

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№6 2022 (ИЮНЬ)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

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

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

### Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научные технологии»**

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

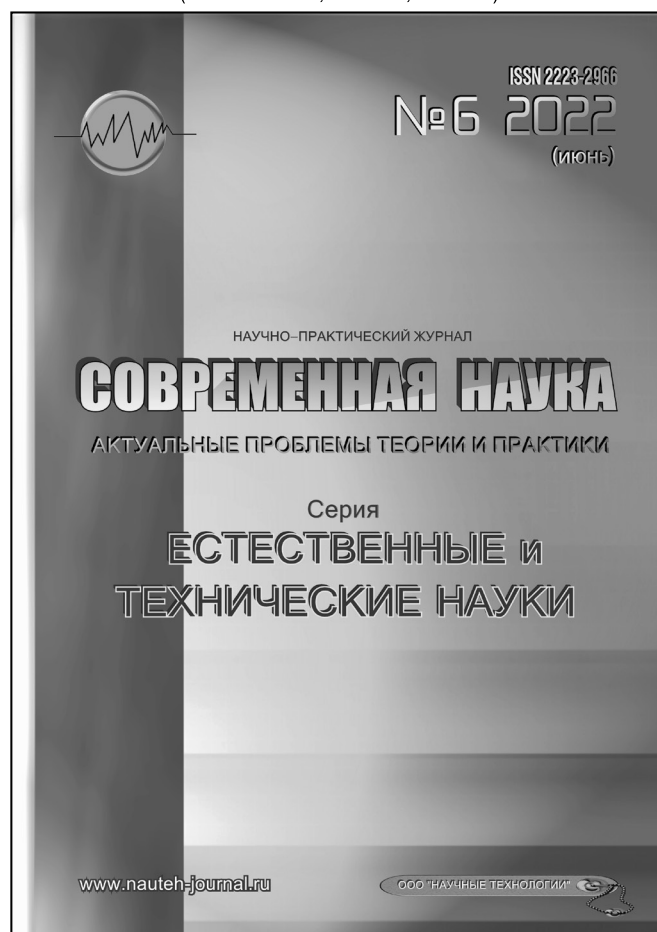
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



### В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 24.06.2022 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

- Валл Е.В., Ахмедова Н.Р.** — Удаление тяжёлых металлов в искусственных водно-болотных угодьях с использованием сапропеля и рогоза  
*Wall E., Akhmedova N.* — Removal of heavy metals in artificial wetlands lands using sapropel and cattails .....7
- Витязева О.В.** — Применение *Nostoc commune* в качестве биоиндикатора загрязнённости окружающей среды: обзор литературы и результаты учебных экспериментов  
*Vitjazeva O.* — Application of *Nostoc commune* as a bioindicator of environmental pollution: literature review and results of educational experiments ..... 12
- Демьяненко А.Ф., Павленко Е.К.** — Определение значимости экологических аспектов в производственно-хозяйственной деятельности ОПЧ-1 (опытная московская дистанция пути)  
*Demyanenko A., Pavlenko E.* — Determination of the significance of environmental aspects in the production and economic activities of HRE-1 (experimental Moscow distance of the way) ..... 15
- Коряжмина И.О., Курской А.Ю., Тохтарь В.К., Третьяков М.Ю.** — Пространственная дифференциация в синантропных местообитаниях участков заповедника «Белогорье»  
*Koryazhmina I., Kurskoy A., Tokhtar V., Tretyakov M.* — Spatial differentiation in synantropic habitats of areas of the Belogorie reserve ..... 23
- Ксенофонов Б.С., Таранов Р.А., Козляева Е.А.** — Проблема изменения климата из-за выбросов парниковых газов и возможные пути ее решения  
*Ksenofontov B., Taranov R., Kozlyayeva E.* — The problem of climate change due to greenhouse gas emissions and possible solutions ..... 28
- Осинкина Т.В.** — Хлорогеновая кислота в хмеле вьющимся (*húmulus lúpulus*): анализ количественного содержания по сезонам и биологической роли  
*Osinkina T.* — Chlorogenic acid in curly hop (*húmulus lúpulus*): analysis of the quantitative content by season and biological role ..... 33

- Сытникова А.Д., Боровков Ю.Н.** — Идентификация и оценка значимости экологических аспектов на предприятиях ОАО «РЖД»

- Sytnikova A., Borovkov Yu.* — Identification and assessment of the importance of environmental aspects at the enterprises of JSC "Russian railways" ..... 38

## Информатика, вычислительная техника и управление

- Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада, Томашевский Ю.Б.** — Возможности облака здравоохранения

- Al' Nasravi Faris Khazim Abdulsada, Tomashevsky Yu.B.* — Healthcare cloud capabilities ..... 45

- Антипенко В.С., Бабич Н.С.** — Математические модели системы управления запасами расходуемых материалов на предприятиях автопрома

- Antipenko V., Babich N.* — Mathematical models of the consumable materials inventory management system at automotive enterprises ..... 53

- Антипина Е.В.** — Роль пользовательского интерфейса программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля

- Antipina E.* — The role of the user interface hardware and software complex patrol car ..... 58

- Астахов М.И., Петрова К.И., Троцкий А.И., Скулябина О.В.** — Интегрированный, предикативный человеко-системный интерфейс искусственного интеллекта

- Astakhov M., Petrova K., Trotsky A., Skulyabina O.* — Integrated, predicative human-system interface of artificial intelligence ..... 65

