), транзиторная ишемическая атака (ТИА) — также у 1 (3,03%). Острое нарушение мозгового кровообращения в группе МИРМ было выявлено только у 1 пациента.

Обе группы достоверно не различались по частоте летальных случаев. Так, в группе МИРМ частота летальных случаев составила 7,14% (2 пациента), а в группе АКШ с ИК — 6,06% (2 больных) ($p > 0,05$).

Рассмотрим подробнее госпитальную смертность в группе МИРМ и в группе АКШ с ИК. В первой группе у пациентов причиной летального исхода стала полиорганная недостаточность, развившаяся на фоне острого инфаркта миокарда (ОИМ) в раннем послеоперацион-

ном периоде. ОИМ сопровождался тяжелой ОСН, которая потребовала проведения ВАБКП.

Во второй группе было 2 летальных исхода. В 1 случае причиной смерти была полиорганная недостаточность, к которой привела исходная тяжесть состояния, обусловленная тяжелой сердечной недостаточностью до оперативного вмешательства. У 2 пациентов причиной летального исхода послужила полиорганная недостаточность, обусловленная первичным нарушением функции почек.

Выводы

Мы выполнили операции на работающем сердце МИРМ для реваскуляризации миокарда у пациентов с ОКС с подъемом сегмента ST и сравнили непосредственные результаты с таковыми при традиционной АКШ в условиях искусственного кровообращения. Наш опыт показывает, что МИРМ является предпочтительным методом реваскуляризации миокарда для пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, которые могут плохо переносить остановку сердца на фоне искусственного кровообращения.

Исходя из полученных данных нашего исследования, летальность между группами пациентов, перенесших коронарное шунтирование с искусственным кровообращением и пациентов с малоинвазивной реваскуляризацией миокарда, статистически достоверно не отличалась. Однако устранение перекрестного пережатия аорты и необходимости остановки сердца, могут обеспечить кардиозащиту от обязательной глобальной интраоперационной ишемии миокарда при АКШ с ИК. Это может быть особенно полезно у больных с подъемом сегмента ST или у пациентов с низкой фракцией выброса левого желудочка.

Таким образом, можно сделать вывод о высокой эффективности малоинвазивной реваскуляризации миокарда в хирургическом лечении пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST

ЛИТЕРАТУРА

1. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В., Ощепкова Е.В., Шальнова С.А., Яровая Е.Б., Конради А.О., Бойцов С.А., Кавешников В.С., Серебрякова В.Н., Трубачева И.А. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции больных с артериальной гипертензией. Кардиология. 2014; 54(10):4–121.
2. Вайсман Д.Ш. Система анализа статистики смертности по данным “Медицинских свидетельств о смерти” и достоверность регистрации причин смерти. Электронный научный журнал “Социальные аспекты здоровья населения” 18.04.2013 г.
3. Bilgehan Erkut, MD, Ozgur Dag, MD, Mehmet Ali Kaygin, MD, Mutlu Senocak, MD, Husnu Kamil Limandal, MD, Umit Arslan, MD, Adem Kiyimaz, MD, Ahmet Aydin, MD, Nail Kahraman, MD, and Eyup Serhat Calik, MD On-pump beating-heart versus conventional coronary artery bypass grafting for revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction: early outcomes Can J Surg. 2013 Dec; 56(6): 398–404. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

4. Misare B.D., Krukenkamp I.D., Lazer Z.P., Levitsky S. Recovery of postischemic contractile function is depressed by antegrade warm continuous blood cardioplegia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;105:37–44. [PubMed] [Google Scholar]
5. Mehlhon U., Allen S.J., Adams D.L., Davis K.L., Gogola G.R., Warters R.D. Cardiac surgical conditions induced by beta-blockers: effect on myocardial fluid balance. *Ann Thorac Surg.* 1996;62:143–150. doi: 10.1016/0003–4975(96)00221–4. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
6. Enrico Ferrari, 1 Nicolas Stalder, 1 and Ludwig K von Segesser;. On-pump beating heart coronary surgery for high risk patients requiring emergency multiple coronary artery bypass grafting 1J *Cardiothorac Surg.* 2008 3: 38[PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru) Мерзляков Вадим Юрьевич,
 Ключников Иван Вячеславович, Саломов Махмадшариф, Мамедова Севиндж, .
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева Минздрава России

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ, КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ТЯЖЕЛОГО ТЕЧЕНИЯ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19)

ARTERIAL HYPERTENSION AS A RISK FACTOR FOR THE DEVELOPMENT OF A SEVERE COURSE OF A NEW CORONAVIRUS INFECTION (COVID-19)

S. Kagramanova
E. Chicherina

Summary. This work is devoted to the study of the effect of patients with arterial hypertension and a new coronavirus infection. The aim of this work is to find the relationship between arterial hypertension and unfavorable outcomes of a new coronavirus infection. The objective of the study is to analyze 2236 cases of patients with a new coronavirus infection in order to establish unfavorable outcome risk factors. There was a statistically significant difference ($p < 0.05$) in the proportion of patients whose condition required oxygen support between the group of patients with comorbid pathology and the group of patients who did not have history of concomitant chronic diseases. There was also a statistically significant difference ($p < 0.05$) in the proportion of patients whose condition required oxygen support between the group of patients with comorbid pathology and the group of patients with a history of arterial hypertension only.

Keywords: arterial hypertension, new coronavirus disease, risk factor, unfavorable prognosis.

Каграманова Сабина Руслановна

Аспирант, Кировский государственный медицинский университет

kagramanovasabina@gmail.com

Чичерина Елена Николаевна

Д.м.н., профессор, Кировский государственный медицинский университет

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния артериальной гипертензии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Целью данной работы является нахождение взаимосвязи между артериальной гипертензией с неблагоприятными исходами новой коронавирусной инфекции. Задача исследования — анализ 2236 историй болезней пациентов с новой коронавирусной инфекцией с целью установления факторов риска ее неблагоприятного исхода. Было выявлено статически значимое различие ($p < 0,05$) по доле пациентов, состояние которых потребовало кислородной поддержки, между группой пациентов с коморбидной патологией и группой пациентов, не имеющих в анамнезе сопутствующих хронических заболеваний. Так же было отмечено статически значимое различие ($p < 0,05$) по доле пациентов, состояние которых потребовало кислородной поддержки, между группой пациентов с коморбидной патологией и группой пациентов, имеющих в анамнезе только артериальную гипертензию.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, новая коронавирусная болезнь, фактор риска, неблагоприятный прогноз.

Вспышка новой коронавирусной болезни 2019 года (COVID-19), вызванная коронавирусом тяжелого острого респираторного синдрома типа 2 (SARS-CoV-2), превратилась в глобальную пандемию с тех пор, как она возникла в Ухане, Китай, в декабре 2019 год и до сих пор вызывает бесчисленное количество заболеваний и смертности. В настоящее время третья и четвертая волны пандемии коронавирусной болезни –19 (COVID-19) вызывают хаос во многих частях мира. Хотя программы вакцинации были запущены в большинстве стран, появление новых штаммов вируса наряду с географическими вариациями приводит к различным показателям эффективности имеющихся вакцин. Возбудитель, новый одноцепочечный РНК-содержащий бетакоронавирус, названный SARS-CoV-2, относится к семейству Corona-viridae. По данным исследовательского центра по COVID-19 Джона Хопкинса на апрель 2022 года статистика пациентов COVID-19 в мире вы-

глядит следующим образом: зараженных — 498154313, летальных исходов — 6176420, вместе с тем в России: зараженных — 17720977, летальных исходов — 364011 [1]. У многих людей, инфицированных SARS-CoV-2, симптомы отсутствуют или проявляются в легкой форме, люди с хроническими заболеваниями, такими как болезни почек, бронхолегочной системы, сердечно-сосудистой системы, сахарный диабет или ожирение, имеют повышенный риск тяжелого течения COVID-19 или повышенной риск смертности [2]. Недавние исследования показывают, что одной из основных причин смертности пациентов с COVID-19 являются сердечно-сосудистые заболевания, повышающие восприимчивость и тяжесть течения COVID-19, а также связаны с неблагоприятным прогнозом заболевания [3]. Среди сердечно-сосудистых заболеваний артериальная гипертензия получила широкое признание как независимый фактор риска тяжести течения и смертности у пациентов с COVID-19 [4,5],

Таблица 1. Сравнительная характеристика по группам исследования

Показатель	1 группа n= 467	2 группа n= 569	3 группа n= 852
Возраст, лет Me (Q1 — Q3)	61 (55–67)	66 (61–74)	52 (41–65)
Число дней госпитализации, Me (Q1 — Q3)	11 (11–13)	11 (8–13)	11 (9–13)
Количество дней с момента заболевания до госпитализации Me (Q1 — Q3)	2 (1–3)	2 (0–4)	2 (0–4)
ИМТ, Me (Q1 — Q3)	29 (25–32)	29 (26–33)	27 (24–30)
% поражения легочной ткани, Me (Q1 — Q3)	25 (12–35)	25 (12–32)	20 (10–30)
Доля пациентов, потребовавших кислородной поддержки, % (CI95%)	2,57 (1,49–4,46)	7,21 (5,36–9,64)*	2,1(1,35–3,32)

* различие статистически значимо ($p < 0,05$)

и признана одним из самых фатальных сопутствующих заболеваний [6,7].

Артериальная гипертензия является самым распространенным фактором заболеваний сердечно-сосудистой системы. Распространенность артериальной гипертензии в мире имеет тенденцию к росту, и на 2019 год составляла 59% (55–62) женщин и 49% (46–52) мужчин [8]. Ясность в понимании распространенности сопутствующих заболеваний, и, в частности, артериальной гипертензии, имеет решающее значение для терапевтических стратегий ведения пациентов с COVID-19.

Цель исследования

Дать оценку влияния коморбидной патологии, на клиническое течение коронавирусной болезни –19 (COVID-19).

Материалы и методы

В ходе исследования был проведен анализ 2236 историй болезни пациентов, проходивших лечение в инфекционных госпиталях на территории Кировской области на базе КОГБУЗ “Больница скорой медицинской помощи” с 12.06.2020 по 31.01.2021 в инфекционном отделении № 4 (1363 пациента) и инфекционном отделении № 3 (873 пациента). Среди 2236 пациентов: женщин 1369, мужчин 867 (61% и 39% соответственно). Медианный возраст среди всех пациентов составил 59 лет (Me 50–67), медианный возраст женщин — 60 лет (Me 51–67), мужчин — 59 лет (Me 47–67). Все пациенты были разделены на группы: в 1 группу вошли 467 пациентов, имеющих в анамнезе только одно сопутствующее заболевание — артериальную гипертензию, 2 группу составили 569 пациентов с сочетанной коморбидной патологией, включающей в том числе и артериальную гипертензию. В 3 группу вошли 852 пациента, которые не имели в анамнезе сопутствующих хронических заболеваний. Стати-

стическая обработка включала описание и сравнительный анализ учетных признаков. Количественные данные представлены медианой (Me) и интерквартильным размахом (Q1 — Q3), качественные учетные признаки представлены в виде относительных величин — процентов (P%) и их 95% доверительных интервалов. Доверительные интервалы относительных величин рассчитаны методом Монте-Карло с помощью программы WinBUGS. Оценка статистической значимости различий выборочных количественных данных выполнена с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни (возраст, число дней госпитализации, ИМТ, % поражения легочной ткани), оценка статистической значимости различия выборочных качественных данных выполнена с помощью критерия χ^2 (хи-квадрат) с поправкой на непрерывность Йетса (доля пациентов, потребовавших кислородной поддержки). Критическим уровнем статистической значимости различий выборочных данных — (p) выбрано значение $p < 0,05$. Мощность представленных критериев статистического анализа адекватна объему сравниваемых выборок и критическому уровню значимости различий ($p < 0,05$). Статистический анализ выполнен с помощью программ: MS Excel и Statistica 13.0.

Результаты и обсуждение

Структура сопутствующей патологии среди 2236 пациентов представлена следующим образом: практически половина из них — 46,3% (1036 пациентов) имели в анамнезе артериальную гипертензию; сахарный диабет — 13,5% (302 пациента); 9,0% (203 пациента) имели заболевания желудочно-кишечного тракта; у 7,6% была зарегистрирована ишемическая болезнь сердца (171 пациент), включающая 25 пациентов с проведенным аортокоронарным шунтированием в анамнезе; 6,3% (142 пациента) имели заболевания бронхолегочной системы; нарушение ритма сердца по типу фибрилляции предсердий — 5,9% (132 пациента); заболевание почек — 3,3% (74 пациента), онкологические заболевания — 3,0% (69

пациентов), заболевания щитовидной железы — 2,6% (59 пациентов).

Проведенный сравнительный анализ влияния артериальной гипертензии на тяжесть течения коронавирусной инфекции с учетом коморбидной патологии представлен в таблице 1.

Согласно представленным данным, было выявлено статически значимое различие по доле пациентов, состояние которых потребовало кислородной поддержки, между группой пациентов с коморбидной патологией и группой пациентов, не имеющих в анамнезе сопутствующих хронических заболеваний ($\chi^2 = 20,04$, $p < 0,001$). Так же было отмечено статически значимое различие по доле пациентов, состояние которых потребовало кислородной поддержки, между группой с коморбидной патологией и группой пациентов, имеющих в анамнезе только артериальную гипертензию ($\chi^2 = 10,42$, $p < 0,01$).

Таким образом, наличие артериальной гипертензии в сочетании с другой коморбидной патологией является более значимым фактором риска развития неблагоприятного течения коронавирусной болезни — 19 (COVID-19), требующего кислородной поддержки пациентов. Анализ структуры сопутствующих болезней у пациентов с COVID-19 позволил выявить тройку лидеров коморбидной патологии, наряду с артериальной гипертензией. Ими явились — сахарный диабет, заболевания желудочно-кишечного тракта и ишемическая болезнь сердца. Требуется проведение дополнительных исследований по изучению сочетанного воздействия факторов неблагоприятного влияния на течение коронавирусной инфекции и отслеживания статически значимых различий с учетом гендерных, возрастных особенностей и комбинации отягощающих факторов. Эти данные могут оказать существенную помощь в выстраивании правильной стратегии и прогнозировании эффективности лечения пациентов с COVID-19 и артериальной гипертензией.

ЛИТЕРАТУРА

1. COVID19 Dashboard global map. (Электронный ресурс). URL: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (дата обращения: 12.04.2022).
2. Steenblock C., Schwarz P.E.H., Ludwig B., Linkermann A., Zimmet P., Kulebyakin K., et al. COVID-19 and metabolic disease: mechanisms and clinical management. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2021; 9:786–98.
3. Liu P.P., Blet A., Smyth D., Li H. The Science underlying COVID-19: Implications for the cardiovascular system. *Circulation*; 2020;142(1):68–78.
4. Zhou F., Yu T., Du R., Fan G., Liu Y., Liu Z., et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2020; 395:1054–62.
5. Shibata S., Arima H., Asayama K., Hoshida S., Ichihara A., Ishimitsu T., et al. Hypertension and related diseases in the era of COVID-19: a report from the Japanese Society of Hypertension Task Force on COVID-19. *Hypertens. Res.* 2020; 43:1028–46.
6. Wang Z., Yang B., Li Q., Wen L., Zhang R. Clinical features of 69 cases with coronavirus Disease 2019 in Wuhan, China. *Clin. Infect Dis.* 2020; 71:1–9.
7. Guan W.J., Liang W.H., Zhao Y., Liang H.R., Chen Z.S., Li Y.M., et al. Comorbidity and its impact on 1,590 patients with COVID-19 in China: A nationwide analysis. *Eur. Respir. J.* 2020; 55(5): 2000547.
8. Bin Z., Rodrigo M.C., Goodarz D., et al. Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants *Lancet* 2021; 398: 957–80.

© Каграманова Сабина Руслановна (kagramanovasabina@gmail.com), Чичерина Елена Николаевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМО-ВЫВИХОВ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

MODERN TECHNOLOGIES OF SURGICAL TREATMENT OF FRACTURE-DISLOCATIONS OF THE ANKLE JOINT

**N. Kallaev
A. Ataev
T. Kallaev
N. Mirzoev
A. Magaramov**

Summary. The work is based on the study of the outcomes of treatment of 215 patients with fracture-dislocations of the ankle joint using an external fixation apparatus with a dynamic compression device. The use of the osteosynthesis method allows you to get early functional rehabilitation of the joint and improve outcomes. Good anatomical and functional results were 73.8% satisfactory – 19.8%, unsatisfactory — 4.1%.

Keywords: osteosynthesis, fracture, patients, apparatus of extravagant fixation.

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
nazhmudin_K@mail.ru

Атаев Алевдин Рашитханович

Д.м.н., ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
drataev57@mail.ru

Каллаев Тамерлан Нажмудин

К.м.н., ФГБОУ ФНКЦ ФМБА России (Москва)
tamerlanK@mail.ru

Мирзоев Назим Эмирович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Магарамов Абдула Магарамович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
abdulla-magaramov@yandex.ru

Аннотация. Работа основана на изучении исходов лечения 215 больных с переломо-вывихами голеностопного сустава с помощью аппарата внешней фиксации с устройством динамической компрессии. Применение метода остеосинтез позволяет получить раннюю функциональную реабилитацию сустава и улучшить исходы. Хорошие анатомо-функциональные результаты составили 73,8% удовлетворительные-19,8% неудовлетворительные — 4,1%.

Ключевые слова: остеосинтез, перелом, пациенты, аппарат внешней фиксации.

Введение

Актуальность проблемы лечения повреждений голеностопного сустава объясняется анатомо-функциональными и биомеханическими особенностями сегмента конечности. Для голеностопного сустава и стопы в большинстве случаев различаются методы и способы лечения, разработанные применительно к другим сегментам конечностей. Всё это свидетельствует не только о сложности и многоплановости рассматриваемой

проблемы, но и её большой практической значимости. (Д.И. Черкес-Заде, Ю.Ф. Каменев, 1995) Среди всех травм нижней конечности, повреждения стопы и голеностопного сустава составляют от 17 до 32%, а процент неудовлетворительных исходов консервативного и оперативного лечения, по данным различных авторов достигает до 30. Процент выхода на инвалидность по обобщенным данным при повреждениях голеностопного сустава составляет от 7 до 30% (Каралин А.Н., Раков Н.А., 2010, Ключевский В.В. и соавт., 2010). По данным литературы наи-

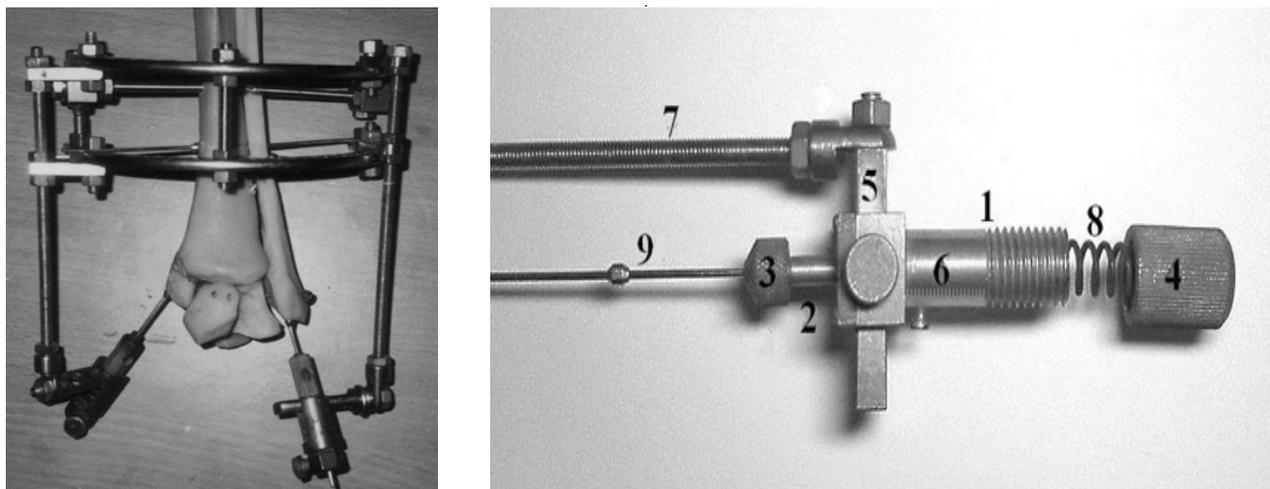


Рис. 1. А — Остеосинтез модели супинационного переломо-вывиха голеностопного сустава с устройствами динамической компрессии. Б — Внешний вид компрессирующего устройства.

большее количество неудач лечения этого вида травм отмечается в группе тяжелых переломо-вывихов голеностопного сустава (Лосев И.И. и соавт., 2010).

Цель

Целью настоящей работы было оптимизировать исходы лечения больных с и переломо-вывихами голеностопного сустава с использованием возможностей разработанного нами аппарата внешней фиксации с устройством динамической компрессии.

Материал и методы

Работа основана на анализе лечения 215 больных в возрасте от 18 до 81 года с закрытыми (161 больных) и открытыми (54 больных) переломо-вывихами голеностопного сустава за период с 2004 по 2015 гг., которым восстановление нарушенных анатомических соотношений в суставе было достигнуто с помощью аппарата внешней фиксации и устройства динамической компрессии (а.с. № 1731200). Аппарат внешней фиксации представлен в виде внешне-В опоры (дуги от аппарата Илизарова), противоупорных спице-стержневых фиксаторов и компрессирующего устройства (рис. 1). Количество последних зависит от типа повреждения и числа костных фрагментов. Пружинный механизм устройства обеспечивает динамическое давление упорной конструкции (стержень, спица) на костный фрагмент, с учётом биологической резорбции в зонах костной раны.

Принцип метода состоит в обеспечении устойчивой фиксации костных отломков в правильном положении, при минимуме имплантируемых в ткани конструкций, без угрозы вторичного смещения при раннем сохране-

нии движений в суставе. Показаниями к применению метода были переломы типа А1, А2, А3, В1, В2, В3, С1, С2 (по классификации АО/ASIF). При разрывах дистального межберцового синдесмоза обеспечивалась стабилизация диастаза контролируемой встречно боковой компрессией спицами с упорными площадками.

Активное восстановление утраченной функции суставе начинали в раннем послеоперационном периоде. Сроки фиксации в аппарате зависели от типа повреждения и составили в среднем $28,6 \pm 2,8$ дней при изолированных переломах лодыжек, от $61,7 \pm 3,8$ до $70,4 \pm 4$, пронационных и супинационных переломо-вывихах, соответственно и при повреждениях типа Потто или Десто — $53,7 \pm 2,9$ дней. К концу иммобилизационного периода у 21 из 26 больных с переломами внутренней и наружной лодыжек отмечено полное восстановление движений в суставе.

Результаты и обсуждение

Восстановление движений голеностопного сустава выявлено при супинационных переломах через $16,7 \pm 1,2$ дня после прекращения фиксации в аппарате, через $21,5 \pm 2,6$ дней при пронационных переломах и через $(9,6 \pm 1,4)$ дней при переломах Потто и Десто. Ближайшие результаты были типичными для остеосинтеза переломов аппаратами внешней фиксации: инфицирование мягких тканей вокруг спиц и стержней. Только в двух случаях пришлось демонтировать аппарат внешней фиксации в связи с погрешностями амбулаторного периода. Отдалённые исходы изучены у 116 (53,9%) больных сроки от 3-х до 5 лет. Хорошие анатомо-функциональные результаты получены у 88 (73,3%) пациентов, удовлетворительные — у 23 (19,8%) и неудовлетворительные — у 5 (4,1%).

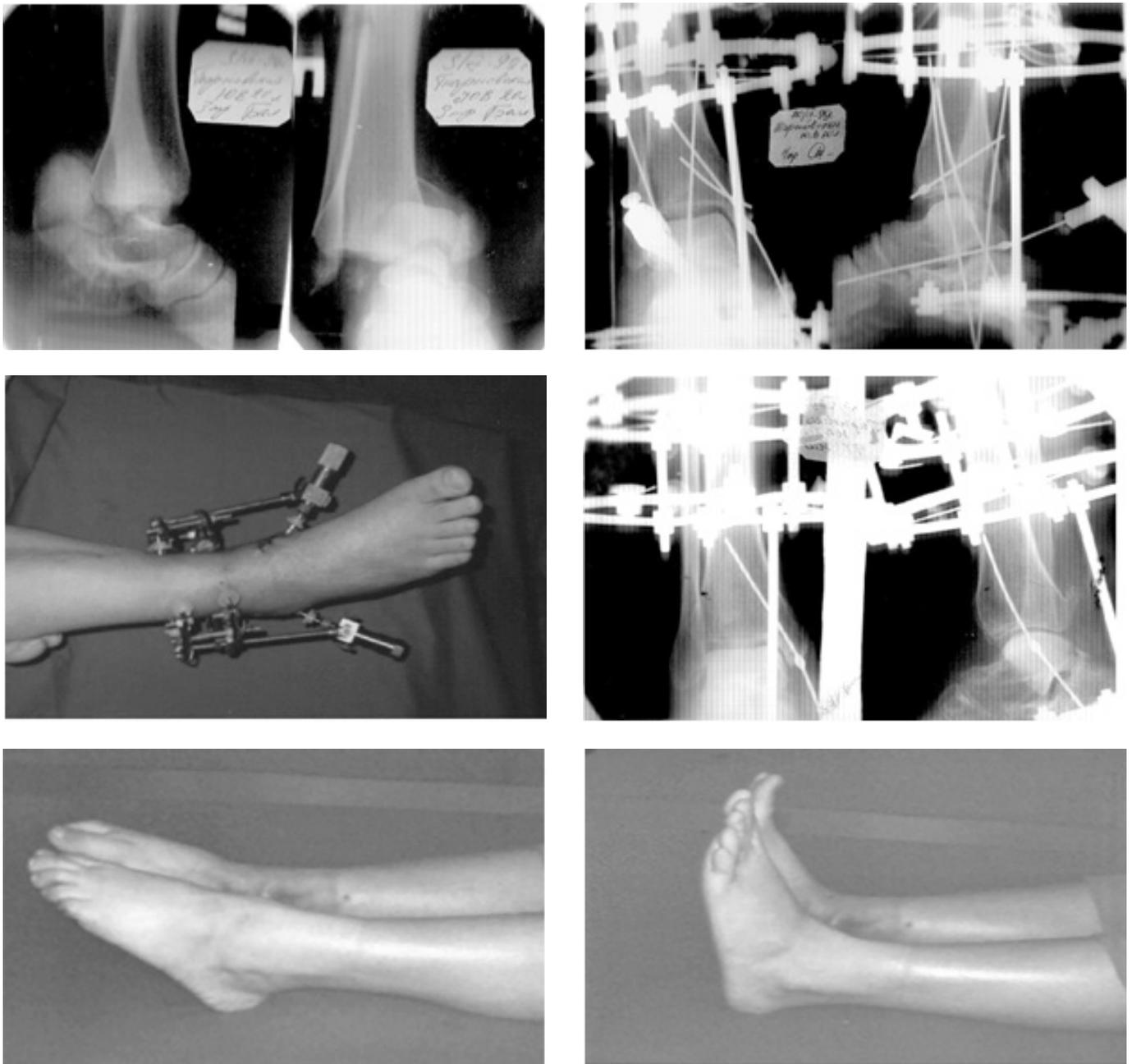


Рис. 2. Больная Т., 20 лет. Открытый перелом внутренней лодыжки правой голени о со смещением, оскольчатый переломо-вывих правой таранной кости, вывих стопы кзади и к внутри; А — при поступлении; Б — компрессионный остеосинтез переломо-вывиха голеностопного сустава; В — внешний вид конечности после компрессионного остеосинтеза переломо-вывиха; Г — через пять недель после операции, удалены часть фиксаторов. Д, Е — функция сустава через пять недель после снятия аппарата внешней фиксации

Предлагаем клиническое наблюдение.

Больная Т., 20 лет, студентка, (и/б № 9068/99) поступила в клинику травматологии через 30 минут после травмы по поводу открытого перелома, дистального метаэпифиза большеберцовой кости со смещением,

оскольчатого переломо-вывиха таранной кости, и вывиха стопы кзади и внутри (рис. А). Через час после поступления в клинику под проводниковой анестезией двумя доступами — медиальным линейным, проходящим параллельно нормальной оситаранной кости и *a. talonavicularis*. и переломо-вывиха таранной кости, устранен

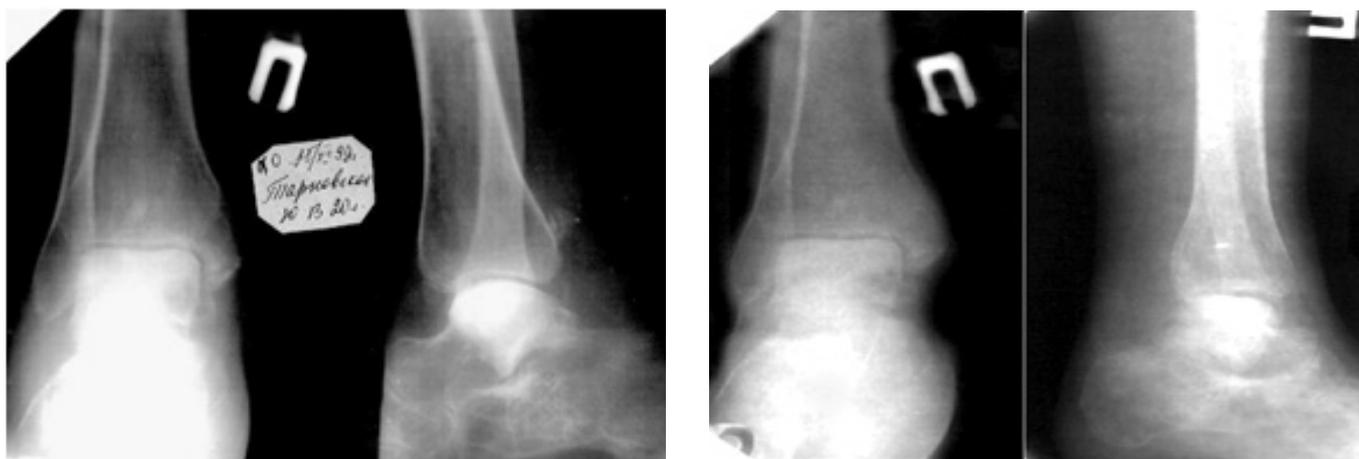


Рис. 2 (продолжение). Ж — рентгенограмма через пять недель после снятия аппарата внешней фиксации; З — через пять лет после операции.

вывих стопы латеральным — по складке кожи разрезом Ollier выполнено открытое вправление перелома-вывиха. С целью временной стабилизации, голеностопный сустав фиксирован трансартикулярно спицами Киршнера, осуществлен компрессионный остеосинтез таранной кости и внутренней лодыжки (рис Б, В). Проведена туннелизация таранной кости с целью улучшения ее васкуляризации. Послеоперационное течение без осложнений. Через три недели после операции удалены спицы, фиксирующие голеностопный сустав и таранную кость (рис. Г). Аппарат снят через три месяца после операции (рис. Ж). Объем движений в суставе 62о (рис. Д,Е). Начата реабилитационная гимнастика для голеностопного и подтаранного суставов. Осмотрена через 5 лет, выявлен посттравматический деформирующий артроз надтаранного и подтаранного суставов (рис. 3). Умеренные боли при нагрузке, полная опороспособность конечности. Результат 90 баллов.

Неудовлетворительные результаты с развитием деформирующих артрозов выявлены в 5 случаях, в трёх наблюдениях отмечены параартикулярные оссификаты и в одном случае — контрактура сустава. Основными причинами неудовлетворительных исходов были тяжёлые открытые перелома-вывихи голеностопного

сустава, поздние оперативные вмешательства, связанные с повторными неудачными репозициям и также несоблюдение больными лечебно-реабилитационного режима. В одном наблюдении у больной с открытым переломом обеих лодыжек со смещением с подвывихом стопы внутри и переломом таранной кости, имело место развитие деформирующего артроза над- и подтаранного суставов и асептического некроза таранной кости.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый метод компрессионного остеосинтеза при переломах и перелома-вывихах голеностопного сустава при минимуме имплантируемых в ткани конструкций обеспечивает надёжную фиксацию сравнительно небольших костных фрагментов без угрозы вторичного смещения. Способ лечения позволяет сохранить движения сустава в раннем послеоперационном периоде, сокращает сроки лечения и снижает риск развития осложнений.

Метод лечения малоинвазивен, не требует повторного оперативного вмешательства для удаления металлических фиксаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш Ю.А., Мандоров Д.В., Балаян В.Д., Магомедов У.М. Оптимизация лечения нестабильных переломов лодыжек с использованием чрескостного остеосинтеза. Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов и ортопедов. Москва, 16–19 сентября 2014. С 84–85.
2. Каллаев Н.О., Компрессионный остеосинтез около- и внутрисуставных переломов. «Ульяновский дом печати». Ульяновск. 1999. 184 с.
3. Каралин А.Н., Раков Н.О. Оценка результатов лечения тяжёлых перелома-вывихов голеностопного сустава. Сборник тезисов IX съезда травматологов-ортопедов. Том 1 Саратов. 15–17 сентября 2010 г. С. 161.
4. Кулаченко Е.В., Варзар С.А. Применение динамического фиксатора при хирургическом лечении переломов наружной лодыжки с повреждением межберцового синдесмоза. Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов и ортопедов. Москва, 16–19 сентября 2014. С 21–23.

5. Кумзеров П.Н., Ключевский В.В., Литвинов И.И., Тимувшев А.А., Соловьёв И.Н. Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов и ортопедов. Москва, 16–19 сентября 2014. С 84–85.
6. Левченко К., Костин О.Н., Мандров Д.В., Вартамян Н.Г. Комбинированный остеосинтез переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости. Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов и ортопедов Москва, 16–19 сентября 2014. С 136.
7. Лосев И.И., Ардатов С.В., Огурцов Д.А., Панкратов А.С. Новый комплексный подход в лечении пациентов со сложными лодыжечными переломами. Материалы X юбилейного Всероссийского съезда травматологов и ортопедов Москва, 16–19 сентября 2014. С.139.
8. Черкес-Заде Д.И., Каменев Ю.Ф. Хирургия стопы. Москва. Медицина. 1995. 288 с.

© Каллаев Нажмудин Омаркадиевич (nazhmudin_K@mail.ru), Атаев Алевдин Рашитханович (drataev57@mail.ru),
 Тамерлан Нажмудин (tamerlanK@mail.ru), Мирзоев Назим Эмирович,
 Магарамов Абдула Магарамович (abdulla-magaramov@yandex.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

СТЕПЕНЬ ЗАБРЮШИННОЙ КОМПРЕССИИ И СОСТОЯНИЕ ЭНДОТЕЛИЯ ПРИ РЕТРОПЕРИТОНЕАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

THE DEGREE OF RETROPERITONEAL COMPRESSION AND THE STATE OF THE ENDOTHELIUM DURING RETROPERITONEAL OPERATIONS

**Yu. Lobanov
S. Lobanov
N. Vasiltsova
L. Lobanov**

Summary. To perform endosurgical operations in the retroperitoneal space, it is necessary to create and maintain a retroperitoneum. In this case, there is pressure on the surrounding tissues and vessels, especially venous pressure. In this case, there is a slowdown in blood flow and an increased risk of thromboembolic complications. The level of safety of retroperitoneal compression is not well understood. The purpose of the work: to study the function of the endothelium and platelet aggregation, at various degrees of carbon dioxide pressure in maintaining retroperitoneum during retroperitoneal endosurgical operations. Studies were carried out in 46 patients. The first group included 22 patients operated on at a pressure regimen of less than 12 mm Hg. The second group included 24 patients with a regimen of –12–16 mm Hg.

Results and discussion. No significant changes in the studied parameters were found in the 1st group of patients. In the second group, an increase in the level and speed of induced aggregation by 11% and 14% was found, as well as a significant increase in the level of endothelin-1 and circulating endothelial cells, in the third, the most pronounced changes in these indicators were found. *Conclusion.* At higher compression (over 12 mmHg), induced platelet aggregation increases and signs of endothelial dysfunction appear, which may indicate a microcirculation disorder and an increased risk of thrombotic complications.