<b>Асфха Амануэль Эстифанос, Вайш Абхишек</b> — Безопасность функционирования плавучей производственной системы хранения и разгрузки нефти (FPSO) в процессе переработки нефти и газа: анализ потенциальных рисков с использованием методологии системы нечеткого вывода	<b>Николаев Ю.Н., Гущина Ю.В., Алсаади Ахмед Шакир-Исса, Аль Батхави Ахмед Али-Кадом, Четырев К.П.</b> — Имитационное логико-математическое моделирование строительных процессов на многовариантной основе с использованием комбинаторного подхода в рамках автоматизации организационно-технологического проектирования
<i>Asfha Amanuel Estifanos, Vaish Abhishek</i> — Operation security of a floating production, storage and offloading vessel (FPSO) in oil and gas processing: possible risk analysis by the methods of fuzzy interference methods. .... 71	<i>Nikolaev Yu., Gushchina Yu., Alsaadi Ahmed Shakir-Issa, Al Batkhawi Ahmed Ali-Qadom, Chetyrev K.</i> — Simulation logical and mathematical modeling of construction processes on a multivariate basis using a combinatorial approach in the framework of automation of organizational and technological design ..... 115
<b>Истамкулов Х.С.</b> — Анализ использования и применения архитектуры LSTM	<b>Пенин А.С.</b> — Разработка классификатора нагрузки для модели оценки состояния оператора киберфизической системы
<i>Istamqulov H.</i> — Analysis of the use and implementation of LSTM. .... 77	<i>Penin A.</i> — Development of a load classifier for a model for assessing the state of a cyberphysical system operator ..... 123
<b>Карпов Д.А., Воробьева И.А.</b> — Проблемы обеспечения защиты данных в виртуальной инфраструктуре в соответствии с законодательством РФ	<b>Провоторов Н.В., Таратонов И.А.</b> — Модель передачи данных между средой имитационного моделирования и экзоскелетной системой с применением открытого протокола
<i>Karpov D., Vorobieva I.</i> — Problems of data protection in virtual infrastructure in accordance with the legislation of the Russian Federation ..... 81	<i>Provotorov N., Taratonov I.</i> — Model of data transmission between the simulation environment and exoskeleton system using an open protocol ..... 130
<b>Коданев В.Л., Иванов А.Г., Михайлов А.И.</b> — Перспективы миграции на открытое программное обеспечение в образовательных организациях	<b>Расулов М.М.</b> — Структурирование больших данных (big data) для обучения нейросети CNN-ELM в задачах программирования систем распознавания
<i>Kodanev V., Ivanov A., Mikhailov A.</i> — Problems and prospects of import substitution of software in the Russian Federation. .... 85	<i>Rasulov M.</i> — Structuring big data (big data) to train the CNN-ELM neural network in the tasks of programming recognition systems ..... 137
<b>Кондыбаева А.Б.</b> — Проектирование архитектуры автоматизированной системы управления: модель библиотекаря	<b>Рябкова Д.А., Смыслова А.Л., Шабалов В.А.</b> — Многоподходная модель принятия решений в процессе прогнозирования спроса на продукцию металлургических предприятий
<i>Kondybayeva A.</i> — Software architecture design model: the librarian model ..... 92	<i>Riabkova D., Smyslova A., Shabalov V.</i> — Multi-approach model of forecasting demand for products of the metallurgical industry. .... 141
<b>Кулик С.Д., Штанько А.Н.</b> — Элементы системного анализа программ, использующих сверточные нейронные сети	
<i>Kulik S., Shtanko A.</i> — Elements of system analysis of programs using convolutional neural networks. .... 98	
<b>Мансуров Т.А.</b> — Мониторинг портов коммутатора и выявление входных и выходных ошибок	
<i>Mansurov T.</i> — Monitoring switch ports and detecting input and output errors. .... 106	

<b>Ушкова Н.Н., Чесалин А.Н., Болотин К.В.</b> — О визуализации больших данных в информационных системах <i>Ushkova N., Chesalin A., Bolotin K.</i> — Visualization of big data in information systems..... 150	<b>Гурдзибеев А.Б., Аракелян В.С., Папиташвили В.Г.</b> — Клинический случай бессимптомного стеноза внутренней сонной артерии <i>Gurdzibeev A., Arakelyan V., Papitashvili V.</i> — A clinical case of asymptomatic stenosis of the internal carotid artery..... 190
<b>Шармаев В.И., Карпукхин Е.О., Сидорин С.Ю., Жердев А.А.</b> — Деанонимизация пользователя веб-ресурса с применением технологии формирования отпечатка браузера <i>Sharmaev V., Karpukhin E., Sidorin S., Zherdev A.</i> — Deanonymization of a web resource user using browser fingerprint formation technology..... 161	<b>Дубинина В.В., Волков А.В., Балышева А.К., Цекатунов Д.А., Дзюба А.С.</b> — Анализ фенотипа злокачественных опухолей молочной железы женщин, находящихся на лечении в онкологическом центре Хабаровска <i>Dubinina V., Volkov A., Balysheva A., Tsekatonov D., Dzyuba A.</i> — The analysis of breast cancer phenotypes in women treated in the cancer centre of Khabarovsk..... 194
<b>Шахсуварова И.В.</b> — Математические модели и алгоритмы управления транспортными средствами на перекрестках дорог <i>Shakhsuvarova I.</i> — Mathematical models and algorithms for controlling vehicles at intersections..... 168	<b>Журавлева Л.Ю., Эфрос Л.А.</b> — Приоритетные факторы, определяющие развитие патологии почек и артериальной гипертензии у больных сахарным диабетом 1-го типа <i>Zhuravleva L., Efros L.</i> — Influence of kidney pathology on the development of arterial hypertension in patients with type 1 diabetes mellitus..... 200
<b>Шоберг А.Г., Чепурко С.А.</b> — Влияние вида используемой матрицы на результаты выполнения преобразований <i>Shoberg A., Chepurko S.</i> — Effect of used matrix type on transform results..... 173	<b>Иманмаликова А.Х., Кабытова М.В., Кантария Г.О., Адмаев Е.В.</b> — Изучение частоты встречаемости абфракционных поражений и их признаков среди населения города Волгограда <i>Imanmalikova A., Kabytova M., Kantaria G., Admaev E.</i> — A study of the frequency of abfraction lesions and their signs among the population of the city of Volgograd..... 209
<b>Клиническая медицина</b>	
<b>Абуладзе И.О., Климов А.Е.</b> — Основные направления развития малоинвазивной хирургии <i>Abuladze I., Klimov A.</i> — Main directions of development of minimally invasive surgery..... 178	<b>Кабулова И.В., Цаллагова Л.В.</b> — Повышение эффективности лечения бесплодия и невынашивания беременности с применением сульфидной бальнеотерапии <i>Kabulova I., Tsallagova L.</i> — Increasing the efficiency of infertility and mission treatment using sulfide balneotherapy..... 214
<b>Балабанова О.А., Сидорова К.А., Драгич О.А., Татарникова Н.А.</b> — Клиническое обоснование терапевтических мероприятий при калицивирусной инфекции кошек <i>Balabanova O., Sidorova C., Dragich O., Tatarnikova N.</i> — Clinical justification of the therapeutic intervention in case of feline calicivirus..... 181	<b>Кабытова М.В., Харламова О.В., Рыжкова В.И.</b> — Анализ клинического случая гипертрофии десен на фоне приема гипотензивных препаратов <i>Kabytova M., Kharlamova O., Ryzhkova V.</i> — Clinical case analysis of gingival hypertrophy on antihypertensive medication..... 220
<b>Белозерцева О.П., Шурыгина И.А.</b> — Эффект использования защитного средства для лечения слизистой оболочки губ <i>Belozertseva O., Shurygina I.</i> — The effect of using a protective agent for the treatment of the lips mucosa..... 185	