Keywords: retroperitoneal space, platelet aggregation, endothelial dysfunction.

Лобанов Юрий Сергеевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»
yuriilobanov@mail.ru

Лобанов Сергей Леонидович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия»
slobanov15@mail.ru

Васильцова Наталья Александровна

Врач-хирург, городская клиническая больница № 1,
г. Чита
Nvas95@mail.ru

Лобанов Леонид Сергеевич

К.м.н., городская клиническая больница № 1, г. Чита
leonid.lobanov74@mail.ru

Аннотация. Для выполнения эндохирургических операций в забрюшинном пространстве необходимо создание и поддержание ретроперитонеума. При этом возникает давление на окружающие ткани и сосуды, особенно венозное. При этом возникает замедление кровотока и повышается риск тромбозомболических осложнений. Уровень безопасности забрюшинной компрессии изучен недостаточно. Цель работы: изучение функции эндотелия и агрегации тромбоцитов, при различной степени давления углекислого газа при поддержании ретроперитонеума во время забрюшинных эндохирургических операций. Исследования проведены у 46 пациентов. В первую группу включены 22 больных, оперированных при режиме давления менее 12 мм рт.ст., во вторую 24 человека при режиме – выше 16 мм рт.ст.

Результаты и обсуждение. Не обнаружено значимых изменений исследуемых показателей в 1 группе пациентов. Во второй группе, обнаружено увеличение уровня и скорости индуцированной агрегации на 11% и 14%, а также значимое увеличение уровня эндотелина-1 и циркулирующих эндотелиальных клеток, в третьей обнаружены наиболее выраженные изменения указанных показателей. *Заключение.* При более высокой компрессии (свыше 16 мм.рт.ст.) происходит усиление индуцированной агрегации тромбоцитов и появляются признаки дисфункции эндотелия, что может свидетельствовать о нарушении микроциркуляции и повышении риска тромботических осложнений.

Ключевые слова: ретроперитонеальное пространство, агрегация тромбоцитов, дисфункция эндотелия.

Таблица 1. Динамика показателей гемостаза и функции эндотелия до и после операции у пациентов 1 группы (n=20) при режиме ретропневмоперитонеума до 12 мм.рт.ст.

Показатели	До операции	После операции	P
Степень ЛТА (лимфоцитарно-тромбоцитарная адгезия)%	3,7 ±0,2	0,34±0,5	P>0,05
Степень индуцированной агрегации тромбоцитов%	43,8±6,1	49±5,2	P>0,05
Время индуцированной агрегации тромбоцитов сек.	237 ±11,3	251±8,7	P>0,05
Скорость индуцированной агрегации тромбоцитов% в мин.	64,9±10,4	77,1±7,8	P>0,05
Эндотелин-1 (нг/мл)	0,75 ±0,30	0,83 ±0,21	-P>0,05
ЦЭК (циркулирующие эндотелиальные клетки)%	4,41±0,81	4,46±1,1	P>0,05

Изучение состояния эндотелия при различных патологических процессах и состояниях представляет значительный интерес. Считается, что именно дисфункция эндотелия является одним из триггеров играющим роль в нарушении микроциркуляции и возникновении тромбоэмболических осложнений (ТЭО). В последние годы активное развитие получила хирургия забрюшинного пространства, с использованием эндохирургических инструментов [1,2,3]. К преимуществам данного подхода относится анатомически оптимальный путь к органам забрюшинного пространства и отсутствие контакта с брюшной полостью [4, 5]. При этом, необходимо создать пространство для манипуляций, за счет постоянной инсуффляции газа. Вследствие возникает абдоминальная гипертензия, реакции организма на которую достаточно подробно изучены [6]. Что касается последствий компрессии, создаваемой в забрюшинном пространстве, данная проблема изучена недостаточно. Дополнительным и малоизученным с точки зрения тромбоопасности, фактором является сдавление мягких тканей забрюшинного пространства и изменение кровотока. В связи с этим изучение данного круга проблем является актуальным, для определения границ безопасности забрюшинной компрессии, а также профилактики ТЭО. Одной из малоизученных в патогенезе тромбообразования проблем, является реакция эндотелия сосудистой стенки. Известно, что его повреждение может возникнуть при нарушении микроциркуляции, вследствие компрессии тканей [7]. Вместе с тем остается неясным влияние гипертензии при поддержании ретропневмоперитонеума на состояние эндотелия при проведении малоинвазивных вмешательств в забрюшинном пространстве.

Цель

Целью работы явилось изучение реакций эндотелия и активности тромбоцитов, при разном уровне ком-

прессии при поддержании ретропневмоперитонеума, во время операций.

Материал и методы

Исследования проведены у 39 больных, оперированных по поводу кист почек с помощью эндохирургической технологии с использованием ретроперитонеального доступа в городской клинической больнице № 1 и Краевой клинической больнице г. Читы за 2018–2021 г.г. Техника операции: при стандартном положении больного на операционном столе, делается разрез кожи в поясничной области в зоне края 12 реберной дуги около 2 см. Тупо и послойно преодолевается мышечный слой до клетчатки. Через углубление в клетчатке вводится баллон-диссектор и осуществляется его наполнение 1,8–2,0 л. воздуха, после чего баллон извлекается и устанавливаются два дополнительных троакара. Ретропневмоперитонеум создается и поддерживается автоматически, с помощью инсуффлятора Karl Storz. Уровень давления зависел от индивидуальных анатомических особенностей для создания адекватного пространства. Перед началом и после окончания операции проводили забор крови из локтевой вены, второй раз кровь забирали после удаления газа из забрюшинного пространства. По степени гипертензии создаваемой в забрюшинном пространстве по ходу операции, выделены две группы однородные по полу и возрасту, массе тела также по длительности оперативного вмешательства. В первую группу включены 20 больных, у которых уровень давления не превышал 12 мм рт.ст., Во вторую 19 пациентов, при уровне компрессии –16 мм.рт.ст. и выше. В качестве маркеров венозного тромбоза определяли следующие показатели: агрегацию тромбоцитов с использованием индуктора агрегации АДФ в концентрации 0,2мкмоль; лимфоцитарно-тромбоцитарную адгезию (ЛТА) по методу Ю.А. Витковского с соавт. [8]; функции эндотелия: уровень эндотелина-1, количество циркулирующих

Таблица 2. Динамика показателей гемостаза и функции эндотелия до и после операции у пациентов 2 группы (n=19) при режиме ретропневмоперитонеума выше 16 мм.рт.ст.

Показатели	До операции	После операции	% изменения
Степень ЛТА (лимфоцитарно-тромбоцитарная адгезия)%	4,0 ±1,7	9,5 ±3,6	P<0,05
Степень индуцированной агрегации тромбоцитов%	48,1±6,3	87,4±4,9	P<0,05
Время индуцированной агрегации тромбоцитов сек.	261±8,8	184,4±50	P<0,05
Скорость индуцированной агрегации тромбоцитов% в мин	56,9±5,7	93,7±6,1	P<0,05
Эндотелин-1(нг/мл)	0,53 ±0,2	0,97 ±0,18	P<0,05
ЦЭК клетки)%	4,37±0,24	8,92±0,31	P<0,05

эндотелиальных клеток (ЦЭК) методом твердофазного иммуноферментного анализа с помощью реагентов «Biomedica group». Сравнивали показатели полученные до и после наложения ретропневмоперитонеума. До операции и через двое суток после операции проводили измерение окружности нижних конечностей в симметричных участках на уровне средней трети голени и бедра. Расценивали, как отек, увеличение окружности более чем на 1,5 см.

Статистический анализ проводился с помощью пакета программ Microsoft Office 2021, с применением параметрических (критерий Стьюдента) и непараметрических (критерий Манна-Уитни) статистических методов. Критический уровень значимости при проверке гипотез $p=0.05$.

Результаты и обсуждение

При изучении результатов в 1 группе пациентов с применением давления инсуфлируемого газа в брюшинном пространстве ниже 12 мм.рт.ст. не выявлено статистически значимых изменений показателей агрегации тромбоцитов (табл. 1).

Во второй группе, при более высокой компрессии (свыше 16 мм.рт.ст) выявлено увеличение спонтанной агрегации тромбоцитов на 19% (0.04228).(Таблица 2).

Установлено, что повышенном давлении в брюшинном пространстве у больных 2 группы приводит к увеличению уровня индуцированной агрегации на 11% (0.0443), при этом степень индуцированной агрегации увеличивалась на 14%($p=0.0125$). Под действием выбранного режима ретропневмоперитонеума происходило сокращение времени индуцированной агрегации на 10% ($p=0.0125$), в свою очередь скорость индуцированной агрегации возрастала на 13%($p=0.00482$). Во 2 группе обнаружено значимое увеличение уровня эндотелина-1 и ЦЭК, а также степени ЛТА. Установлено, что

на вторые сутки после операции, отек конечностей выявлен у 3 из 20 пациентов первой группы (15%). Во второй группе у 14 из 24 (58%).

Заключение

Данные изменения агрегационных свойств тромбоцитов демонстрируют увеличение их активности в ответ на создание искусственной полости с поддержанием давления за счёт инсуфлируемого газа в брюшинном пространстве выше 12 мм.рт.ст. Вероятнее всего компрессия сосудистого русла за счет увеличения объема брюшинного пространства приводит к выбросу vasoактивных веществ из эндотелиальных клеток, в том числе факторов активации тромбоцитов. Данный защитный механизм направлен на формирования барьера с внешней средой, для поддержания гемостаза и формирования иммунного ответа.

При анализе результатов исследования среди пациентов второй группы оперированных пациентов при более высоком уровне компрессии в брюшинном пространстве, обнаружены значимые изменения, свидетельствующие о признаках дисфункции эндотелия. Вероятно, более высокое давление при создании и поддержании ретропневмоперитонеума приводит к компрессии тканей и сосудистых структур, как в брюшной полости, так и в брюшинном пространстве, что приводит к нарушению микроциркуляции, замедлению кровотока, гипоксии, повреждению эндотелия и повышению активности тромбоцитов, что может являться фактором риска тромбоэмболических осложнений. Вместе с тем подтвержденных по данным УЗИ случаев возникновения тромбоэмболических осложнений, среди всех включенных в исследование пациентов, не выявлено. Вместе с тем, несмотря на относительную безопасность данных оперативных вмешательств, следует учитывать риски, связанные с повышенной компрессией при создании и поддержании ретропневмоперитонеума, для планирования профилактических мероприятий в случаях дли-

тельных операций с высоким уровнем давления инсультного газа.

Выводы

1. Поддержание ретропневмоперитонеума в течении эндохирургической операции ниже 12 мм рт.ст. не сопровождается значимыми изменени-

ями функции эндотелия и активности тромбоцитов.

2. При создаваемой компрессии более 16 мм.рт.ст. выявлено повышение индуцированной агрегации тромбоцитов и появление признаков дисфункции эндотелия, что свидетельствует о нарушении микроциркуляции и соответственно повышении риска тромботических осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gray S.; Christensen M.; Craft J. The gastro-renal effects of intra- abdominal hypertension: Implications for critical care nurses. *Intensive Crit. Care Nurs.* 2018, 48, 69–74
2. Rogers W.K., Garcia L. Intraabdominal hypertension, abdominal compartment syndrome, and the open abdomen. *Chest.* 2018;153(1):238–250.
3. Reintam Blaser A., Regli A., De Keulenaer B., et al. Incidence, risk factors, and outcomes of intra-abdominal hypertension in critically ill patients — a Prospective Multicenter Study (IROI study). *Crit Care Med.* 2019;47(4):535–542.
4. Lombardo R. Retroperitoneoscopy in urology: a systematic review. Lombardo R. [et al] *Minerva Urol Nefrol.* 2019 Jan 2. doi: 10.23736/S0393–2249.18.03235–6. [Epub ahead of print] PMID:30607927
5. De Crea C., Raffaelli M., D'Amato G., et al. Retroperitoneoscopic adrenalectomy: tips and tricks. *Updat Surg.* 2017;69:267–70.
6. Лобанов Ю.С., Лобанов С.Л., Шаповалов К.Г. Изменение микроциркуляции при интраабдоминальной гипертензии в хирургии // *Новости хирургии.* 2018, № 4 с. 465–472.
7. Дорофиев Н.Н. Роль сосудистого эндотелия в организме и универсальные механизмы изменения его активности (обзор литературы). *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2018;(68):107–116. https://doi.org/10.12737/article_5b1a0351210298.18315210
8. Витковский Ю.А., Кузник Б.И., Солпов А.В. Патогенетическое значение лимфоцитарно-тромбоцитарной адгезии. *Медицинская иммунология.* 2006. Т. 8. № 5–6. С. 745–753.

© Лобанов Юрий Сергеевич (yuriilobanov@mail.ru), Лобанов Сергей Леонидович (slobanov15@mail.ru),
Васильцова Наталья Александровна (Nvas95@mail.ru), Лобанов Леонид Сергеевич (leonid.lobanov74@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПЛАЦЕНТАРНОГО ФАКТОРА В СРОКЕ ГЕСТАЦИИ 11–14 НЕДЕЛЬ РОСТА КАК ПРЕДИКТОРА ПРЕЭКЛАМПСИИ

INFORMATION VALUE OF ASSESSING THE LEVEL OF PLACENTAL FACTOR IN GESTATION 11–14 WEEKS OF GROWTH AS A PREDICTOR OF PREECLAMPSIA

*I. Sakhautdinova
I. Gerasimova*

Summary. The aim of the study was to determine the informativeness of the assessment of the level of placental growth factor at gestational age 11–14 weeks as a predictor of preeclampsia.

Material and methods of research: We conducted a retrospective case-control study: we included 34 patients with realized preeclampsia in group I, 66 patients without preeclampsia were selected in group II. We examined placental growth factor in each group at 11–14 weeks of gestation.

Research results and conclusions Patients with early preeclampsia had significantly lower levels of placental growth factor. Isolated determination of placental growth factor may improve perinatal outcomes by enhancing the ability to prevent preeclampsia.

Keywords: early preeclampsia, placental growth factor, predictor of preeclampsia.

Сахаутдинова Индира Венеровна

*Д.м.н., профессор, главный врач, ЧУЗ «Клиническая
больница «РЖД-Медицина» г. Уфа»; Башкирский
Государственный Медицинский Университет
Indira2172@yandex.ru*

Герасимова Ирина Вениаминовна

*Клинический госпиталь «Мать и Дитя», Уфа;
ООО МД Проект 2010; Башкирский государственный
медицинский университет
Dr.afanasyeva@mail.ru*

Аннотация. Цель исследования — определить информативность оценки уровня плацентарного фактора роста в сроке гестации 11–14 недель как предиктора преэклампсии.

Материал и методы исследования. Проведено ретроспективное исследование случай-контроль: в I группу нами были включены 34 пациентки с реализовавшейся преэклампсией, во II группу отобраны 66 пациенток, беременность, роды и послеродовой период гипертензивными расстройствами не осложнились. В каждой группе проведено исследование плацентарного фактора роста в 11–14 недель беременности.

Результаты исследования и выводы. У пациенток с ранней преэклампсией отмечены достоверно более низкие уровни плацентарного фактора роста. Изолированное определение плацентарного фактора роста может улучшить перинатальные исходы за счет расширения возможностей профилактики преэклампсии.

Ключевые слова: ранняя преэклампсия, плацентарный фактор роста, предиктор преэклампсии.

Введение

Одними из наиболее частых причин материнской смертности помимо послеродовых кровотечений и инфекций по данным Всемирной организации здравоохранения являются гипертензивные расстройства [1]. Наиболее серьезными из данной категории заболеваний являются преэклампсия и эклампсия, частота реализации которых в среднем составляет от 3 до 5% [2]. Высокая социальная значимость преэклампсии обусловлена ее повсеместной распространенностью, тяжестью перинатальных исходов и большим числом возможных осложнений [3]. В настоящее время существует более 40 известных теорий развития и реализации преэклампсии, но наиболее доказан-

ной является плацентарная теория, сущность которой заключается в аномальной инвазии трофобласта.

На первом этапе в норме инвазия цитотрофобласта происходит в децидуальные сегменты спиральных артерий, вторая же волна инвазии реализуется за счет миграции клеток внутрисосудистого цитотрофобласта в глубь стенок миометральных сегментов спиральных артерий, стимулируя синтез цитокинов, молекул адгезии и факторов роста. Итогом адекватной миграции является морфологическая перестройка мышечно-эластических волокон в фибриноид мышечного слоя спиральных артерий, обеспечивающая адекватный кровоток, необходимый для успешного завершения беременности [4].