**Москалец О.В.** — Случай селективного дефицита иммуноглобулина а как осложнение терапии ритуксимабом

*Moskalets O.* — A case of selective immunoglobulin a deficiency as a complication of rituximab treatment. . 224

**Требунских А.С., Целкович Л.С., Балтер Р.Б., Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В., Ильченко О.А.** —

Сравнительный анализ исходов экстракорпорального оплодотворения у женщин, получавших различные варианты лечения миомы матки, ассоциированной с бесплодием

*Trebunskikh A., Tselkovich L., Balter R., Ibragimova A., Ivanova T., Ilchenko O.* — Comparative analysis of the outcomes of ivf in women receiving various options for the treatment of uterine fimoma associated with infertility. . . . . 227

**Цороева М.Б., Цороева Д.Б., Хасанова Д.Д., Каркаева М.Р., Алпацкая А.Д., Абдуллаев И.А.** — Клиническая характеристика и непосредственные результаты хирургического лечения больных с перфоративными язвами желудка и двенадцатиперстной кишки

*Tsoroeva M., Tsoroeva D., Khasanova J., Karkaeva M., Alpatskaya A., Abdullaev I.* — Clinical characteristics and short-term outcomes of surgical treatment of patients with gastorodoudenal perforated ulcers. . . . 233

**Юсупалиева М.М., Чудинова Д.С., Заурова М.Б., Энзель Д.А.** — COVID-19 в популяции больных туберкулезом

*Yusupalieva M., Chudinova D., Zaurova M., Enzel D.* — COVID-19 in the population of tuberculosis patients . . . 238

#### Информация

Наши авторы. Our Authors. . . . . 245

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале . . . . . 249

# УДАЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДЬЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПРОПЕЛЯ И РОГОЗА

## REMOVAL OF HEAVY METALS IN ARTIFICIAL WETLANDS LANDS USING SAPROPEL AND CATTAILS

*E. Wall  
N. Akhmedova*

*Summary.* Heavy metals (HM) occupy one of the first places among the main pollutants of surface water bodies and groundwater. HM in large quantities have a negative impact on living organisms. Their spread occurs quite quickly and leads to degradation of the water body. This article presents the results of studies of the cleansing ability of an artificially created wetland.

*Keywords:* sapropel, cattail, heavy metals, purification, wetlands, sewage treatment plant.

**Валл Евгений Валерьевич**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»  
wall\_ewgen@mail.ru

**Ахмедова Наталья Равиловна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»  
natalya.ahmedova@klgtu.ru

*Аннотация.* Тяжелые металлы (ТМ) занимают одно из первых мест в ряду основных загрязнителей поверхностных водных объектов и грунтовых вод. ТМ в больших количествах оказывают негативное влияние на живые организмы. Их распространение происходит достаточно быстро и приводит к деградации водного объекта. В данной статье представлены результаты исследований очищающей способности искусственно созданного водно-болотного угодья.

*Ключевые слова:* сапропель, рогоз, тяжёлые металлы, очистка, водно-болотные угодья, очистное сооружение.

## Введение

**Н**а планете с каждым годом растёт дефицит чистой воды. В современном мире вода является важнейшим фактором, определяющим размещение производственных сил. На данный момент особенно остро стоит вопрос снижения уровня загрязнения водоёмов на территории городов. Проблема очистки сточных вод от загрязнителей всегда была и остаётся актуальной проблемой современности.

Водно-болотные угодья — это искусственно созданные болотные системы, основанные на способности растений, почвы и связанных с ними микробных сообществ поглощать, разлагать и аккумулировать загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах.

На данном этапе развития человеческой цивилизации, ввиду истощения запасов природных энергоносителей, остро стоит вопрос создания систем с низким энергопотреблением. Водно-болотные угодья в экономическом плане являются идеальным вариантом способным заменить «классические» очистные сооружения.

## Цель работы

Оценить очистительную способность сапропеля, засаженного рогозом, в условиях климата Калининградской области.

## Материалы и методы

### Исследовательская установка

В опыте использовались два типа установок с разными условиями — затопленная и незатопленная.

Экспериментальная установка № 1 (незатопленная) состоит из водно-болотных угодий, в которых создается неподвижное ложе с растительностью. Вода поступает сверху равномерно распределяясь по поверхности, затем с помощью дренажной системы отводится в бак с очищенной водой (рис. 1). Контрольные камеры устанавливаются в начале и в конце сооружений. В этих камерах можно измерять различные параметры и отбирать пробы для определения концентраций загрязняющих веществ.

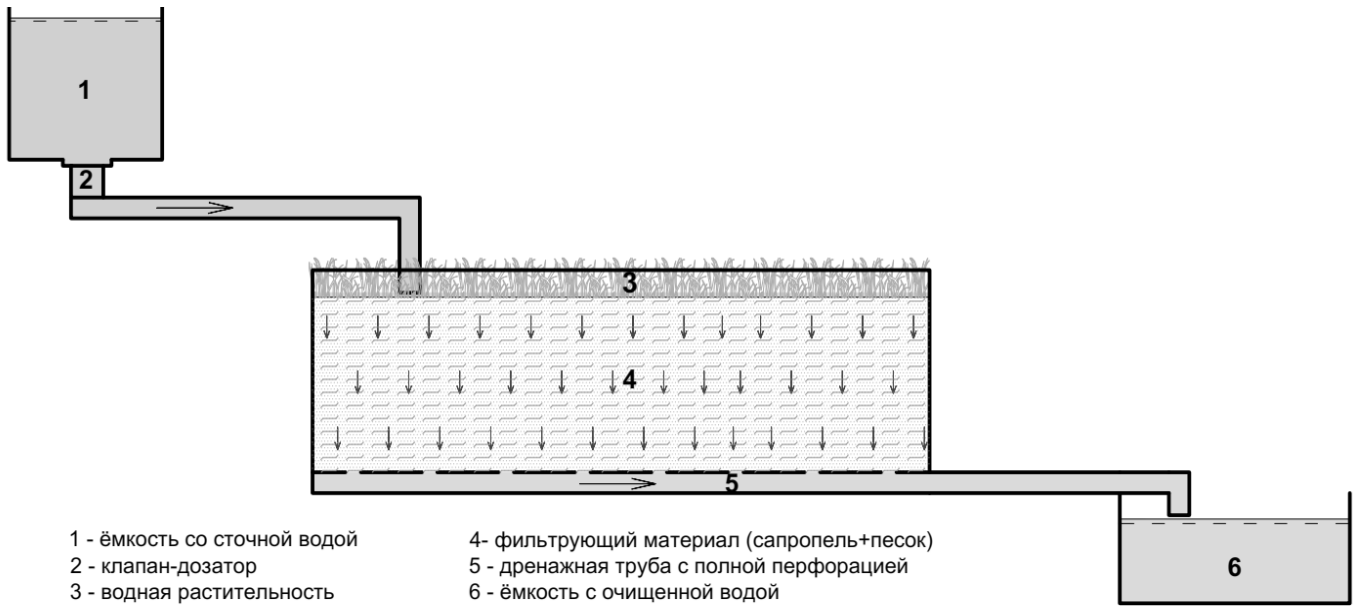


Рис. 1. Схема экспериментальной установки № 1



Рис. 2. Схема № 2

Экспериментальная установка № 2 (затопленная) состоит из водно-болотных угодий, в которых создается неподвижное ложе с растительностью. Вода поступает снизу, распределяется с помощью дренажной системы по дну и заполняет ёмкость, отводится в бак с очищенной водой через перелив (рис. 2). Контрольные камеры устанавливаются в начале и в конце сооружений.

Параметры установок:

- ◆ объем (рабочий) — 35 л;
- ◆ площадь водно-болотного угодья — 0,2 м<sup>2</sup>;
- ◆ максимальный пропускной расход — 5 л/сут.

В качестве наполнителя использовалась сапрпель, смешанный с песком в соотношении 1:1 сухого веса (рис. 3).

После заполнения ёмкостей смесью из сапрпеля и песка, высаживался рогоз. Данное растение является естественным очистителем водоёма. Как показывают исследования, рогоз с помощью своей корневой системы способен аккумулировать многие тяжёлые металлы.

С апреля по июль был обеспечен рост растений для создания стационарных условий, столько потребовалось рогозу чтоб он принялся, и его корневая система укрепились. Далее в течении одного месяца осуществ-






Сапрпель	Песок
	
<p>Характеристики: Органическое вещество — 60%; Водородный показатель — 7,2 ед. рН.</p>	<p>Характеристики: Группа — средний; Модуль крупности — 2,0–2,5 мм.</p>
<b>Получаемая смесь (песок+сапрпель)</b>	
	

Рис. 3

	
Установка № 2	Установка № 1

влялась подача сточной воды расходом 0,05 л/сут, для адаптации растений и запуска естественных процессов самоочистения. По истечению одного месяца приступили к проведению опытов (рис. 4).

#### Результаты исследований

Как объект исследований использовалась вода из поверхностного водотока, загрязнённая тяжёлыми металлами, концентрации которых значительно превышают

предельно допустимые концентрации для водоёмов рыбохозяйственного значения. Исследование воды проводилось в аккредитованной испытательной лаборатории.

Концентрация ТМ в исследуемой воде до очистки представлены в таблице 1.

Максимальная пропускная способность установки через клапан-дозатор составляет 5 л/сут. В процессе проведения опыта через установки пропускался различ-

Таблица 1. Концентрация ТМ до очистки

Установка	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	Медь, мг/дм <sup>3</sup>	Никель, мг/дм <sup>3</sup>
Вода	0,27	0,0076	0,0083	0,0029	0,023

Таблица 2. Концентрация ТМ после очистки

Установка	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	Медь, мг/дм <sup>3</sup>	Никель, мг/дм <sup>3</sup>
<b>Объём — 5 литров Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,27	0,0076	0,0081	0,0028	0,022
Установка № 2	0,26	0,0075	0,0080	0,0027	0,021
<b>Объём — 4 литров Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,26	0,0073	0,0079	0,0026	0,022
Установка № 2	0,23	0,0070	0,0075	0,0023	0,020
<b>Объём — 2 литров Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,26	0,0071	0,0077	0,0024	0,020
Установка № 2	0,20	0,0060	0,0068	0,0020	0,018
<b>Объём — 1 литр Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,24	0,0068	0,0074	0,0020	0,019
Установка № 2	0,13	0,0045	0,0054	0,0012	0,011
<b>Объём — 0,5 литров Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,21	0,0063	0,0072	0,0017	0,017
Установка № 2	0,10	0,0037	0,0048	0,0008	0,010
<b>Объём — 0,1 литр Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,18	0,0062	0,0071	0,0016	0,017
Установка № 2	0,07	0,0023	0,0034	0,0007	0,009
<b>Объём — 0,05 литров Время — 1 сутки</b>					
Установка № 1	0,17	0,0062	0,0070	0,0015	0,017
Установка № 2	0,07	0,0023	0,0033	0,0007	0,008

ный расход исследуемой воды для понимания зависимости степени очистки от пропускаемого расхода. Через установки пропусклся расход 5, 4, 2, 1, 0,5, 0,1 и 0,05 л/сут. Результаты опытов представлены в таблице 2.

По результатам проведённых опытов можно сделать вывод, что экспериментальные установки очищают исследуемую воду от ТМ.

При пропуске максимального расхода 5л/сут, установки не справлялись со своей задачей, что связано в пер-

вую очередь с большим расходом пропускаемой воды. После уменьшения расхода, запустились естественные природные процессы, обеспечивающие очистку.

Максимальная эффективность установок была достигнута при пропуске расхода 0,05–0,1 л/сут.

#### Заключение

Проведенные исследования показали, что экспериментальные установки, созданные по типу водно-бо-

лотных угодий, справляются с очисткой сточных вод от тяжёлых металлов. Установка № 2 более эффективно справилась с тяжёлыми металлами, что связано в первую очередь с тем, что вода проходит через фильтрующий слой медленней чем в установке № 1.

Недостатком таких систем можно назвать то, что для их эксплуатации нужны большие площади. Несмотря на это данные системы можно использовать для очистки сточных вод небольших населённых пунктов, предприятий и частных домов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Валл Е.В., Ахмедова Н.Р. Гранулометрический состав донных отложений локальных участков реки Анграпы // Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2019, Т. 5, № 2. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2019/07/2019-N2-WallAhmedova.pdf>
2. Валл Е.В., Ахмедова Н.Р. К вопросу о способах экологического восстановления малых водотоков (статья) // Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета (Астрахань, 20–25 апреля 2020 года) [Электронный ресурс]. Материалы конференции. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2020. — 1 электрон. опт. диск.
3. Савичев О.Г. Биологическая очистка сточных вод с использованием болотных биогеоценозов // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 312. № 1.
4. Диренко А.А., Кнус А., Коцарь Е.М. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока // Санитарная техника и водоснабжение. — 2006. — № 5. — С. 15–18.
5. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение. — М.: ИНФРА-М, 2007. — 415 с.
6. Жуков Б.Д. Экологическое домостроение. Устройства и технологии децентрализованной очистки бытовых сточных вод: Аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ. — Новосибирск, 1999. — 113 с.