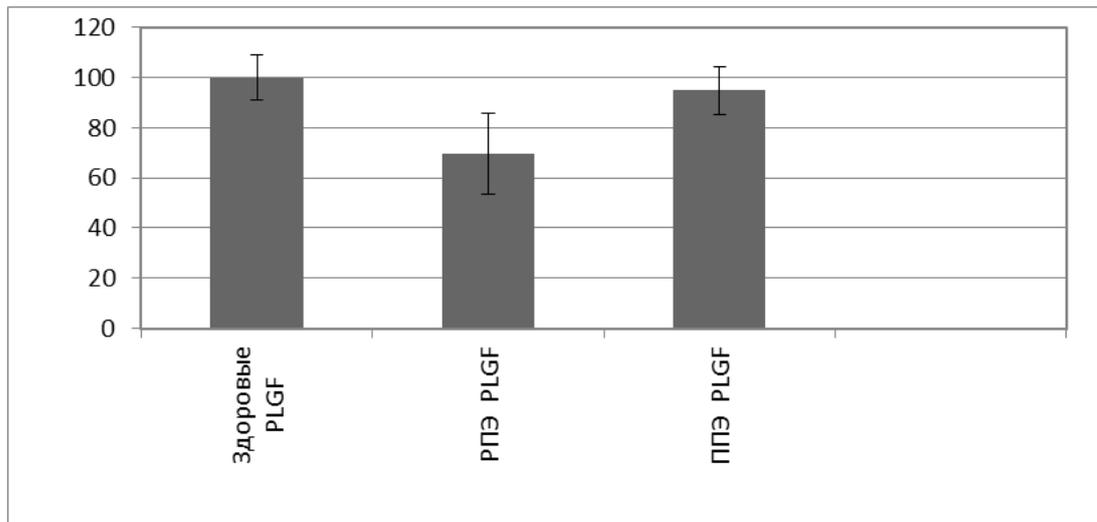


Рис. 1. PIGF в исследуемых группах, %

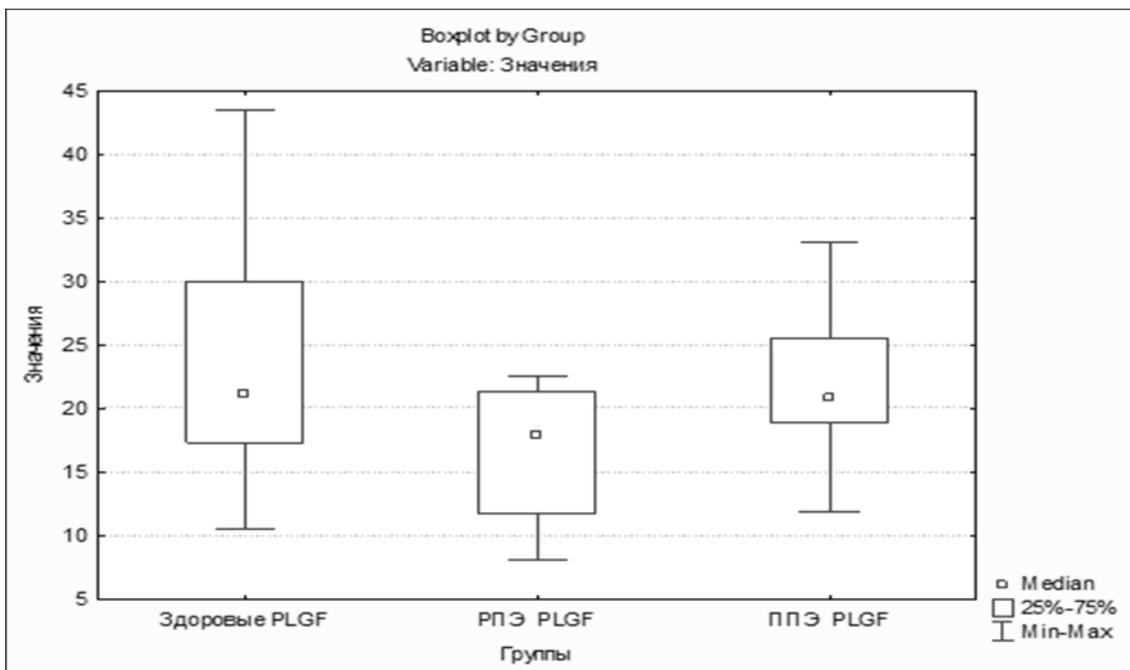


Рис. 2. Медиана и межквартильный интервал по параметру: PIGF

В случае реализации преэклампсии, поток трофобластов изначально крайне обеднен, что и обуславливает некорректную перестройку спиральных артерий, вызывающую недостаточное кровоснабжение плода [5]. В результате аномальной цитотрофобластической инвазии развивается плацентарная ишемия, которая в свою очередь приводит к высвобождению плацентарных факторов и дисбалансу ангиогенных факторов, вызывая широко распространенную эндотелиальную дисфункцию.

Основную роль в процессах ангиогенеза играют члены семейства сосудисто-эндотелиального фактора роста. Фактор роста плаценты (PIGF) представляет собой гомодимерный гликопротеин, относящийся к подгруппе сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF), секретируемый гигантскими клетками трофобласта и координирующий васкуляризацию в decidua и плаценте.

Оценка уровня PIGF входит в скрининговый тест на возможную реализацию преэклампсии, рекомен-

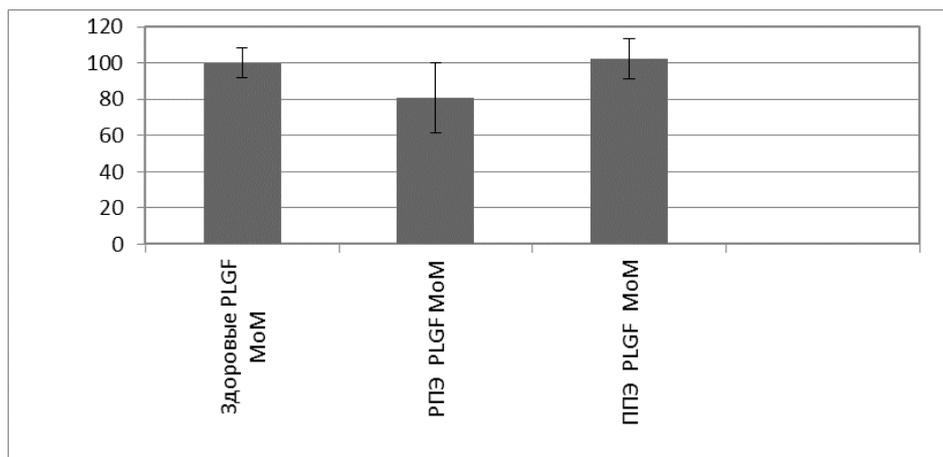


Рис. 3. PIGF в МоМ в исследуемых группах, %

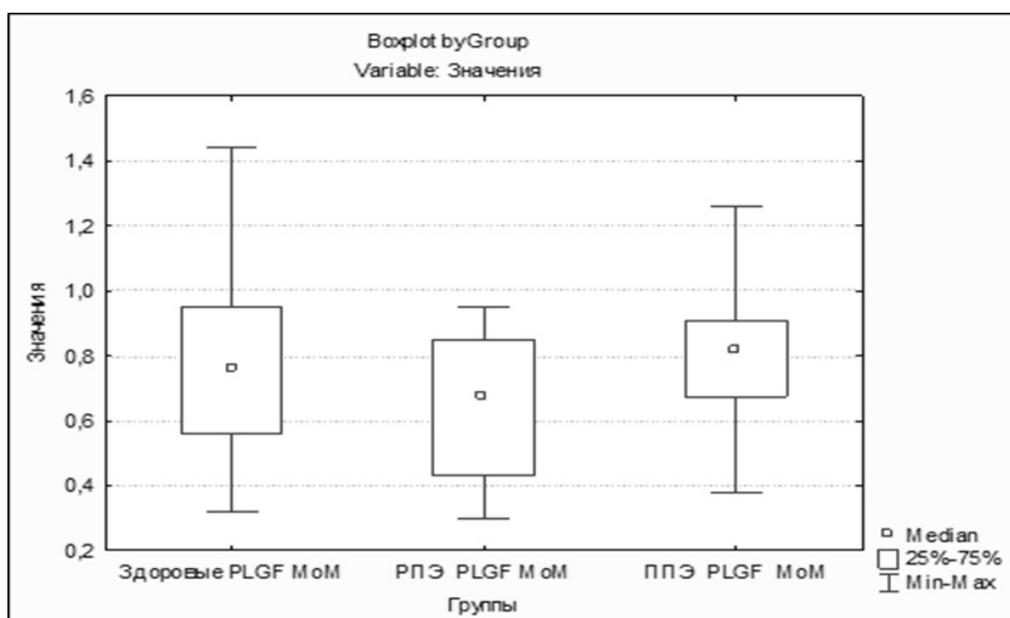


Рис. 4.

дованный Фондом медицины плода (FMF). Он основан на оценке PIGF, пульсационного индекса маточных артерий, материнских факторов риска и среднего уровня артериального давления. Однако, применение теста возможно не для всех медицинских учреждений и данный диагностический алгоритм не имеет широкой валидации для российской популяции. Кроме того, наш интерес к изучению PIGF вызван возрастающим количеством беременных, отказывающихся от комплексного проведения скрининга 1 триметра по личным и религиозным соображениям, однако, согласных проводить дополнительные исследования, результаты которых могут повлиять на тактику акушера, учитывая возможность

проведение профилактики реализации преэклампсии путем применения низких доз аспирина.

Цель исследования

Оценить диагностическую значимость PIGF в 11–14 недель гестации как предиктора преэклампсии.

Материалы и методы

Мы провели ретроспективное сравнительное рандомизированное исследование, изучив 588 карт ведения

беременности и выделив из них 34 карты пациенток с тяжелыми формами преэклампсии. Все пациентки находились на учете по беременности в структуре госпиталей «Мать и Дитя» в различных городах. Ретроспективно были изучены карты беременных женщин в период с 2014-по 2017 годы. В I группу отнесены 34 пациентки с реализовавшейся тяжелой преэклампсией, во II группу выделено 66 пациенток без преэклампсии. Критериями включения пациенток в I группу были: тяжелая преэклампсия, осложнившая течение беременности и родов. Критерии исключения: тяжелая соматическая патология, аномалии плода (по результату скрининга), многоплодная беременность, а также отказ пациентки от включения в исследование. Внутри I группы мы выделили 2 подгруппы Ia- пациентки с ранней преэклампсией (РПЭ) (до 34 недель)- 10 человек, Ib- пациентки с поздней преэклампсией (ППЭ)- 24 человека.

Уровень PIGF в сыворотке измерялся с помощью автоматизированного устройства (PIGF 1–2–3™, платформа произвольного доступа DELFIA® Xpress; PerkinElmer Inc. Wallac Oy, Турку, Финляндия). Были исследованы как абсолютные значения, так и МоМ (в кратном медиане с поправкой на гестационный возраст).

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики [Гареев Е.М.], пакета программ Statistica 10.0. Нормальность распределения данных определяли с помощью критерия Шапиро-Вилка. Оценку значимости различий проводили с вычислением медианы и межквартильного интервала, дисперсионный анализ — с помощью H-критерия Краскела-Уоллиса, для множественных сравнений использовали Q-критерий Дана. Критический уровень значимости p для статистических критериев принимали равным 0,05[6].

Результаты и обсуждение

Среднее значение уровня PIGF в группе Ia составило $16,19 \pm 1,91$ pg/ml, в группе Ib $22,00 \pm 1,12$ pg/ml, во II группе $23,19 \pm 1,06$ pg/ml, результаты в процентном соотношении представлены на рис. 1. Мы определили достоверно низкие по отношению к контролю значения PIGF в группе Ia.

Описательные статистические данные по PIGF представлены на рис. 2.

Мы выявили статистически достоверные более низкие цифры уровня PIGF в группе пациенток с ранней преэклампсией по сравнению с группой здоровых ($p=0,05$).

При оценке параметра PIGF в МоМ для Ia группы среднее значение составило $0,64 \pm 0,08$, Ib группы- $0,81 \pm 0,05$, для группы II- $0,79 \pm 0,03$, результаты в процентном соотношении представлены на рис. 3. Достоверных отличий по данному параметру по отношению к контрольной группе выявить не удалось.

Описательные статистические данные PIGF в МоМ представлены на рис. 4

Статистически достоверной разницы между группами Ia и II ($p=0,37$), Ib и II ($p=1,0$) выявить не удалось.

Выводы. Наиболее информативной для изолированной оценки параметра PIGF является его абсолютная величина. Мы также считаем, что для лечебных учреждений, где не предусмотрено проведение комбинированного скрининга преэклампсии, а также для пациенток, воздержавшихся от его проведения, измерение уровня PIGF может улучшить перинатальные исходы.

ЛИТЕРАТУРА

1. WHO 2019. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>.
2. Smith AN, Wang X, Thomas DG, Tatum RE, Booz GW, Cunningham MW. The Role of Mitochondrial Dysfunction in Preeclampsia: Causative Factor or Collateral Damage? *Am J Hypertens*. 2021 May 22;34(5):442–452. doi: 10.1093/ajh/hpab003
3. S. Rana, E. Lemoine, J. Granger, S.A. Karumanchi Preeclampsia. *Circ Res*, 124 (2019), pp. 1094–1112, 2 ACOG Practice Bulletin No. 202: Gestational Hypertension and Preeclampsia *Obstet Gynecol*, 133 (2019), pp. e1-e25
4. M.A. Brown, et al. The hypertensive disorders of pregnancy: isshp classification, diagnosis & management recommendations for international practice *Pregnancy Hypertens.*, 13 (2018), pp. 291–310
5. K. Pankiewicz, E. Szczerba, T. Maciejewski, A. Fijalkowska Non-obstetric complications in preeclampsia *Prz Menopauzalny*, 18 (2019), pp. 99–109
6. Гареев Е.М. Основы математико-статистической обработки медико-биологической информации. — Уфа: Изд-во ГОУ ВПО «Башгосмедуниверситет Розддрава». — 2009. — 346с.

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЭНДСКОПИЧЕСКОГО ГЕМОСТАЗА У БОЛЬНЫХ С НЕВАРИКОЗНЫМИ ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНЫМИ КРОВОТЕЧЕНИЯМИ

MODERN AND PROMISING METHODS OF ENDOSCOPIC HEMOSTASIS IN PATIENTS WITH NON-VARICEAL BLEEDING

**Z. Totikov
V. Totikov
R. Hubetsova
T. Kaziev
L. Logvina**

Summary. Non-variceal gastroduodenal bleeding remains an urgent problem worldwide. Despite the development of endoscopic technologies, the rates of complications, mortality, and material costs for the treatment of this category of patients remain high. To date, the most common methods of endoscopic hemostasis are: injection hemostasis, thermocoagulation, argon plasma coagulation, clipping. In recent years, more and more attention has been paid to new improved endoscopic methods for stopping bleeding, including when traditional methods do not achieve the desired result. This review highlights foreign experience in the use of new endoscopic methods of hemostasis such as the OTSC system, Overstitch endoscopic stapling device, endoscopic ligation, coagrasper, radiofrequency ablation, cryotherapy and hemostatic sprays.

Keywords: non-variceal gastroduodenal bleeding, endoscopic hemostasis.

Тотиков Заурбек Валерьевич

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ
z-totikov@mail.ru*

Тотиков Валерий Зелимханович

*Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ
vz-totikov@mail.ru*

Хубецова Рамина Аликовна

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ
chubetsova91@mail.ru*

Казиев Тимур Таймуразович

*Аспирант, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ
tmrkzv@mail.ru*

Логвина Лариса Леонтьевна

*К.м.н., доцент, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик
logvina.larisa2021@mail.ru*

Аннотация. Неваарикозные гастродуоденальные кровотечения остаются актуальной проблемой во всем мире. Несмотря на развитие эндоскопических технологий сохраняются высокими показатели осложнений, летальности, а также материальные затраты на лечение данной категории больных. На сегодняшний день наиболее распространенными методами эндоскопического гемостаза являются: инъекционный гемостаз, термокоагуляция, аргоноплазменная коагуляция, клипирование. В последние годы все больше внимания стало уделяться новым усовершенствованным эндоскопическим методам остановки кровотечений, в том числе, когда традиционные методы не позволяют достичь желаемого результата. В данном обзоре освещается зарубежный опыт применения новых эндоскопических методов гемостаза таких как система OTSC, эндоскопическое сшивающее устройство Overstitch, эндоскопическое лигирование, коаграспер, радиочастотная абляция, криотерапия и гемостатические спреи.

Ключевые слова: неваарикозные гастродуоденальные кровотечения, эндоскопический гемостаз.

Гастродуоденальное кровотечение (ГДК) — это распространенная ургентная хирургическая патология, которая приводит к большому числу осложнений, летальных исходов и требует существенных материальных затрат на лечение [1,2]. Оно может проявляться остро в виде массивного кровотечения с быстрым ухудшением состояния больного или протекать скрытно с медленным развитием клинических проявлений [3,4]. Все ГДК разделяются на варикозные и неварикозные. Чаще всего причинами неварикозных гастродуоденальных кровотечений (НГДК) являются: язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, острые симптоматические язвы, синдром Меллори-Вейсса, эрозивный эзофагит, гастрит, дуоденит, болезнь Деллафуа, артериовенозные мальформации, а также опухоли верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Несмотря на достижения современной лекарственной терапии, эндоскопии, интенсивной терапии и хирургии летальность в данной группе пациентов достигает 10–14% [6,7].

Развитие и широкое распространение эндоскопических методов гемостаза во многом способствовало снижению потребности в хирургическом вмешательстве и снижению летальности [8]. Эндоскопический гемостаз (ЭГ) включает в себя инъекционные, термические и механические методы. Наиболее распространенным и широко используемым среди традиционных методов ЭГ является инъекционный гемостаз, выполнение которого как правило не представляет существенных технических сложностей и не требует больших материальных затрат [5]. Однако один инъекционный гемостаз менее эффективен, чем его комбинация с термическими и механическими методами, такими как электрокоагуляция, аргонплазменная коагуляция, клипирование и т.д. [9,10]. В обзоре I.M. Gralnek et al. [11] было показано, что комбинированный ЭГ снижает риски рецидива кровотечения, хирургического вмешательства и летальности при пептических язвах с продолжающимся кровотечением или признаками высокого риска.

Тем не менее несмотря на дальнейшие усовершенствования, традиционные методы ЭГ не всегда способны обеспечить надежный гемостаз при первичной остановке кровотечения или предотвратить рецидивное кровотечение, частота которого по данным литературы достигает 10–24% [12–14]. Язвы задней стенки двенадцатиперстной кишки или малой кривизны желудка, активно кровоточащие во время эндоскопии, язвы диаметром более 2 см или с кровоточащим сосудом более 2 мм являются одними из основных предикторов повторного кровотечения [15]. В последние годы, особенно в зарубежной литературе, наблюдается возрастающий интерес к разработке и изучению эндоскопических методов для более эффективного достижения гемостаза и преодоления ограничений традиционных эндоскопических методов.

Клипсы Ovesco

Как показали результаты многих исследований, механические методы ЭГ более эффективны, чем только инъекции или термические воздействия [5]. В последние годы с целью клипирования кровоточащих дефектов верхних отделов ЖКТ была внедрена система Ovesco-Over-the-Scope Clip (OTSC) [16]. Первый успешный опыт использования системы OTSC для лечения больных с желудочно-кишечными кровотечениями и перфорациями был опубликован A. Kirschniak et al. 2007 [17]. С тех пор данное устройство стало широко использоваться для закрытия желудочно-кишечных свищей и перфораций, а также остановки желудочно-кишечных кровотечений, особенно при больших хронических и каллезных язвах, в том числе при локализациях, где применение обычных клипс бывает затруднено и малоэффективно [18].

В настоящее время доступны три версии клипс OTSC (клипсы с тупыми зубьями, клипсы с острыми зубьями и с длинными промаркированными зубьями для закрытия перфораций стенок желудка) [19]. Благодаря своей уникальной конструкции и эластичным свойствам нитиновая клипса OTSC закрывается и обеспечивает необходимый эффект за счет приложения постоянной окружающей силы сжатия, достаточной для остановки кровотечения из крупных дефектов слизистой и кровеносных сосудов [20].

Многими авторами система клипс Ovesco была признана безопасной и эффективной при неварикозных желудочно-кишечных кровотечениях [5]. Repici et al в 2009 году [21] были опубликованы первые результаты наблюдений 9 пациентов (7 пациентов с желудочно-кишечными кровотечениями), в лечении которых использовались данные клипсы. Затем появился ряд других ретроспективных исследований, в которых для достижения гемостаза использовалась система OTSC [22–31]. В период с 2016 по 2018 гг. было опубликовано четыре ретроспективных исследования с уже большим числом наблюдений (67–93 случая). Предварительные результаты этих исследований продемонстрировали высокую эффективность метода (78–100%) с низким числом рецидивов кровотечения (<1%). В то же время, в ретроспективном анализе, проведенном Brandler и соавторами [31] рецидивное кровотечение наблюдалось примерно в 26% случаев, а в исследовании Lamberts и др. [30] в 35%.

A. Schmidt et al. [32] опубликовали единственное проспективное рандомизированное многоцентровое исследование, сравнивающее OTSC со стандартным лечением (клипсы TTS или термокоагуляция плюс инъекции адреналина) при тяжелых рецидивирующих гастродуоденальных кровотечениях. Согласно этому исследова-

нию, в группе пациентов при лечении которых использовались клипсы Ovesco, частота неудачных попыток гемостаза составила 6,0%, в то время как при стандартном лечении — 42,4%. Так же в группе OTSC наблюдалось статистически значимое снижение частоты рецидивов ЖКК в период наблюдения до 30 дней от момента гемостаза. Однако частота повторных кровотечений в течение первой недели наблюдения существенно не различалась между группами. Н. Kobara et al. [33] в своей работе проанализировали 1517 случаев лечения больных с НГДК с применением OTSC, при этом общая эффективность OTSC для остановки кровотечения составила 85% с риском осложнений около 1,7% [33].

Одним из основных преимуществ системы OTSC является простота ее использования, не требующая специальных эндоскопических навыков для имплантации клипсы [33]. В то же время, по мнению некоторых авторов, с помощью данной системы довольно сложно клипировать хронические, каллезные язвенные дефекты [5].

Система Overstitch

Эндоскопическое сшивающее устройство для выполнения мини инвазивных эндоскопических вмешательств было впервые предложено A.N. Kalloo et al. [34] в 2004 году. С момента своего создания эндоскопическое сшивающее устройство Overstitch постоянно совершенствовалось и было успешно использовано в различных эндоскопических процедурах, включая закрытие желудочно-кишечных свищей, перфораций, несостоятельности анастомоза, а также при эндоскопических диссекциях в подслизистом слое [35–37].

Система Overstitch была признана многообещающим методом лечения неварикозных гастродуоденальных кровотечений из-за ее способности закрывать большие дефекты слизистой оболочки после того, как традиционные методы не позволяли достичь гемостаза. А. Agarwal et al. [38] в своем исследовании проанализировали 10 случаев использования системы Overstitch и продемонстрировали, что эндоскопическое сшивающее устройство может успешно применяться для остановки кровотечения из крупных пептических язв. При этом среднее время процедуры составило $13,4 \pm 5,6$ (диапазон 3,5–20) минут. О ранних или отсроченных осложнениях, связанных с манипуляцией, авторами не сообщалось [38].

Система Overstitch более эффективна при крупных, глубоких и фиброзно измененных язвенных дефектах в сравнении с клипсами Ovesco или гемостатическим спреем. В то время как при неглубоких дефектах с неизменными краями более целесообразно использование клипс Ovesco [39].

Ограничения использования системы Overstitch включают необходимость наличия двухканального эндоскопа и профессиональных эндоскопических навыков. Кроме того, по мнению некоторых авторов следует избегать использования этого устройства при подозрении на малигнизацию язвы [40].

Эндоскопическое лигирование

Эндоскопическое лигирование (ЭЛ) изначально использовалось при лигировании варикозных вен пищевода или геморроидальных узлов; однако его также можно использовать при лечении сосудистых поражений верхних отделов желудочно-кишечного тракта, таких как узловатая сосудистая эктазия антрального отдела желудка [41]. Некоторые исследования показали, что ЭЛ может превосходить аргоноплазменную коагуляцию или термокоагуляцию в отношении сокращения сеансов лечения, стойкости гемостаза и необходимости гемотрансфузии, что оказалось многообещающим эффективным альтернативным методом лечения [42,43]. Тем не менее, необходимы дальнейшие проспективные исследования с большим объемом выборки, более длительным интервалом наблюдения и изучением экономической эффективности процедуры.

Коаграспер

Коаграспер или гемостатические щипцы представляет собой комбинацию термического и механического гемостаза, которая обеспечивает направленную монополярную коагуляцию в месте кровотечения [44]. Первоначально он был разработан для предотвращения и лечения желудочных-кишечных кровотечений, связанных с выполнением малоинвазивных эндоскопических процедур, таких как эндоскопическая резекция слизистой, диссекция в подслизистом слое и т.д. [45].

Большая площадь поверхности щипцов и специальная конструкция браншей обеспечивают эффект механической тампонады окружающих тканей, что делает данную процедуру высокоэффективным методом гемостаза [46]. Кроме того, риск перфорации стенки желудка или двенадцатиперстной кишки невелик, поскольку коаграспер работает при более низком напряжении по сравнению с другими видами термического воздействия, коагулирует ткани без карбонизации и не распространяется на более глубокие ткани. Щипцы могут использоваться многократно, что доказывает их экономическую эффективность [46].

В рандомизированном проспективном исследовании В. Тока et al. [47] сравнивалась эффективность гемостатических щипцов и гемоклипс при лечении неварикозных гастродуоденальных кровотечений. При

использовании коаграспера гемостаз был достигнут более чем у 98% пациентов, в сравнении с 80% в группе гемоклипс. Частота рецидивных кровотечений была ниже в группе коаграспера. Сообщалось о более короткой продолжительности госпитализации и длительности эндоскопической процедуры у пациентов при использовании коаграспера. В другом рандомизированном контролируемом исследовании, опубликованном T. Nunoie et al. [48] сравнивалась эффективность коаграспера и термокоагуляции нагревательным зондом при язвенных кровотечениях. Статистически значимые различия при достижении первичного гемостаза наблюдались в группе лечения коаграспером (96%) в сравнении с термокоагуляцией (67%). При этом авторами не отмечались повторные кровотечения и осложнения в группе коаграспера. Напротив, перфорация произошла у 2 пациентов, в лечении которых использовался нагревательный зонд.

Радиочастотная абляция

Радиочастотная абляция (РЧА) в основном используется для лечения пищевода Барретта, однако в последующем она стала применяться при лечении узловой сосудистой эктазии антрального отдела желудка [49].

В проспективном открытом одноцентровом исследовании N. Raza et al. [50] был продемонстрирован успешный первичный гемостаз у 100% больных при данной патологии с использованием РЧА и у 67% больных отмечался стойкий гемостаз после 11-месячного периода наблюдения [50]. Дальнейшие исследования подтвердили аналогичные результаты успешного применения РЧА без серьезных побочных эффектов [50,51]. Несмотря на многообещающие результаты, эти исследования не рандомизированы и имеют короткий интервал наблюдения. Есть отдельные исследования, изучающие использование РЧА при кровотечениях, обусловленных другими патологиями верхних отделов ЖКТ [5].

Криотерапия

Криотерапия была предложена в качестве метода гемостаза путем индукции некроза клеток посредством локального криовоздействия на большую площадь тканевой поверхности [52]. S. Cho et al. [53] продемонстрировали, что у 50% пациентов с ГДК наблюдается стойкий гемостаз, в то время как у другой половины достигается частичный гемостаз. Авторами было отмечено уменьшение количества гемотрансфузий, требуемых после процедуры и отсутствие осложнений. Однако это было небольшое пилотное исследование с коротким периодом наблюдения. Кроме того, требует уточнения количество сеансов криотерапии и тип используемого криогена.

Гемоспрей

Гемостатический спрей представляет собой абсорбирующий неорганический порошок, который сливается и прилипает к месту кровотечения, образуя механический барьер [54]. Он не всасывается и не метаболизируется в желудочно-кишечном тракте, что ограничивает его системную токсичность, и отслаивается после достижения гемостаза, что позволяет при необходимости повторно его использовать [54]. Гемоспрей не требует прямого контакта с кровоточащим сосудом и, следовательно, может покрывать большую площадь поверхности. Кроме того, он может способствовать агрегации тромбоцитов, активировать каскад свертывания, а также способствовать образованию тканей [54]. Гемоспрей был оценен как метод монотерапии, например, при лечении кровотечения, связанного с язвой луковицы ДПК, а также в сравнении с другими традиционными методами ЭГ [55]. Целым рядом исследователей описывалась 100% эффективность применения гемоспрея при кровотечениях, связанных со злокачественными образованиями верхних отделов ЖКТ [55,56]. A. Arena et al. [57] продемонстрировали, что у 93% пациентов достигается немедленный гемостаз с частотой рецидива кровотечения до 20%. В ретроспективном исследовании R. Pittayanon et al. [58] немедленный гемостаз при использовании гемоспрея был достигнут у 97,7% пациентов, при рецидиве кровотечения в первые 3 суток с момента процедуры у 15% больных, а в более поздний период у 17% [58]. Ни в одном исследовании не наблюдалось побочных эффектов или осложнений, связанных с процедурой. Таким образом, гемоспрей, несмотря на возникающие рецидивы, довольно эффективен при кровотечениях, связанных со злокачественными новообразованиями верхних отделов ЖКТ.

S. Leblanc et al. [54] изучали эффективность гемоспрея после различных эндоскопических вмешательств (5 пациентов после эндоскопической резекции слизистой оболочки пищевода, 4 после эндоскопической резекции слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки, 2 после ампулярной резекции и 1 после билиарной сфинктеротомии) [54]. Немедленный гемостаз был достигнут у 100% пациентов, независимо от того, использовался ли изначально гемоспрей в качестве монотерапии или после других методов ЭГ [54]. Эффективность гемоспрея при кровотечениях, связанных с эндоскопическими манипуляциями подтверждается и другими авторами [59,60].

В то же время, некоторые исследователи отмечают, что гемоспрей может использоваться только в качестве временного гемостаза, поскольку частота рецидивных кровотечений после его применения составляет от 29% до 38% [56]. По данным A.H. Yau et al. [61] эффективность

гемоспрея при остановке ГДК составляет 93,3%, однако рецидивы отмечаются у 38,9% больных. Одними из факторов, влияющих по мнению авторов на частоту рецидивов, является использование антикоагулянтов и антиагрегантов, а также наличие у больных коагулопатии и тромбоцитопении [61].

L.A. Smith et al. [62] в своем исследовании отметили, что гемоспрей в качестве монотерапии эффективен в 85% случаев, в то время как при использовании его в качестве дополнительного метода после применения других способов ЭГ позволяет достичь в 100% случаев необходимого эффекта. Как показывает ряд исследований эффективность гемоспрея, в виде монотерапии или дополнительного метода гемостаза выглядит многообещающей у больных с неварикозными гастродуоденальными кровотечениями, однако для подтверждения этого необходимы крупные многоцентровые проспективные исследования [62,63].

ЭНДОКЛОТ

Эндоклот — это рассасывающийся полисахаридный порошок, который был предложен в качестве гемостатического агента. Было показано, что частота достижения немедленного гемостаза и частота рецидивов кровотечения сопоставима со стандартным традиционным ЭГ [64]. Y.J. Kim et al. [65] изучали использование данного порошка у 12 пациентов с кровотечением, связанным со злокачественными новообразованиями. У 11 из 12 пациентов был рак желудка IV стадии. Немедленный гемостаз был достигнут независимо от расположения и размера опухоли или предыдущего применения гемостатических препаратов у всех пациентов, с развитием повторного кровотечения у 16% больных через три и пять дней после лечения. Не было отмечено побочных эффектов, связанных с манипуляцией, или летальности в течение 30 дней после процедуры [65].

Чтобы дополнительно оценить эффективность эндоклота S. Beg et al. [66] использовали его у 21 пациента с НГДК различной этиологии, высоким операционно-анестезиологическим риском, у которых другие виды ЭГ оказались неэффективными. У всех пациентов был достигнут гемостаз. Частота рецидивного кровотечения в течение 30 дней наблюдения составила 4,8%, а летальность — 19,0% [66]. Таким образом, по мнению авторов, данный гемостатический порошок можно безопасно и эффективно использовать при лечении неварикозных кровотечений из верхних отделов желудочно-кишечного тракта.

В то же время, несмотря на имеющиеся сообщения об успешном использовании порошка эндоклот для остановки НГДК, опыт применения данного метода основывается на небольшой группе наблюдений и требует дальнейшего изучения.

Заключение

Несмотря на достижения современной фармакологии и совершенствование эндоскопической техники неварикозные гастродуоденальные кровотечения по-прежнему представляют собой серьезную проблему. Ряд новых методов, а также модификации традиционных способов ЭГ показали многообещающие результаты в улучшении результатов, как в качестве монотерапии, так и в комбинации с традиционными техниками. В связи с широким разнообразием этиологических факторов, приводящих к неварикозным гастродуоденальным кровотечениям показания, эффективность и безопасность новых эндоскопических методов продолжают уточняться. Необходимы дополнительные исследования для дальнейшего определения роли этих методик в алгоритме лечения НГДК и определения оптимального метода гемостаза для каждой конкретной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

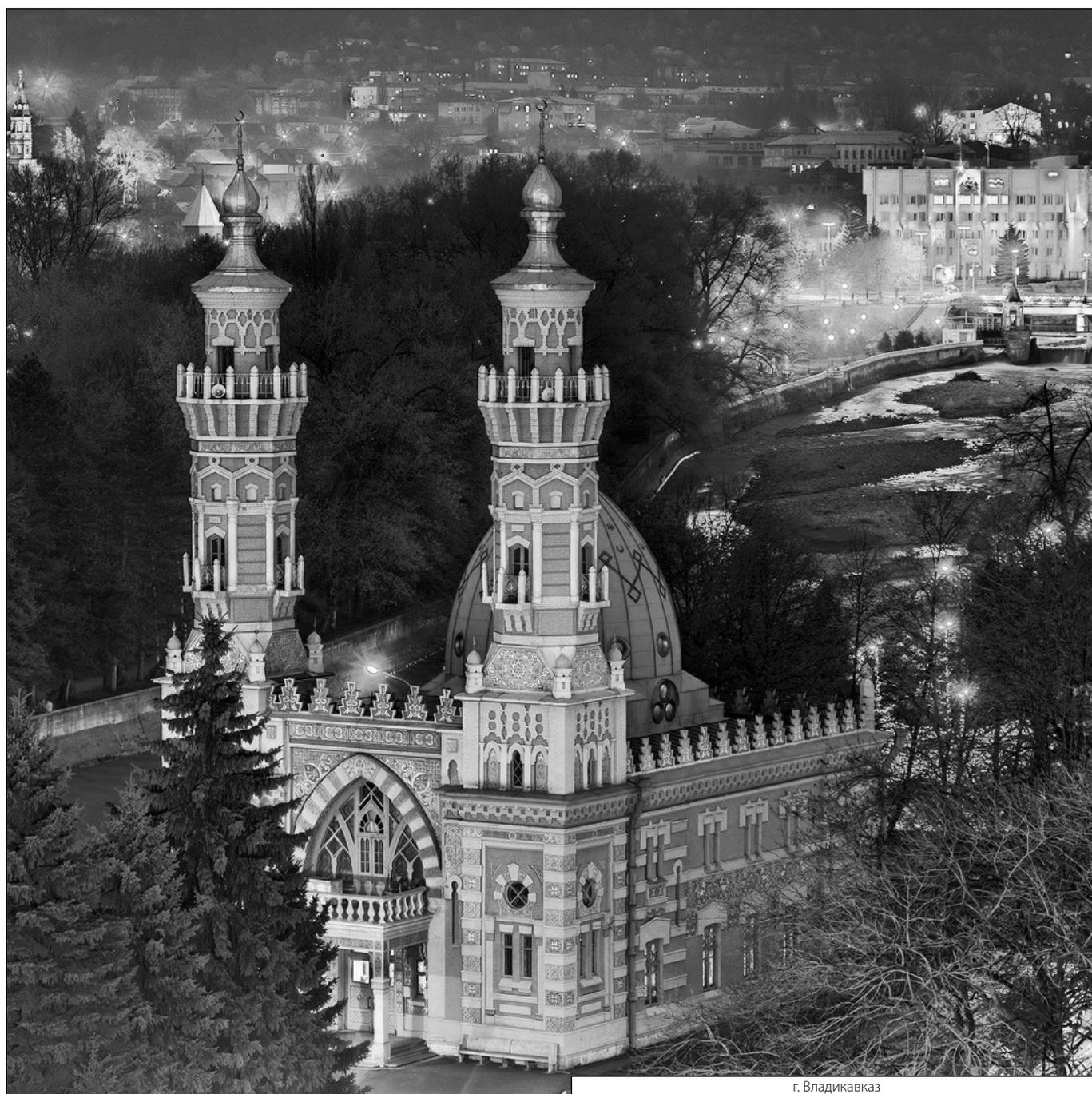
1. Alzoubaidi D, Lovat LB, Haidry R. Management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding: where are we in 2018? // *Frontline Gastroenterol.* 2019;10:35–42.
2. Luo PJ, Lin XH, Lin CC, Luo JC, Hu HY, Ting PH, Hou MC. Risk factors for upper gastrointestinal bleeding among aspirin users: An old issue with new findings from a population-based cohort study. // *J Formos Med Assoc.* 2019;118:939–944.
3. Gralnek IM, Neeman Z, Strate LL. Acute Lower Gastrointestinal Bleeding. // *N Engl J Med.* 2017;376: e50.
4. Khamaysi I, Gralnek IM. Acute upper gastrointestinal bleeding (UGIB) — initial evaluation and management. // *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2013;27:633–638.
5. Naseer M, Lambert K, Hamed A, Ali E. Endoscopic advances in the management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding: A review. // *World J Gastrointest Endosc* 2020; 12(1): 1–16.
6. Wuerth BA, Rockey DC. Changing Epidemiology of Upper Gastrointestinal Hemorrhage in the Last Decade: A Nationwide Analysis. // *Dig Dis Sci.* 2018;63:1286–1293.
7. Jairath V, Martel M, Logan RF, Barkun AN. Why do mortality rates for nonvariceal upper gastrointestinal bleeding differ around the world? A systematic review of cohort studies. // *Can J Gastroenterol.* 2012;26:537–543.
8. Laine L, Jensen DM. Management of patients with ulcer bleeding. // *Am J Gastroenterol.* 2012;107:345–60; quiz 361.
9. Tsoi KK, Chiu PW, Chan FK, Ching JY, Lau JY, Sung JJ. The risk of peptic ulcer bleeding mortality in relation to hospital admission on holidays: a cohort study on 8,222 cases of peptic ulcer bleeding. // *Am J Gastroenterol.* 2012;107:405–410.