© Валл Евгений Валерьевич ( wall\_ewgen@mail.ru ), Ахмедова Наталья Равиловна ( natalya.ahmedova@kigtu.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Калининград

# ПРИМЕНЕНИЕ NOSTOC COMMUNE В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

## APPLICATION OF NOSTOC COMMUNE AS A BIOINDICATOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION: LITERATURE REVIEW AND RESULTS OF EDUCATIONAL EXPERIMENTS

*O. Vitjazeva*

*Summary.* Based on the literature data, *Nostoc commune* is recommended as one of the objects of bioindication of environmental pollution. During the first (pilot) stage of student educational experiments, calibration series for some pollutants were constructed for the purpose of subsequent evaluation of soil samples when studying the state of the soil according to its "flowering". The assessment of the biodiversity of microphototrophs in the soil also made it possible to assess both the impact of oil pollution and its processing products, as well as various nitrogen-containing substances. It turned out to be possible to apply similar techniques also for the determination of specific pollutants in snow samples.

*Keywords:* bioindicator, *nostoc commune*, environmental contamination, soil contamination.

**Витязева Ольга Владимировна**

*К.п.н., доцент, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала*

*С.О. Макарова»*

*vitjazeva\_olga@mail.ru*

*Аннотация.* На основании литературных данных, одним из объектов биоиндикации загрязненности окружающей среды рекомендован *Nostoc commune*. В ходе первой (пилотной) стадии учебных студенческих экспериментов при исследовании состояния почвы по ее «цветению» были построены калибровочные ряды для некоторых загрязнителей, с целью последующей оценки проб почвы. Оценка биоразнообразия микрофототрофов в почве также позволила оценить как воздействие загрязнений нефтью и продуктами ее переработки, так и различными азотсодержащими веществами. Применить подобные методики оказалось возможным также для определения специфических загрязняющих веществ в пробах снега.

*Ключевые слова:* биоиндикатор, *nostoc commune*, загрязненность окружающей среды, загрязнение почвы.

**В**ажнейшей составной частью экологического мониторинга окружающей природной среды является биомониторинг, как система наблюдений, оценки и прогноза различных изменений в биоте, вызванных факторами антропогенного происхождения. Значимость биомониторинга определяется следующими аспектами:

1. Он, делает возможной оценку качества тех или иных компонентов окружающей среды (как прямую, так и косвенную, в зависимости от оцениваемых параметров и выбранных маркеров) [8].
2. Проведение биомониторинга необходимо с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования степени загрязнения (в том числе биоты) [6];
3. Многие биоиндикаторы имеют большое значение при моделировании поведения различных загрязнителей в природной среде — а соответственно, пригодны для гигиенического нормирования [9].

Одними из основных биоиндикаторов, во всех этих смыслах, являются цианобактерии, в том числе рода

*Nostoc*. Это обусловлено оптимальным сочетанием их биофизиологических характеристик, хорошей исследованностью основных закономерностей особенностей роста и размножения, известными параметрами морфологии и ферментного обмена. Хотя и не все водоросли этого рода одинаково изучены, и не все обладают одинаковой чувствительностью к загрязнителям окружающей среды, поэтому выбор биоиндикатора ограничен всего несколькими видами, и в том числе *Nostoc commune* [1].

При этом некоторые морфологические и биохимические особенности делают именно *Nostoc commune* удобным объектом для биомониторинга загрязнения почвы и воды, по следующим причинам:

- ♦ он, наряду с другими сине-зелеными водорослями присутствует в большинстве экосистем (от тундры до тропической зоны), поэтому может быть компонентом качественно и количественно различных природных сообществ;
- ♦ скорость его роста в различных условиях известна, как и особенности реагирования на разнообразные загрязнители окружающей среды;

- ◆ различные представители рода носток имеют разную чувствительность к тем или иным загрязнителям воды и почвы.

Кроме того, носток может быть индикатором и степени нарушенности почв вследствие антропогенной нагрузки. Так, усиление развития его отмечалось при увеличении рекреационной нагрузки парков и лесов, так как эти водоросли предпочитают открытые, уплотненные участки почвы и щелочную реакцию среды. И напротив, одной из причин слабого развития ностока в эродированных почвах является неблагоприятные условия существования и особенно смыв гумуса — но, соответственно, носток может служить как маркером антропогенной нагрузки, так и степени эрозии почв. [7].

С помощью ностока в качестве индикатора принципиально возможно:

- ◆ обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений, прежде всего в аспекте специфичных отклонений от нормальной морфологии клетки;
- ◆ можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы — в этом смысле ностоки более или менее типичны для любого биоценоза и любого конкретного экологического объекта (лес, река, озеро, бентос, отмель каменная или песчаная и т.д.);
- ◆ прогнозировать дальнейшее развитие экосистемы, так как существуют некоторые математические модели, по которым возможен такой прогноз [5].

В этом смысле преимуществом методов биоиндикации и биотестирования, с помощью ностока, является интегральный характер ответных реакций на то или иное загрязнение. Кроме того, в условиях хронической антропогенной нагрузки носток, в силу своего достаточно быстрого роста, способен реагировать на очень слабые воздействия, а также позволяет оценивать скорость и интенсивность происходящих в окружающей среде изменений (в данном случае опосредованно, через скорость роста, и типы обмена веществ у ностока на разных глубинах в почве) [7].

Кроме того, по ряду морфологических признаков ностока возможно определить места скоплений загрязнителей и сделать вывод о происхождении этих скоплений (залповый выброс, хроническое либо субхроническое воздействие, аккумуляция, перенос загрязнителя талой или дождевой водой, и т.п.) [4].

Все эти выводы из анализа доступных источников были подтверждены на первой (ориентировочной) стадии ряда студенческих проектов по экологии с исполь-

зованием *Nostoc commune* в качестве модельного объекта.

Прежде всего, были проведены исследования состояния почвы по ее «цветению», под которым понимается массовое размножение водорослей и цианобактерий на поверхности почвы. При этом такое явление инициировалось при помещении различных проб почвы в чашки Петри в лабораторных условиях, с соответствующим увлажнением. При этом при избыточном содержании пестицидов и нефтепродуктов такое цветение значительно ниже, чем в незагрязненных почвах, а при избытке азота — выше. Постановка такого опыта с построением «модельного ряда» (то есть, когда в чистую пробу почвы вносится точно отмеренное количество определенного загрязнителя) позволяет построить калибровочные ряды для каждого загрязнителя, с целью последующей оценки проб почвы, взятых в неблагоприятных по данному загрязнителю регионах.