10. Camus M, Jensen DM, Kovacs TO, Jensen ME, Markovic D, Gornbein J. Independent risk factors of 30-day outcomes in 1264 patients with peptic ulcer bleeding in the USA: large ulcers do worse. // *Aliment Pharmacol Ther.* 2016;43:1080–1089.
11. Gralnek IM, Dumonceau JM, Kuipers EJ, Lanas A, Sanders DS, Kurien M, Rotondano G, Hucl T, Dinis-Ribeiro M, Marmo R, Racz I, Arezzo A, Hoffmann RT, Lesur G, de Franchis R, Aabakken L, Veitch A, Radaelli F, Salgueiro P, Cardoso R, Maia L, Zullo A, Cipolletta L, Hassan C. Diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline. // *Endoscopy.* 2015;47: a1–46.
12. Sarin N, Monga N, Adams PC. Time to endoscopy and outcomes in upper gastrointestinal bleeding. // *Can J Gastroenterol.* 2009;23:489–493.
13. Laursen SB. Treatment and prognosis in peptic ulcer bleeding. // *Dan Med J.* 2014;61: B4797.
14. Maggio D, Barkun AN, Martel M, Elouali S, Gralnek IM Reason Investigators. Predictors of early rebleeding after endoscopic therapy in patients with nonvariceal upper gastrointestinal bleeding secondary to high-risk lesions. // *Can J Gastroenterol.* 2013;27:454–458.
15. García-Iglesias P, Villoria A, Suarez D, Brullet E, Gallach M, Feu F, Gisbert JP, Barkun A, Calvet X. Meta-analysis: predictors of rebleeding after endoscopic treatment for bleeding peptic ulcer. // *Aliment Pharmacol Ther.* 2011;34:888–900.
16. Angsuwatcharakon P, Prueksapanich P, Kongkam P, Rattanachu-Ek T, Sottisuporn J, Rerknimitr R. Efficacy of the Ovesco Clip for Closure of Endoscope Related Perforations. // *Diagn Ther Endosc.* 2016;2016:9371878.
17. Kirschniak A, Traub F, Kueper MA, Stüker D, Königsrainer A, Kratt T. Endoscopic treatment of gastric perforation caused by acute necrotizing pancreatitis using over-the-scope clips: a case report. // *Endoscopy.* 2007;39:1100–1102.
18. Kirschniak A, Kratt T, Stüker D, Braun A, Schurr MO, Königsrainer A. A new endoscopic over-the-scope clip system for treatment of lesions and bleeding in the GI tract: first clinical experiences. // *Gastrointest Endosc.* 2007;66:162–167.
19. Samarasena J, Chen CL, Chin M, Chang K, Lee J. Successful closure of a cryotherapy-induced bleeding jejunal perforation with the over-the-scope clip system. // *Gastrointest Endosc.* 2017;85:451.
20. Haito-Chavez Y, Law JK, Kratt T, Arezzo A, Verra M, Morino M, Sharaiha RZ, Poley JW, Kahaleh M, Thompson CC, Ryan MB, Choksi N, Elmunzer BJ, Gosain S, Goldberg EM, Modayil RJ, Stavropoulos SN, Schembre DB, DiMaio CJ, Chandrasekhara V, Hasan MK, Varadarajulu S, Hawes R, Gomez V, Woodward TA, Rubel-Cohen S, Fluxa F, Vlegaar FP, Akshintala VS, Raju GS, Khashab MA. International multicenter experience with an over-the-scope clipping device for endoscopic management of GI defects (with video). // *Gastrointest Endosc.* 2014;80:610–622.
21. Repici A, Arezzo A, De Caro G, Morino M, Pagano N, Rando G, Romeo F, Del Conte G, Danese S, Malesci A. Clinical experience with a new endoscopic over-the-scope clip system for use in the GI tract. // *Dig Liver Dis.* 2009;41:406–410.
22. Kirschniak A, Subotova N, Zieker D, Königsrainer A, Kratt T. The Over-The-Scope Clip (OTSC) for the treatment of gastrointestinal bleeding, perforations, and fistulas. // *Surg Endosc.* 2011;25:2901–2905.
23. Albert JG, Friedrich-Rust M, Woeste G, Strey C, Bechstein WO, Zeuzem S, Sarrazin C. Benefit of a clipping device in use in intestinal bleeding and intestinal leakage. // *Gastrointest Endosc.* 2011;74:389–397.
24. Skinner M, Gutierrez JP, Neumann H, Wilcox CM, Burski C, Mönkemüller K. Over-the-scope clip placement is effective rescue therapy for severe acute upper gastrointestinal bleeding. // *Endosc Int Open.* 2014;2: E37–E40.
25. Nishiyama N, Mori H, Kobara H, Rafiq K, Fujihara S, Kobayashi M, Oryu M, Masaki T. Efficacy and safety of over-the-scope clip: including complications after endoscopic submucosal dissection. // *World J Gastroenterol.* 2013;19:2752–2760.
26. Manno M, Mangiafico S, Caruso A, Barbera C, Bertani H, Mirante VG, Pigò F, Amardeep K, Conigliaro R. First-line endoscopic treatment with OTSC in patients with high-risk non-variceal upper gastrointestinal bleeding: preliminary experience in 40 cases. // *Surg Endosc.* 2016;30:2026–2029.
27. Manta R, Galloro G, Mangiavillano B, Conigliaro R, Pasquale L, Arezzo A, Masci E, Bassotti G, Frazzoni M. Over-the-scope clip (OTSC) represents an effective endoscopic treatment for acute GI bleeding after failure of conventional techniques. // *Surg Endosc.* 2013;27:3162–3164.
28. Richter-Schrag HJ, Glatz T, Walker C, Fischer A, Thimme R. First-line endoscopic treatment with over-the-scope clips significantly improves the primary failure and rebleeding rates in high-risk gastrointestinal bleeding: A single-center experience with 100 cases. // *World J Gastroenterol.* 2016;22:9162–9171.
29. Wedi E, Gonzalez S, Menke D, Kruse E, Matthes K, Hochberger J. One hundred and one over-the-scope-clip applications for severe gastrointestinal bleeding, leaks and fistulas. // *World J Gastroenterol.* 2016;22:1844–1853.
30. Lamberts R, Koch A, Binner C, Zachäus M, Knigge I, Bernhardt M, Halm U. Use of over-the-scope clips (OTSC) for hemostasis in gastrointestinal bleeding in patients under antithrombotic therapy. // *Endosc Int Open.* 2017;5: E324–E330.
31. Brandler J, Baruah A, Zeb M, Mehfooz A, Pophali P, Wong Kee Song L, AbuDayyeh B, Gostout C, Mara K, Dierkhising R, Buttar N. Efficacy of Over-the-Scope Clips in Management of High-Risk Gastrointestinal Bleeding. // *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2018;16:690–696.e1.
32. Schmidt A, Gölder S, Goetz M, Meining A, Lau J, von Delius S, Escher M, Hoffmann A, Wiest R, Messmann H, Kratt T, Walter B, Bettinger D, Caca K. Over-the-Scope Clips Are More Effective Than Standard Endoscopic Therapy for Patients With Recurrent Bleeding of Peptic Ulcers. // *Gastroenterology.* 2018;155:674–686.e6.
33. Kobara H, Mori H, Nishiyama N, Fujihara S, Okano K, Suzuki Y, Masaki T. Over-the-scope clip system: A review of 1517 cases over 9 years. // *J Gastroenterol Hepatol.* 2019;34:22–30.
34. Kallou AN, Singh VK, Jagannath SB, Niiyama H, Hill SL, Vaughn CA, Magee CA, Kantsevov SV. Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. // *Gastrointest Endosc.* 2004;60:114–117.
35. Mori H, Rahman A, Kobara H, Morishita A, Masaki T. The Development of Endoscopic Suturing Devices: Challenges in the Treatment of Iatrogenic Perforation and Bleeding. // *Intern Med.* 2016;55:3075–3076.
36. Barola S, Magnuson T, Schweitzer M, Chen YI, Ngamruengphong S, Khashab MA, Kumbhari V. Endoscopic Suturing for Massively Bleeding Marginal Ulcer 10 days Post Roux-en-Y Gastric Bypass. // *Obes Surg.* 2017;27:1394–1396.

37. Fujihara S, Mori H, Kobara H, Nishiyama N, Kobayashi M, Rafiq K, Masaki T. The efficacy and safety of prophylactic closure for a large mucosal defect after colorectal endoscopic submucosal dissection. // *Oncol Rep.* 2013;30:85–90.
38. Agarwal A, Benias P, Brewer Gutierrez OI, Wong V, Hanada Y, Yang J, Villgran V, Kumbhari V, Kallou A, Khashab MA, Chiu P, Ngamruengphong S. Endoscopic suturing for management of peptic ulcer-related upper gastrointestinal bleeding: a preliminary experience. // *Endosc Int Open.* 2018;6: E1439–E1444.
39. Barola S, Fayad L, Hill C, Magnuson T, Schweitzer M, Singh V, Chen YI, Ngamruengphong S, Khashab MA, Kallou AN, Kumbhari V. Endoscopic Management of Recalcitrant Marginal Ulcers by Covering the Ulcer Bed. // *Obes Surg.* 2018;28:2252–2260.
40. Mori H, Kobara H, Kazi R, Fujihara S, Nishiyama N, Masaki T. Balloon-armed mechanical counter traction and double-armed bar suturing systems for pure endoscopic full-thickness resection. // *Gastroenterology.* 2014;147:278–80.e1.
41. Wells CD, Harrison ME, Gurudu SR, Crowell MD, Byrne TJ, Depetris G, Sharma VK. Treatment of gastric antral vascular ectasia (watermelon stomach) with endoscopic band ligation. // *Gastrointest Endosc.* 2008;68:231–236.
42. Elhendawy M, Mosaad S, Alkhalawany W, Abo-Ali L, Enaba M, Elsaka A, Elfert AA. Randomized controlled study of endoscopic band ligation and argon plasma coagulation in the treatment of gastric antral and fundal vascular ectasia. // *United European Gastroenterol J.* 2016;4:423–428.
43. Takizawa K, Oda I, Gotoda T, Yokoi C, Matsuda T, Saito Y, Saito D, Ono H. Routine coagulation of visible vessels may prevent delayed bleeding after endoscopic submucosal dissection — an analysis of risk factors. // *Endoscopy.* 2008;40:179–183.
44. Arima S, Sakata Y, Ogata S, Tominaga N, Tsuruoka N, Mannen K, Shiraiishi R, Shimoda R, Tsunada S, Sakata H, Iwakiri R, Fujimoto K. Evaluation of hemostasis with soft coagulation using endoscopic hemostatic forceps in comparison with metallic hemoclips for bleeding gastric ulcers: a prospective, randomized trial. // *J Gastroenterol.* 2010;45:501–505.
45. Fujishiro M, Abe N, Endo M, Kawahara Y, Shimoda R, Nagata S, Homma K, Morita Y, Uedo N. Retrospective multicenter study concerning electrocautery forceps with soft coagulation for nonmalignant gastroduodenal ulcer bleeding in Japan. // *Dig Endosc.* 2010;22 Suppl 1: S15–S18.
46. Tanaka S, Toyonaga T, Morita Y, Ishida T, Hoshi N, Grimes KL, Ohara Y, Yoshizaki T, Kawara F, Umegaki E, Azuma T. Efficacy of a new hemostatic forceps during gastric endoscopic submucosal dissection: A prospective randomized controlled trial. // *J Gastroenterol Hepatol.* 2017;32:846–851.
47. Toka B, Eminler AT, Karacaer C, Uslan MI, Koksall AS, Parlak E. Comparison of monopolar hemostatic forceps with soft coagulation versus hemoclip for peptic ulcer bleeding: a randomized trial (with video). // *Gastrointest Endosc.* 2019;89:792–802.
48. Nunoue T, Takenaka R, Hori K, Okazaki N, Hamada K, Baba Y, Yamasaki Y, Kono Y, Seki H, Inokuchi T, Takemoto K, Taira A, Tsugeno H, Fujiki S, Kawahara Y, Okada H. A Randomized Trial of Monopolar Soft-mode Coagulation Versus Heater Probe Thermocoagulation for Peptic Ulcer Bleeding. // *J Clin Gastroenterol.* 2015;49:472–476.
49. Maida M, Camilleri S, Manganaro M, Garufi S, Scarpulla G. Radiofrequency Ablation for Treatment of Refractory Gastric Antral Vascular Ectasia: A Systematic Review of the Literature. // *Gastroenterol Res Pract.* 2017;2017:5609647.
50. Raza N, Diehl DL. Radiofrequency ablation of treatment-refractory gastric antral vascular ectasia (GAVE). // *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2015;25:79–82.
51. Dray X, Repici A, Gonzalez P, Frstrup C, Leclaire S, Kantsevov S, Wengrower D, Elbe P, Camus M, Carlino A, Pérez-Roldán F, Adar T, Marteau P. Radiofrequency ablation for the treatment of gastric antral vascular ectasia. // *Endoscopy.* 2014;46:963–969.
52. Patel AA, Trindade AJ, Diehl DL, Khara HS, Lee TP, Lee C, Sethi A. Nitrous oxide cryotherapy ablation for refractory gastric antral vascular ectasia. // *United European Gastroenterol J.* 2018;6:1155–1160.
53. Cho S, Zanati S, Yong E, Cirocco M, Kandel G, Kortan P, May G, Marcon N. Endoscopic cryotherapy for the management of gastric antral vascular ectasia. // *Gastrointest Endosc.* 2008;68:895–902.
54. Leblanc S, Vienne A, Dhooge M, Coriat R, Chaussade S, Prat F. Early experience with a novel hemostatic powder used to treat upper GI bleeding related to malignancies or after therapeutic interventions (with videos). // *Gastrointest Endosc.* 2013;78:169–175.
55. Sakai CM, Duarte RB, Baracat FI, Baracat R, de Moura EGH. Endoscopic treatment of upper-GI ulcer bleeding with hemostatic powder spray. // *VideoGIE.* 2016;2:12–13.
56. Chen YI, Barkun A, Nolan S. Hemostatic powder TC-325 in the management of upper and lower gastrointestinal bleeding: a two-year experience at a single institution. // *Endoscopy.* 2015;47:167–171.
57. Arena M, Masci E, Eusebi LH, Iabichino G, Mangiavillano B, Viaggi P, Morandi E, Fanti L, Granata A, Traina M, Testoni PA, Opocher E, Luigiano C. Hemospray for treatment of acute bleeding due to upper gastrointestinal tumours. // *Dig Liver Dis.* 2017;49:514–517.
58. Pittayanon R, Rerknimitr R, Barkun A. Prognostic factors affecting outcomes in patients with malignant GI bleeding treated with a novel endoscopically delivered hemostatic powder. // *Gastrointest Endosc.* 2018;87:994–1002.
59. Baracat FI, Tranquillini CV, Brunaldi VO, Baracat R, de Moura EGH. Hemostatic powder: a new ally in the management of postsphincterotomy bleeding. // *VideoGIE.* 2017;2:303–304.
60. González Ortiz B, Tapia Monge DM, Reyes Cerecedo A, Hernández Mondragón O. Use of Hemospray in post-sclerotherapy bleeding. // *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2016;73:335–337.
61. Yau AH, Ou G, Galorport C, Amar J, Bressler B, Donnellan F, Ko HH, Lam E, Enns RA. Safety and efficacy of Hemospray in upper gastrointestinal bleeding. // *Can J Gastroenterol Hepatol.* 2014;28:72–76.
62. Smith LA, Stanley AJ, Bergman JJ, Kiesslich R, Hoffman A, Tjwa ET, Kuipers EJ, von Holstein CS, Oberg S, Brullet E, Schmidt PN, Iqbal T, Mangiavillano B, Masci E, Prat F, Morris AJ. Hemospray application in nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: results of the Survey to Evaluate the Application of Hemospray in the Luminal Tract. // *J Clin Gastroenterol.* 2014;48: e89–e92.
63. Sulz MC, Frei R, Meyenberger C, Bauerfeind P, Semadeni GM, Gubler C. Routine use of Hemospray for gastrointestinal bleeding: prospective two-center experience in Switzerland. // *Endoscopy.* 2014;46:619–624.

64. Park JC, Kim YJ, Kim EH, Lee J, Yang HS, Kim EH, Hahn KY, Shin SK, Lee SK, Lee YC. Effectiveness of the polysaccharide hemostatic powder in non-variceal upper gastrointestinal bleeding: Using propensity score matching. // J Gastroenterol Hepatol. 2018;33:1500–1506.
65. Kim YJ, Park JC, Kim EH, Shin SK, Lee SK, Lee YC. Hemostatic powder application for control of acute upper gastrointestinal bleeding in patients with gastric malignancy. // Endosc Int Open. 2018;6: E700–E705.
66. Beg S, Al-Bakir I, Bhuvu M, Patel J, Fullard M, Leahy A. Early clinical experience of the safety and efficacy of EndoClot in the management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding. // Endosc Int Open. 2015;3: E605–E609.

© Тотиков Заурбек Валерьевич (z-totikov@mail.ru), Тотиков Валерий Зелимханович (vz-totikov@mail.ru),
 Хубецова Рамина Аликовна (chubetsova91@mail.ru), Казиев Тимур Таймуразович (tmrkzv@mail.ru),
 Логвина Лариса Леонтьевна (logvina.larisa2021@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владикавказ

ОККЛЮЗИОННАЯ ПАТОЛОГИЯ В ПЕРИОД СМЕННОГО ПРИКУСА, ПОЛИМОРФИЗМ И ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ В ГОРОДЕ СТАВРОПОЛЕ

OCCLUSIONAL PATHOLOGY IN MIXED DENTITION, POLYMORPHISM AND FREQUENCY IN THE CITY OF STAVROPOL

**P. Khadzhaeva
M. Grigorenko
E. Vakushina
E. Bragin
P. Grigorenko
L. Arzumanyan**

Summary. The scientific article analyzes the results of a digital study of 3D-cephalometry, reformates of cone-beam computed tomography of the skull with reference points and measurements in the vertical, transversal and sagittal directions, reformats of plaster diagnostic models of jaw pairs of 115 respondents aged 7–11 years with occlusive pathology in mixed dentition period. The mesio-distal, vestibulo-oral and vertical dimensions of the crowns of temporary and permanent teeth were measured. The widths and lengths of the dental arches during the period of tooth replacement were determined using the Pont and Korkhaus method. The structure and frequency of occurrence of occlusal pathology in mixed dentition in the city of Stavropol was detailed. Anthropometric, odontometric and biometric methods for studying the parameters of the craniofacial complex during mixed dentition have been improved and personified.

Keywords: cone beam computed tomography, cephalometry, anthropometry, odontometry, biometrics, polymorphism, prevalence, occlusion anomalies, mixed dentition.

Хаджаева Патимат Гаджимурадовна

Аспирант, Ставропольский государственный
медицинский университет
hadzhaeva.p@mail.ru

Григоренко Марк Павлович

Аспирант, Ставропольский государственный
медицинский университет
mark115@yandex.ru

Вакушина Елена Анатольевна

Д.м.н., профессор, Ставропольский государственный
медицинский университет
mark115@yandex.ru

Брагин Евгений Александрович

Д.м.н., профессор, заведующий кафедрой,
Ставропольский государственный медицинский
университет
professor_bragin@mail.ru

Григоренко Павел Анатольевич

К.м.н., доцент, Ставропольский государственный
медицинский университет
mark115@yandex.ru

Арзуманян Лолита Витальевна

Ассистент, Ставропольский государственный
медицинский университет
geox225553@mail.ru

Аннотация. В научной статье анализируются результаты цифрового изучения 3D-цефалометрии, реформатов конусно-лучевой компьютерной томографии черепа с нанесенными реперными точками и измерениями в вертикальном, трансверзальном и сагитальном направлениях, реформатов гипсовых диагностических моделей пар челюстей 115 респондентов в возрасте 7–11 лет с окклюзионной патологией в период сменного прикуса. Измерены мезио-дистальные, вестибуло-оральные и вертикальные размеры коронок молочных и постоянных зубов. Определены ширины и длины зубных дуг в период смены зубов по методу Pont и Korkhaus. Детализирована структура и частота встречаемости окклюзионной патологии в сменном прикусе в городе Ставрополе. Усовершенствованы и персонифицированы антропометрические, одонтометрические и биометрические методики исследования параметров краниофациального комплекса в период сменного прикуса.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, цефалометрия, антропометрия, одонтометрия, биометрия, полиморфизм, распространенность, аномалии окклюзии, сменный прикус.

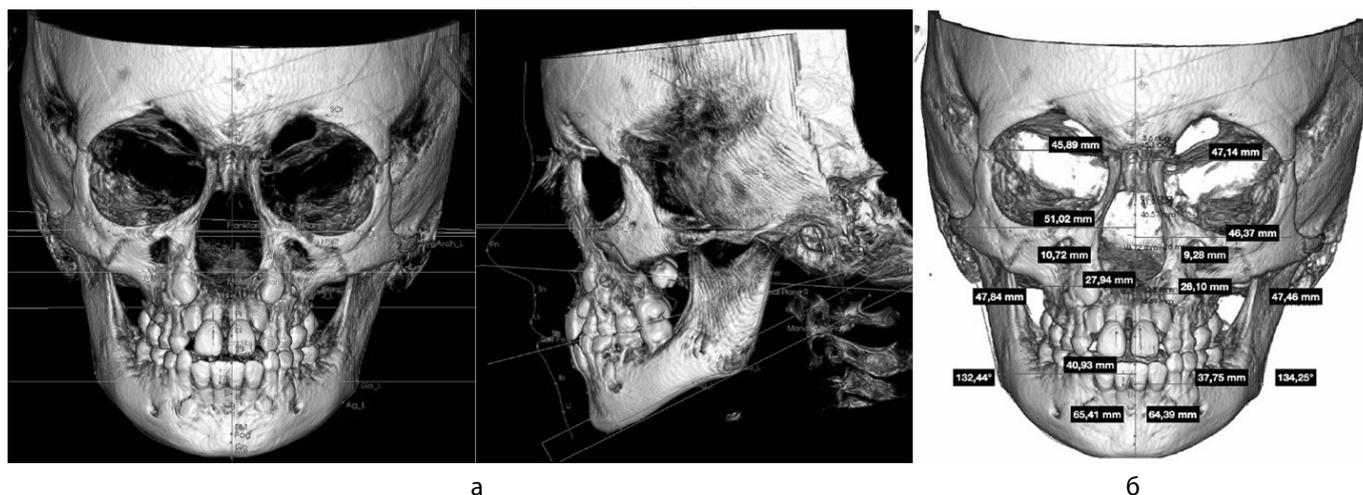


Рис. 1. Серия панорамных реформатов конусно-лучевой томографии черепа с нанесенными костными ориентирами ширины и диагоналей лица (а) и вычисленными линейными параметрами ширины лица в программе 3D-цефалометрия (б) пациентки 7 лет с мезиальной окклюзией зубных рядов

Введение

Окклюзионная патология занимает одно из первых мест при развитии приобретенных патологий челюстно-лицевого комплекса человека в период сменного прикуса, исключая генетически обусловленные факторы и приобретенные вредные привычки, приводящие к формированию триггерных механизмов, детерминирующих сбой миодинамического баланса жевательной мускулатуры, мышц языка, мышц головы и шеи.

Литературный обзор

Среди патогенетических факторов неправильно произведенное искусственное вскармливание, рассматривают как один из основополагающих факторов, приводящих к развитию заявленной патологии. Данные современной литературы говорят о том, что с каждым годом растёт число новорожденных, находящихся на искусственном вскармливании [1, 6, 7, 11, 14, 16, 20].

Отсутствие тенденции к снижению частоты встречаемости зубочелюстных аномалий доказывают периодически проводимые исследования, что свидетельствует о существовании устойчивых механизмов формирования данной проблемы [2, 3, 7, 12, 15, 17].

Своевременно предложенное и рациональное диагностическое и прогностическое пособие, играет основополагающую роль при создании клинических протоколов и алгоритмов, направленных на повышение эффективности ортодонтического лечения, в том числе и раннего [5, 7, 8, 10, 11, 13, 18].

Вовремя проведенная коррекция пострурального, мышечного и зубоальвеолярного дисбаланса в сменном прикусе позволяет в дальнейшем избежать более сложное, долговременное и дорогостоящее лечение [4, 5, 7, 9, 12, 16, 19].

На сегодняшний день цифровые 3D-технологии занимают лидирующее место по применению в ортодонтии при создании персонализированных диагностических протоколов. Врачи – ортодонты, применяя эти технологии, проводят исследования по выявлению взаимосвязей между отклонениями баланса окклюзии, постуры, нарушениями в работе в функционировании гнатологической триады в целом [3, 4, 8, 12, 13, 14, 17].

Таким образом, на современном этапе развития ортодонтии актуальным становится ранняя диагностика окклюзионной патологии с дальнейшим прогнозированием результатов лечения в сменном прикусе.

Цель исследования

Изучить полиморфизм и частоту встречаемости окклюзионной патологии в периоде сменного прикуса у детей младшего школьного возраста города Ставрополя по данным 3D-исследований.

Материал и методы исследования

Для изучения структуры патологической окклюзии в сменном прикусе у детей, проживающих в городе Ставрополе, нами было проведено обследование 115 респондентов младшего школьного возраста от 7 до 11 лет, обратившихся в частные стоматологические клиники

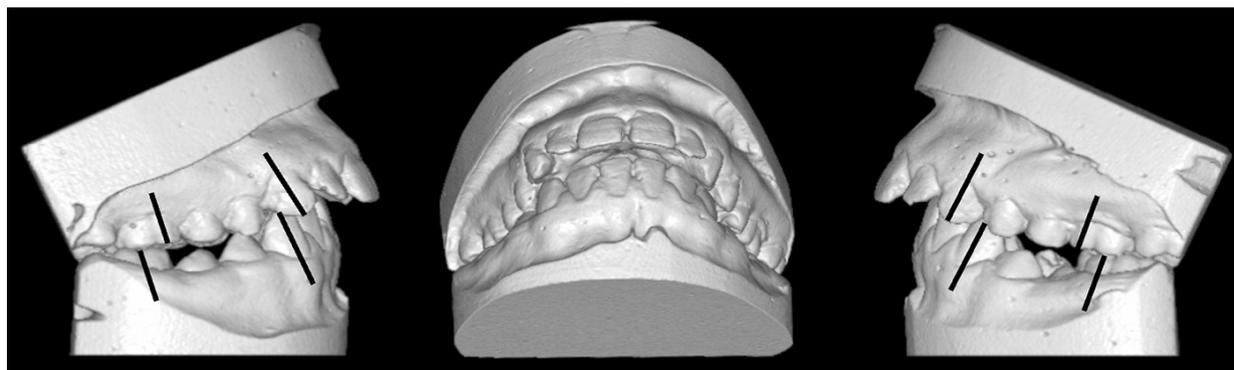


Рис. 2. 3D модели верхней и нижней челюстей с нанесенными реперными линиями в области клыков и первых моляров пациентки 10,5 лет с дистальной окклюзией в боковых и глубокой резцовой дизокклюзией в переднем отделе зубных рядов

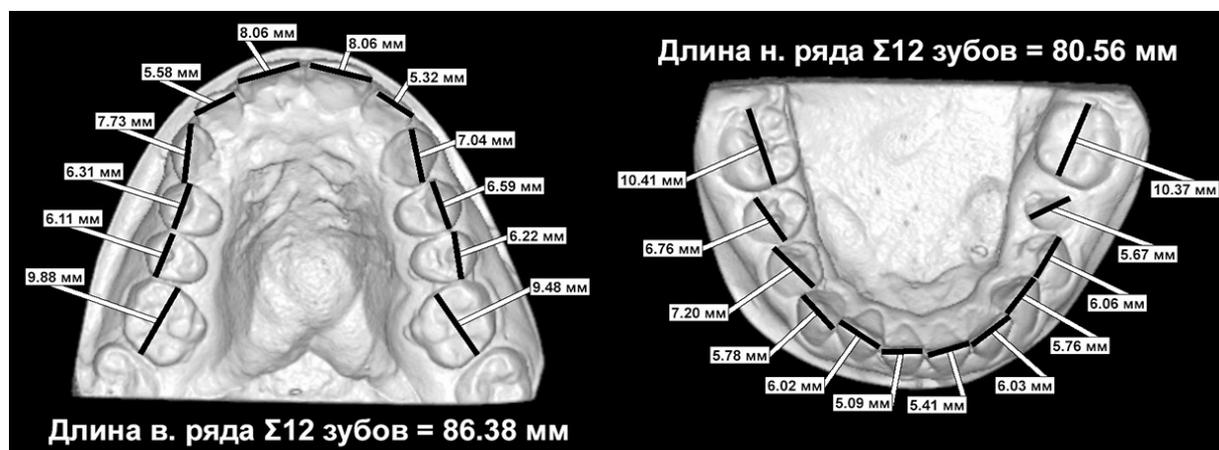


Рис. 3. 3D модели верхней и нижней челюстей с нанесенными реперными линиями в вычисленных мезио-дистальных размерах коронок и лонгитудинальных размерах зубных рядов пациентки 10,5 лет с дистальной окклюзией в боковых и глубокой резцовой дизокклюзией в переднем отделе зубных рядов

«Ортодонтическая практика доктора Вакушиной», «Стоматология доктора Школина» и составивших рабочую группу.

Диагностический протокол включал клинические, 3D-цефалометрические методы исследования челюстно-лицевой области, 3D-цифровые антропометрические методы исследования лица и биометрического анализа гипсовых моделей челюстей с последующим статистическим анализом полученных результатов. Исследование было проведено с использованием рентгенологической цифровой системы «ORTHOPANTOMOGRAPH» OP 300 (KAVO) 115 (100%) детям младшего школьного возраста от 7 до 11 лет.

В программе-просмотрщике провели антропометрические измерения ширины и обеих диагоналей

лица между точками (zy-zy) и точкой А непосредственно на реформатах костей лицевого отдела черепа (рисунок 1).

Определение вида окклюзии, размеров коронок молочных и постоянных зубов в трансверзальной плоскости, ширины и длины зубных рядов также провели в цифровом формате на реформатах конусно-лучевых томограмм гипсовых диагностических моделей челюстей (рисунок 2 и 3).

Метод Pont в модификации Korkhaus был использован нами для определения ширины зубных рядов в период смены зубов, когда вместо измерительных точек на премолярах использовали измерительные точки в области дистальных ямок жевательной поверхности первых молочных моляров верхней челюсти и дисталь-

Таблица 1. Дифференциация респондентов рабочей группы по гендерному признаку и характеру окклюзии в различных сегментах полости рта

Гендерный признак	Количество человек	Аномалии окклюзии							
		Во фронтальном сегменте					В боковых сегментах		
		Сагит-ая резц-ая дизоокл.	Верт-ая резц-ая дизоокл.	Глуб-ая резц-ая дизоокл.	Глуб-ая резц-ая оккл.	Сагит-ая и верт-ая. резц-ая. оккл.	Дисталь-ная оккл.	Мезиаль-ная оккл.	Пере-крестная оккл.
Мальчики	40 (34,78% ± 4,44)	10 (8,69% ± 2,62)	5 (4,34% ± 1,89)	15 (13,04% ± 3,13)	7 (6,08% ± 2,22)	3 (2,6% ± 1,48)	22 (19,13% ± 3,66)	8 (6,95% ± 2,37)	10 (8,69% ± 2,62)
Девочки	65 (56,52% ± 4,65)	16 (13,91% ± 3,22)	6 (5,21% ± 2,07)	23 (20% ± 3,73)	15 (13,04% ± 3,13)	5 (4,34% ± 1,89)	36 (31,3% ± 4,34)	11 (9,56% ± 2,74)	18 (15,65% ± 3,38)
Всего	115 (100%)	26 (22,6% ± 3,9)	11 (9,56% ± 2,74)	38 (33,04% ± 4,38)	22 (19,13% ± 3,66)	8 (6,95% ± 2,37)	58 (50,43% ± 4,66)	19 (16,52% ± 3,4)	28 (24,34% ± 3,7)

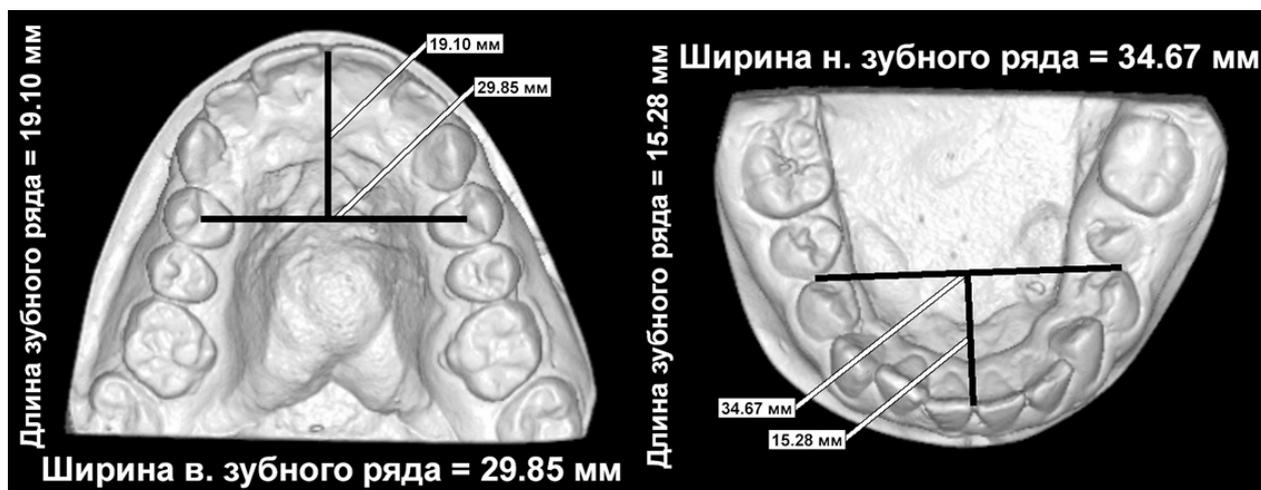


Рис. 4. 3D модели верхней и нижней челюстей с нанесенными реперными точками и вычисленными линейными показателями ширины и длины зубных рядов пациентки 10,5 лет с дистальной окклюзией в боковых и глубокой резцовой дизоокклюзией в переднем отделе зубных рядов

но-щёчные бугры первых молочных моляров на нижней челюсти.

Для измерения переднего отрезка верхнего и нижнего зубных рядов использовали методику Korkhaus. Ориентиром являлась контактная точка на вестибулярной поверхности режущих краев центральных резцов, от которой проводилась линия до точки пересечения с лини-

ей, проверенной через точки Pont в первых молочных моляров (рисунок 4).

Всего на заявленных этапах мы изготовили 115 пар диагностических гипсовых моделей челюстей, провели 460 антропометрических измерений, вычислили 575 индексов пропорциональности одонто- и биометрических размеров (Tonn, Pont и Korkhaus), изучили линейные

и угловые параметры 115 конусно — лучевых компьютерных томограмм черепа, включая 115 панорамных реформатов, аксиальных и профильных телерентгенограмм черепа респондентов младшего школьного возраста до лечения.