Второй важный вопрос биомониторинга, поддающийся исследованию в условиях учебных студенческих проектов — это оценка биоразнообразия микрофототрофов в почве. Так, при естественном состоянии почвы Нечерноземья, в ней примерно в равном соотношении присутствуют пять основных группировок почвенных микрофототрофов: одноклеточные (зеленые, желто-зеленые), нитчатые (зеленые, желтозеленые водоросли), диатомовые водоросли, а также безгетероцистные (не азотфиксирующие) и гетероцистные (азотфиксирующие) цианобактерии [2]. Резкое снижение или отсутствие любой из таковых пяти группировок предполагает определенное неблагополучие, а при отсутствии двух или трех из них позволяет диагностировать нарушение биологического баланса. В сильно загрязненных почвах (особенно нефтепродуктами) обнаруживалась только одна группировка водорослей — одноклеточные зеленые (чаще всего, хлорелла), с малой численностью клеток.

Кроме того, по результатам первой стадии учебных студенческих проектов, перспективным можно признать метод стеклообрастания. Первоначально он использовался для определения качественного и количественного состава микробиоты [3]. Мы же предлагаем использовать его для биотестирования структурных изменений микробиоценозов при химическом загрязнении почвы. В условиях увлажнения, примерно на третьи сутки, на покровных стеклах в чашках Петри развиваются сообщества, которые являются полными аналогами таковых в нативной (природной) почве. Так становится возможным на качественном уровне судить о том, обладает ли проба почвы с конкретного участка фитотоксичными свойствами (и какими именно), и требуются ли те или иные мероприятия по ее оздоровлению.

Важнейшей задачей экологического мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, с использованием снега как индикатора, является отработка методов определения в пробах снега (в органической части сухого остатка талой воды) специфических загрязняющих веществ, однако в зависимости от их конкретики выбор модельного объекта может предполагать не только носток, но и многие другие почвенные водоросли.

Таким образом, на основании обзора литературы и учебных экспериментов студентов можно заключить следующее.

1. Ввиду особенностей биологии и экологии *Nostoc commune*, его применение в качестве объекта мониторинга для определения степени загрязнения вод и почвы обусловлено, прежде всего, особенностями его обмена веществ. Прежде всего, в части сочетания потребления различных связанных форм азота (что актуально при загрязнении почвы нитратами и солями аммония), а также загрязнений водоёмов отходами животноводческих ферм, азотными удобрениями или (обычно во время снеготаяния) смывами почвы с органическими удобрениями с полей.

2. Ввиду своих биофизиологических особенностей, *Nostoc commune* обладает оптимальным набором биоиндикационных свойств, и потому к нему применимы все основные качественные и количественные методы мониторинга численности и видового разнообразия почвенных водорослей (как в зонах загрязнения, так и в экологически чистых зонах, выбираемых в качестве контрольных). Особенно это значимо в части загрязнения почв и вод нефтью и продуктами ее переработки
3. Несомненным преимуществом *Nostoc commune* является достаточно широкий диапазон, и обычность его для большинства биоценозов на территории России — соответственно, при анализе данных это исключает неконтролируемый разброс параметров при мониторинговых исследованиях. Хотя многое зависит не только от химической природы этих веществ, но и от генетических свойств штамма. Соответственно, в ходе последующих экспериментов может быть выбран штамм, особо чувствительный к значимым изменениям концентрации тех или иных веществ в окружающей среде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гераськин С.А. Принципы эколого-генетического мониторинга загрязнения окружающей среды ксенобиотиками. // в сб.: Мониторинг загрязнения почв ксенобиотиками и адсорбционные методы детоксикации. Краснодар. 1993. — С. 7–10.
2. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы в агроэкосистемах и закономерности его развития. Автореферат диссертации ... докт. биол. наук. М., 1998. — 28 с.
3. Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методика изучения почвенных водорослей. Уфа, 2001. — 156 с.
4. Лапочкина И.Ф., Ячевская Г.Л., Иорданский И.В. и др. Влияние внесения осадков сточных вод и сорбентов на цитологические параметры растений. // Тезисы юбилейной конференции «Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук. Биология, Химия». — Ярославль, 1995. — С.20–23.
5. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды. // Доклады академии наук. — 1994. -N2. — С.280–282.
6. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х., Воронина Л.П. Биотест для определения экологических последствий применения химических средств защиты растений. // Доклады ВАСХНИЛ. — 1991. -N. 7. — С.5–9.
7. Русанов А.М. Перспективы сохранения и восстановления свойств и экологических функций почв сельскохозяйственного назначения // Экология. — 2003 — № 1. — с. 12–17.
8. Черненькова Т.В. Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий // Пограничные проблемы экологии. Сб. Научн. трудов. — Свердловск: УНЦ АН ССР. 1986. С. 116–127.
9. Шандала М.Г. Генетическое и экологическое нормирование: методологические подходы и пути интеграции. // Гигиена и санитария. — 1992. — № 4. — с. 19–24.

© Витязева Ольга Владимировна ( vitjazeva\_olga@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЧ — 1 (ОПЫТНАЯ МОСКОВСКАЯ ДИСТАНЦИЯ ПУТИ)

## DETERMINATION OF THE SIGNIFICANCE OF ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE PRODUCTION AND ECONOMIC ACTIVITIES OF HRE — 1 (EXPERIMENTAL MOSCOW DISTANCE OF THE WAY)

**A. Demyanenko  
E. Pavlenko**

*Summary.* The assessment of the impact of the activity of the track distance on the environment includes the identification of the main factors of influence, their quantitative characteristics and the determination of the degree of impact of environmental aspects on the environment. As a rule, almost every section of the route, without a special additional survey, can provide a list of environmental impact factors. To quantitatively characterize the impact factors, instrumental measurements of the impact parameters are made or calculation methods are used. Determining the degree of impact or ranking means determining the relative "importance" of the impact factors and the priority of solving the identified problems. The article discusses the general identification algorithm and assessing the importance of environmental aspects in railway transport enterprises.

*Keywords:* railway transport, ecology, environmental management system, identification of environmental aspects, assessment of the significance of environmental aspects, environmental impact.

**Демьяненко Александр Федорович**

Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Российский  
университет транспорта» (МИИТ)  
afdco89@rambler.ru

**Павленко Екатерина Константиновна**

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»  
(МИИТ)  
katerina-pavlenko@mail.ru

*Аннотация.* Оценка воздействия деятельности дистанции пути на окружающую среду включает выявление основных факторов воздействия, их количественную характеристику и определение степени воздействия экологических аспектов на окружающую среду. Как правило, почти каждый участок дистанции без специального дополнительного обследования может представить перечень факторов воздействия на окружающую среду. Для количественной характеристики факторов воздействия производятся инструментальные измерения параметров воздействия или используются расчетные методы. Определение степени воздействия или ранжирование означает определение сравнительной «важности» факторов воздействия и очередности решения выявленных проблем. В статье рассматривается общий алгоритм идентификации и оценки значимости экологических аспектов на предприятиях железнодорожного транспорта.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, экология, система экологического менеджмента, идентификация экологических аспектов, оценка значимости экологических аспектов, воздействие на окружающую среду.