Анализ полученных данных позволил сформулировать следующие положения, относительно полиморфизма (структуры) окклюзионной патологии по классификации Персина Л.С. (1989) [4, 12, 14, 16] у респондентов в периоде сменного прикуса в городе Ставрополе:

1. Зафиксирована высокая частота встречаемости аномалий окклюзии ($68,8\% \pm 2,67$) и аномалий положения отдельных зубов ($82,5\% \pm 2,19$). У $45,5\% \pm 2,87$ обследованных диагностировано сочетание аномалий окклюзии и аномалий положения отдельных зубов.
2. Аномалии соотношений зубных дуг по сагиттали (дистальная окклюзия в боковых отделах зубных дуг) выявлена у 32 ($27,82\% \pm 4,17\%$) мальчиков и у 36 ($31,35\% \pm 4,34$) девочек. Мезиальная окклюзия диагностирована у 8 ($6,95\% \pm 2,37$) мальчиков и у 11 ($9,56\% \pm 2,74$) девочек.
3. Аномалии соотношений зубных дуг по трансверзали (в виде перекрёстной окклюзии в боковых отделах) диагностированы у 10 ($8,69\% \pm 2,62$) мальчиков и 18 ($15,65\% \pm 3,38$) девочек.
4. Аномалии окклюзии во фронтальном отделе диагностированы у 105 ($91,3\% \pm 2,62$) детей.
5. Глубокая резцовая дизокклюзия диагностирована у 15 ($13,04\% \pm 3,13$) мальчиков и у 23 ($20\% \pm 3,73$) девочек.
6. Сагиттальная резцовая дизокклюзия диагностирована у 20 ($17,39\% \pm 3,53$) мальчиков и 16 ($13,91\% \pm 3,22$) девочек.
7. Глубокая резцовая окклюзия диагностирована у 7 ($6,08\% \pm 2,22$) мальчиков и 15 ($13,04\% \pm 3,13$) девочек.

8. Вертикальная резцовая дизокклюзия была нами диагностирована у 5 ($4,34\% \pm 1,89$) мальчиков и 6 ($5,21\% \pm 2,07$) девочек (Таблица 1).

Результаты работы и их обсуждение

Таким образом, мы можем констатировать следующие объективно доказанные результаты:

1. Аномалии окклюзии зубных рядов в боковых отделах в сагиттальной плоскости лидируют в периоде сменного прикуса.
2. Аномалии окклюзии зубных рядов во фронтальном отделе в вертикальной плоскости занимают второе место по распространенности.
3. Аномалии окклюзии зубных рядов в боковых отделах в трансверзальной плоскости занимают третье место по распространенности, и подтвердило результаты антропометрических, одонтометрических и биометрических изысканий, проведенных традиционными способами на гипсовых диагностических моделях челюстей и коже лица [2, 4, 5, 6, 17, 19].

Заключение

Таким образом, проведенные клинические, 3D-цефалометрические челюстно-лицевой области, 3D-цифровые антропометрические методы исследования лица и 3D-цифровые биометрические методы исследования гипсовых моделей челюстей, подтверждают высокую встречаемость патологической окклюзии в периоде сменного прикуса у детей города Ставрополя. Определяют необходимость дальнейшего проведения исследований, с целью повышения эффективности интегрированного лечения пациентов с зубоальвеолярными формами патологической окклюзии в сменном прикусе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникиенко А.А., Панкратова Н.В., Персин Л.С., Янушевич О.О. Системный подход в изучении взаимосвязей морфологических структур лица и черепа — путь к расширению понимания специальности «ортодонтия». *Фундаментальные основы ортодонтии: Монография*. М.: Офорт; 2014. 201.
2. Аюпова Ф.С., Восканян А.Р. Распространенность и структура зубочелюстных аномалий у детей (обзор литературы). *Ортодонтия*. 2016; 3: С. 2–6.
3. Бимбас, Е.С. Сравнение паспортного и дентального возраста у детей от 4 до 7 лет, проживающих в г. Екатеринбурге / Е.С. Бимбас, А.С. Шишмарева, М.С. Кондратьева // *Ортодонтия*. — 2017. — № 3 (79). — С. 2–6.
4. Вакушина Е.А., Брагин Е.А., Брагин А.Е., Григоренко П.А., Григоренко М.П., Хаджаева. П.Г Биомеханика жевательного аппарата человека. Классификации аномалий окклюзии. Решение клинических проблем в ортопедической стоматологии и ортодонтии: учеб.пособие /- Ставрополь: Изд-во СтГМУ. 2021. — 156 с.
5. Ведешина, Э.Г. Оптимизация современных методов диагностики и лечения пациентов с аномалиями и деформациями зубочелюстных дуг: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.01.14 / Ведешина Эрнеста Григорьевна. — Волгоград, 2019. — 45 с.
6. Восканян А.Р., Аюпова Ф.С., Алексеенко С.Н. Зубочелюстные Аномалии и факторы риска у детей Краснодарского края / А.Р.Восканян, Ф.С. Аюпова, С.Н. Алексеенко // *Ортодонтия*. — 2019. — № 3 (87). — С. 4–8.
7. *Детская терапевтическая стоматология. Национальное руководство* / под ред. В.К. Леонтьева [и др.]. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2017. — 952 с.

8. Лугуева, Д.Ш. Диагностика и лечение сужения зубных рядов у детей в период смены зубов: автореф. дисс. ... кан.наук: 14.01.14 / Лугуева Джамиля Шамилевна. — Москва, 2019—19 с.
9. Малыгин, М.Ю., Малыгин Ю.М. Валиева Н.И. Сравнительный анализ типов лица при ортогнатическом, нейтральном и дистальном прикусах/ Научно-практический журнал Институт Стоматологии № 1 (74), 2017. — 44—45 с.
10. Миттчел Лаура. Основы ортодонтии: Пер. с англ.; Под ред. Малыгина Ю.М. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017; 336 с.
11. Н тцель, Ф., Шульц. Практическое руководство по ортодонтической диагностике / Львов: ГалДент, 2006. —176 с.
12. Ортодонтия. Национальное руководство. В 2 т. Т. 2. Лечение зубочелюстных аномалий / под ред. Л.С. Персина [и др.]. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 376 с.
13. Профит УР. Современная ортодонтия. М.: МЕД-пресс-информ. 2016; 510 с.
14. Персин Л.С., Слабковская А.Б., Картон Е.А., Дробышева Н.С., Попова И.В., Текучева С.В., Илюшина А.С., Порохин А.Ю., Рижинашвили Н.З., Рыбакова М.Г., Селезнев А.В., Вагапов З.И., Егиазарян А.Л., Коваленко А.В. Ортодонтия. Современные методы диагностики аномалий зубов, зубных рядов и окклюзии: Учебное пособие. М.: ООО «ГЭОТАР-Медиа»; 2017; 160.
15. Рыжова, И.П. Частота встречаемости зубочелюстных аномалий у детей на приеме врача-ортодонта/ И.П. Рыжова, В.Ю. Денисова, А.Е. Карлаш, С.Н. Гонтарев, М.М. Денисов, И.С. Гонтарева // Вестник новых медицинских технологий.-2017. Т. 24.№ 4. С. 126—131.
16. Хорошилкина Ф.Я. Ортодонтия. М.: Мед. книга, 2016. — 489 с.
17. Vakushina E.A., Khadzhaeva P.G., Grigorenko M.P., Grigorenko P.A., Carton E.A. [et al.]. Analysis of the size of the cephalometric values of the face and the odontometric parameters of the jaws during the period of occlusion change of the dental rows. Georgian Medical News. 2021;320(11):5258.
18. Domenyuk D.A., Shkarin V.V., Porfiriadis M.P., Dmitrienko D.S., Dmitrienko S.V. Classification of facial types in view of gnathology. Archiv EuroMedica. 2017; 7(1):813.
19. Fadeev R.A., Lanina A., Li P., Chibisova M.A., Shkarin V.V., Prozorova N. Method for quantitative assessment of dentofacial anomalies in child and adolescent orthodontics. Archiv EuroMedica. 2020; 10(2):7681.
20. Prozorova N.V., Fadeev R.A., Weber V., Chibisova M.A., Robakidze N.S. [et al.]. Evaluating optical density of alveolar bone in patients with diabetes mellitus using cone-beam computed tomography. Archiv EuroMedica. 2021; 11(2):108117.

© Хаджаева Патимат Гаджимурадовна (hadzhaeva.p@mail.ru), Григоренко Марк Павлович (mark115@yandex.ru), Вакушина Елена Анатольевна (mark115@yandex.ru), Брагин Евгений Александрович (professor_bragin@mail.ru), Григоренко Павел Анатольевич (mark115@yandex.ru), Арзуманян Лолита Витальевна (geox225553@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ставропольский Государственный медицинский университет

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Alali K. — Post-graduate student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
khalid.alali77@hotmail.com

Aleskerova A. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Azerbaijan
adelyaaleskerova@mail.ru

Aleynikov P. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
alejnikov.pi@edu.spbstu.ru

Alkhaddur A. — Postgraduate student, Southern Federal University
azizkhaddour5@gmail.com

Ananyev N. — 1st year Master's student of Pacific State University, Khabarovsk
2017102192@pnu.edu.ru

Antipenko A. — Postgraduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow
An-go-55@yandex.ru

Arzumanyan L. — Stavropol State Medical University
geox225553@mail.ru

Ataev A. — Doctor of Medical Sciences, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)
drataev57@mail.ru

Ataev A. — Doctor of Medical Sciences, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)
drataev57@mail.ru

Atayeva L. — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Makhachkala)

Azarenko N. — PhD in Economics, Bryansk State University of Engineering and Technology
salovanat@mail.ru

Blinov M. — SPb GBUZ "City dental polyclinic No. 2"
blin-mikhail@yandex.ru

Bokarev M. — Doctor of Medical Sciences, Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
mbokarev@gmail.com

Borodulina I. — MD, Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation (St. Petersburg)
borodulina59@mail.ru

Bragin E. — Stavropol State Medical University
professor_bragin@mail.ru

Chicherina E. — MD, Professor, Kirov State Medical University

Chiskidov S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Khimki (Moscow region)
chis69@mail.ru

Damadaev D. — Applicant, FSBEI HE «Dagestan State Medical University», Makhachkala
damadaev87@mail.ru

Demyanov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
anddemya@yandex.ru

Dmitrieva E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kursk State University
sv-dmitr@yandex.ru

Eliseev I. — Junior researcher, Research Institute of Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky
eliseev.ilya.88@mail.ru

Ermakova T. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow City University, Moscow
ermaktat@bk.ru

Ermolaeva V. — Associate Professor, Murom Institute (branch) Vladimir state University named A.G. and N.G. Stoletovs
ErmolaevaVA2013@mail.ru

Esedova A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
asiyat_idrisova@bk.ru

Gadzhieva A. — Postgraduate student, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
amina.gadzhieva1989@mail.ru

Gadzhieva U. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dagestan State Pedagogical University of the Ministry of Education of Russia, Makhachkala gapisova65@icloud.com

Ganiev M. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation magomedg21@mail.ru

Gappoeva E. — Doctor of medical sciences, Associate Professor, North Ossetian State Medical Academy elvira907@mail.ru

Gekhaev A. — Postgraduate student, North Ossetian State Medical Academy gekhaev-alikhan@mail.ru

Gerasimova I. — Clinical hospital "Mother and Child" Ufa; MD Project 2010; Bashkir State Medical University Dr.afanasyeva@mail.ru

Gladun I. — Cand. Biol. sci., Associate Professor of Pacific State University, Khabarovsk 006209@pnu.edu.ru

Grigorenko M. — Stavropol State Medical University mark115@yandex.ru

Grigorenko P. — Stavropol State Medical University mark115@yandex.ru

Guliyeva A. — Junior researcher at the Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Azerbaijan

Hubetsova R. — Postgraduate, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz chubetsova91@mail.ru

Isakova F. — Candidate of medical sciences, Associate Professor, Chechen State University fatima.isakova.1988@mail.ru

Ivaev M. — Senior Lecturer, Volga State University of Telecommunications and Informatics (Samara) ivaevmarat@yandex.ru

Jahangirova I. — Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer at the Azerbaijan Medical University

Jalilov A. — Candidate of Medical Sciences, Karshi Branch of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Cardiology Jalilov_adham@mail.ru

Kagramanova S. — Postgraduate student, Kirov State Medical University kagramanovasabina@gmail.com

Kallaev N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation nazhmudin_K@mail.ru

Kallaev N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation nazhmudin_K@mail.ru

Kallaev T. — Candidate of Medical Sciences, FGBOU FSCC FMBA of Russia (Moscow) tamerlanK@mail.ru

Kambarov S. — Doctor of Medical Sciences, Research Institute of Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky

Karavashkin L. — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University karavashkin.la@edu.spbstu.ru

Kazakov O. — PhD in Economics, Bryansk State University of Engineering and Technology it.kazakov@yandex.ru

Kaziev T. — Postgraduate, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz tmrkzv@mail.ru

Khadzhaeva P. — Stavropol State Medical University hadzhaeva.p@mail.ru

Khamidov M. — Doctor of medical sciences, professor, FSBEI HE «Dagestan State Medical University», Makhachkala khamidov67@mail.ru

Khavandeev M. — Doctor-cardiovascular surgeon, Research Institute of Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky

Kireeva E. — Murom Institute (branch) Vladimir state University named A.G. and N.G. Stoletovs kireeva.ekaterina.08@mail.ru

Klyuchnikov I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev"

Kondakov A. — Software engineer, Ozon alex.letbox@gmail.com

Kulik S. — Doctor of Technical Sciences, professor, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) sedmik@mail.ru

Lapaeva O. — The applicant, Volga State University of Telecommunications and Informatics (Samara)
lapaevaolchik@yandex.ru

Larionov V. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
larionov.vs@edu.spbstu.ru

Lobanov L. — Candidate of Medical Sciences, City Clinical Hospital No. 1
leonid.lobanov74@mail.ru

Lobanov S. — MD, Professor, Chita State Medical Academy
slobanov15@mail.ru

Lobanov Yu. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Chita State Medical Academy
yuriilobanov@mail.ru

Logvina L. — PhD, Kabardino-Balkarian State University, Nalchik
logvina.larisa2021@mail.ru

Magaramov A. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
abdulla-magaramov@yandex.ru

Magaramov A. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
abdulla-magaramov@yandex.ru

Magomedov M. — Doctor of Medical Sciences, Professor, FSBEI HE «Dagestan State Medical University», Makhachkala
muxuma@mail.ru

Mamedova S. — Candidate of Medical Sciences, Junior Researcher, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev"

Mamedov F. — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
zaynal.zaynalov@mail.ru

Mamykin A. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
doktor1985mma@mail.ru

Merzlyakov V. — Doctor of Medical Sciences, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev"

Minina N. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, BirsK Branch of the Bashkir State University, BirsK

Mirzoev N. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Mirzoev N. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Mishchenko O. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Pacific State University, Khabarovsk
004907@pnu.edu.ru

Molodyakov S. — Doctor of technical Sciences, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
molodyakov_sa@spbstu.ru

Molyakov A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian State University for the Humanities, Moscow
andrei_molyakov@mail.ru

Morozov Yu. — Postgraduate student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
stonefiz@gmail.com

Mustafayeva I. — Junior researcher at the Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Azerbaijan

Novikova D. — The applicant, Volga State University of Telecommunications and Informatics (Samara)
daryann00@mail.ru

Ogurliev A. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Osmanov R. — Assistant, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
Rustelm66@mail.ru

Ovchinnikova K. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow
of_csu_ru@mail.ru

Petrova A. — Post-graduate student, Moscow City University, Moscow
dom760@yandex.ru

Pokrovsky K. — Doctor of Medical Sciences, Deputy Chief Physician of the State Medical University named after A.K. Yeramishantsev

Rasulov F. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Azerbaijan

Ratnikov V. — MD, Professor, Chief Freelance Specialist in Radiation Diagnostics of the FSBI "North-Western District Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov" FMBA RF
dr.ratnikov@mail.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow
ox-rom@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow
ox-rom@yandex.ru

Safiullina L. — Candidate of technical sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technological University
lina.kh.safiullina@mail.ru

Sakhautdinova I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, chief physician, Private health care institution "Clinical Hospital" RZD-Medicine" Ufa"; Bashkir State Medical University
Indira2172@yandex.ru

Salomov M. — Candidate of Medical Sciences, Junior Researcher, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev"

Saradgishvili S. — Candidate of Science, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
ssaradg@yandex.ru

Sarajishvili S. — К.т.н., доцент, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
ssaradg@yandex.ru

Savelyev I. — Candidate of technical sciences, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow
IASavelyev@fa.ru

Shtanko A. — Postgraduate Student, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)
shtanko-mephi@yandex.ru

Skopin A. — Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery named after A.N. Bakulev"

Sosnovskaya A. — Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow
sosnovskaya-tat-vic@yandex.ru

Stukova O. — University lecturer, Pacific National University (Khabarovsk)
olgastukova1@rambler.ru

Taran V. — Candidate of cultural studies (ICT), Head of the Laboratory of computer design and applied informatics «SPLASH»; All-Russian Institute of scientific and technical information RAS
allscience@lenta.ru

Tegza N. — Candidate of Medical Sciences, Docent, Military Medical Academy named after S.M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation (St. Petersburg); CHOUVO "St. Petersburg Medical and Social Institute"
tegza75@mail.ru

Totikov V. — Dr.med., professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz
vz-totikov@mail.ru

Totikov Z. — Dr.med, professor, North Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz
z-totikov@mail.ru

Vakushina E. — Stavropol State Medical University
mark115@yandex.ru

Valiakmetov A. — Birsky branch of the Bashkir State University, Birk
valiahmetov.a@inbox.ru

Vasiltsova N. — Surgeon, City Clinical Hospital No.1
Nvas95@mail.ru

Yazev P. — Post graduate student, Perm National Research Polytechnic University
yazev1988@gmail.com

Zherdeva S. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Engineer (ecologist) of the regional state institution "Directorate for the Management of Specially Protected Natural Territories of the Kursk Region"
s.v.zherdeva@gmail.com

Zigangirov N. — Postgraduate student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
nafis--zigangirov@mail.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).