### Описание порядка идентификации экологических аспектов

Основными источниками информации при выявлении видов деятельности, которые воздействуют или могут воздействовать на окружающую среду, и идентификации экологических аспектов являются:

- ◆ проект нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ), допустимых сбросов (НДС), проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР);
- ◆ государственная статистическая отчетность по формам 2-ТП (водхоз), 2-ТП (воздух), 2-ТП(отходы), 4-ОС.

- ♦ расчеты платежей за загрязнение окружающей среды;
- ♦ Результаты производственного экологического контроля и контроля в области промышленной безопасности;
- ♦ имеющиеся материалы обследований, мониторинга и т.п.;
- ♦ рабочие проекты на строительство, внутренняя нормативная документация (инструкции, положения, приказы);
- ♦ условия работы (штатный, нештатный, аварийный режим).

Источниками воздействия на окружающую среду являются: технологические процессы, оборудование, конкретные виды продукции, услуг и отходы [2].

При определении источников воздействий на окружающую среду оцениваются нормальные и аномальные условия работы, включая запуски, остановки, техническое обслуживание, нештатные ситуации.

В ходе идентификации экологических аспектов от каждого источника воздействия на окружающую среду необходимо выявить все экологические аспекты, путем проведения:

- ♦ анализа документов, связанных с производственными операциями на каждом участке структурного подразделения;
- ♦ визуального осмотра участков структурного подразделения и опроса производственного персонала;
- ♦ анализа происходивших ранее аварийных разливов и выбросов загрязняющих веществ, а также физических воздействий на окружающую среду (например, пожары, взрывы);
- ♦ экспертного выявления потенциально возможных аварийных ситуаций, которых ранее не случалось в практике деятельности подразделения [3].

### Оценка значимости экологических аспектов

Оценка значимости экологических аспектов в ОАО «РЖД» осуществляется по критериям значимости, имеющих балльный эквивалент.

Экологические аспекты разделяются на две группы:

Группа 1. Экологические аспекты, связанные с воздействием на окружающую среду в штатных, нештатных, аварийных режимах: выбросы, сбросы, отходы, физические воздействия (шум и др.) и др.

Группа 2. Экологические аспекты, связанные с потреблением ресурсов: электрическая и тепловая энергия,

природный газ, уголь, мазут, дизельное топливо, вода и др. [4].

Оценка значимости экологических аспектов производится на основе трех критериев значимости по каждому экологическому аспекту:

Критерий 1. Негативное воздействие на окружающую среду;

Критерий 2. Законодательные и другие требования;

Критерий 3. Мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон.

Определение критерия «Негативное воздействие на окружающую среду»

Определение критерия «Негативное воздействие на окружающую среду» рассчитывается по формуле 1:

$$K_{\text{ЭК}} = V_{\text{возд}} * D_{\text{возд}} \quad (1)$$

Где:  $K_{\text{ЭК}}$  — критерий «Негативное воздействие на окружающую среду»;

$V_{\text{возд}}$  — объем воздействия;

$D_{\text{возд}}$  — опасность воздействия.

### 1. Оценка объема воздействия на атмосферный воздух, водные объекты, образование отходов, загрязнение почв

Для соотношения балльной оценки и степени воздействия источника на атмосферу, водные объекты, размещение отходов, используется шкала, приведенная в таблице 1. В таблице 1 приняты следующие сокращения:

$C_{\text{атм}}^{\text{год}}$  — выброс загрязняющего вещества в атмосферный воздух от источника негативного воздействия за год;

$C_{\text{сброс}}^{\text{год}}$  — сброс вредных веществ в водные объекты от источника негативного воздействия;

$C_{\text{отходы}}^{\text{год}}$  — образование отходов за год;

$V_{\text{атм}}^{\text{год}}$  — общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух структурного подразделения за год;

$V_{\text{сброс}}^{\text{год}}$  — общий объем сброса вредных веществ в водные объекты структурного подразделения за год;

$V_{\text{отходы}}^{\text{год}}$  — общий объем образования отходов структурного подразделения за год.



Таблица 1. Определение баллов при воздействии на окружающую среду.

Балл	Степень воздействия
1	$C_{\text{год}}^{\text{атм}} \leq V_{\text{год}}^{\text{атм}} \cdot 10^{-3}$ $C_{\text{год}}^{\text{сброс}} \leq V_{\text{год}}^{\text{сброс}} \cdot 10^{-3}$ $C_{\text{год}}^{\text{отходы}} \leq V_{\text{год}}^{\text{отходы}} \cdot 10^{-3}$
2	$V_{\text{год}}^{\text{атм}} \cdot 10^{-3} < C_{\text{год}}^{\text{атм}} \leq 0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}}$ $V_{\text{год}}^{\text{сброс}} \cdot 10^{-3} < C_{\text{год}}^{\text{сброс}} \leq 0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}}$ $V_{\text{год}}^{\text{отходы}} \cdot 10^{-3} < C_{\text{год}}^{\text{отходы}} \leq 0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}}$
3	$0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}} < C_{\text{год}}^{\text{атм}} \leq 0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}}$ $0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}} < C_{\text{год}}^{\text{сброс}} \leq 0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}}$ $0,01 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}} < C_{\text{год}}^{\text{отходы}} \leq 0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}}$
4	$0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}} < C_{\text{год}}^{\text{атм}} \leq 0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}}$ $0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}} < C_{\text{год}}^{\text{сброс}} \leq 0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}}$ $0,1 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}} < C_{\text{год}}^{\text{отходы}} \leq 0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}}$
5	$0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{атм}} < C_{\text{год}}^{\text{атм}}$ $0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{сброс}} < C_{\text{год}}^{\text{сброс}}$ $0,15 \cdot V_{\text{год}}^{\text{отходы}} < C_{\text{год}}^{\text{отходы}}$

Таблица 2. Оценка критерия по опасности воздействия для выбросов в атмосферу.

Балл	Токсичность
1	$A_i < 1$
2	$1 < A_i < 50$
3	$51 < A_i < 100$
4	$101 < A_i < 500$
5	$A_i > 500$

## 2. Параметр значимости «Опасность воздействия»

Характеризует последствия воздействия аспекта на окружающую среду. Критерии оценки по опасности воздействия рассчитываются:

- ♦ выбросы в атмосферу — в пересчете на условный загрязнитель ПДКсс, который равен 1 мг/м<sup>3</sup>. Данный показатель рассчитывается по формуле 2:

$$A_i = 1 / \text{ПДКсс} \quad (2)$$

Где:

- ♦  $A_i$  — токсичность воздействия выброса в единицах токсичности;
- ♦ 1 — условный загрязнитель, ПДКсс которого равно 1 мг/м<sup>3</sup>;
- ♦ ПДКсс — предельно допустимая концентрация среднесуточная, мг/м<sup>3</sup>.

В случае если для выброса не установлено ПДКсс, то используется предельно-допустимая концентрация

Таблица 3. Оценка критерия «Законодательные и другие требования».

Балл	Соответствие требованиям природоохранного законодательства
1	соответствует
5	не соответствует

Таблица 4. Мнение внутренних и внешних заинтересованных сторон.

Критерии оценки	Соответствие требованиям	Балл
Жалобы со стороны населения, общественности	Отсутствуют или единичные зарегистрированные случаи обращения	1
	Систематические жалобы	5
Предписания контролирующих органов	Не предъявляются	1
	Предъявляются периодически (не более 2 раз в год)	3
	Является постоянным объектом контроля (более 2 раз в год)	5
Требования персонала структурного подразделения из-за оказания влияния на технологическое оборудование, процессы, здоровье людей	Не предъявлялись	1
	Предъявлялись периодически (не более 2 раз в год)	3
	Предъявляются постоянно (более 2 раз в год)	5

максимально разовая, ПДК<sub>мр</sub> или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия).

Оценка критерия по опасности воздействия для выбросов в атмосферу проводится по следующей таблице:

В случае если для выброса не установлено ПДК<sub>сс</sub>, то используется предельно-допустимая концентрация максимально разовая, ПДК<sub>мр</sub> или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия) [8].

**Описание критерия «Законодательные и другие требования»**

К законодательным и другим требованиям относится:

- ♦ соответствие требованиям природоохранного законодательства. (Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N7-ФЗ) [7].

Оценка проводится для каждой группы аспектов. Критерии оценки приведены в таблице 3.

**Описание критерия «Мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон»**

К мнениям внутренних и внешних заинтересованных сторон относятся:

- ♦ жалобы со стороны населения, общественности;
- ♦ предписания контролирующих органов;

- ♦ требования персонала структурного подразделения из-за оказания влияния на технологическое оборудование, процессы, здоровье людей.

Оценка проводится для каждой группы аспектов. Критерии оценки приведены в таблице 4.

Определение значимости критерия «Мнение внутренних и внешних заинтересованных сторон» рассчитывается по формуле 3.

$$K_{\text{мн}} = A * B * C \quad (3)$$

Где:  $K_{\text{мн}}$  — критерий «Мнение внутренних и внешних заинтересованных сторон»;

A — критерий оценки жалобы со стороны населения, общественности, балл;

B — критерий оценки предписания контролирующих органов, балл;

C — критерий оценки требования персонала структурного подразделения из-за оказания влияния на технологическое оборудование, процессы, здоровье людей.

**Оценка интегральной значимости экологического аспекта**

Оценка интегральной значимости экологического аспекта структурного подразделения на линейном уровне определяется по формуле 4:

Таблица 5. Определение объема воздействия экологических аспектов.

Экологический аспект	Объем воздействия, $C_{200r}$ т/год	Общий объем воздействия от структурного подразделения, $B_{200r}$ т/год	Балл
Оксид железа	0,0143305	0,0412602	3
Оксид азота	0,0004080	0,0004110	2
Фториды газообразные	0,0000040	0,0001920	2
Оксид углерода	0,0253337	0,0738310	5
Углеводороды предельные C12-C19	0,0011840	0,0011840	3
<b>2 вид деятельности</b>			
Оксид углерода	0,3	0,4	5

Таблица 6. Определение опасности воздействия экологических аспектов.

Экологический аспект	Токсичность/класс опасности/норматив	Балл
<b>1 вид деятельности</b>		
Оксид железа	1/0,2 = 5,0	2
Оксид азота	1/0,4 = 2,5	2
Фториды газообразные	1/0,15 = 6,7	2
Оксид углерода	1/5 = 0,2	1
Углеводороды предельные C12-C19	1/1,2 = 0,8	1
<b>2 вид деятельности</b>		
Оксид углерода	1/3 = 0,33	1

$$S_{ai}^l = \sum K_j \quad (4)$$

Где:

$S_{ai}^l$  — интегральная значимость i-ого экологического аспекта структурного подразделения на линейном уровне;

$K_j$  — оценка j-ого критерия экологического аспекта.

По результатам расчета, экологическому аспекту присваивается уровень значимости, характеризующейся соответствующим символом:

- ◆ (М) — малое воздействие (если интегральная величина значимости экологического воздействия оценивается значением от 2 до 9 баллов);
- ◆ (С) — среднее воздействие (если интегральная величина значимости экологического воздействия оценивается значением от 10 до 18 баллов);
- ◆ (Н) — нежелательное воздействие (если интегральная величина значимости экологического воздействия оценивается значением от 19 до 33 баллов);
- ◆ (К) — критическое воздействие (если интегральная величина значимости экологического воздействия оценивается значением от 34 до 55 баллов) [5].

Значимыми являются аспекты, оказывающие по результатам оценки нежелательное (Н) или критическое воздействие (К) на окружающую среду.

**Пример порядка идентификации экологических аспектов структурного подразделения линейного уровня управления — Опытная Московская дистанция пути (далее ОПЧ-1) — филиала ОАО «РЖД».**

1. **Вид деятельности структурного подразделения** — текущее содержание и планово-предупредительные ремонты на всем для нее установленном протяжении пути, а также всех его обустройств и искусственных сооружений [6].
2. **Источники воздействия на окружающую среду от деятельности ОПЧ-1:**
  - ◆ Работа кузнечного цеха;
  - ◆ Автотранспорт.
3. **Определение экологических аспектов по источникам воздействия от кузнечного цеха (1-й вид деятельности):**
  - ◆ Выброс оксид железа в атмосферный воздух, режим штатный;
  - ◆ Выброс оксид азота в атмосферный воздух, режим штатный;

Таблица 7. Оценка критерия «Негативное воздействие на окружающую среду».

Экологический аспект	Значимость критерия, $K_{эк}$
<b>1 вид деятельности</b>	
Оксид железа	$3 \times 2 = 6$
Оксид азота	$2 \times 2 = 4$
Фториды газообразные	$2 \times 2 = 4$
Оксид углерода	$5 \times 1 = 5$
Углеводороды предельные C12-C19	$3 \times 1 = 3$
<b>2 вид деятельности</b>	
Оксид углерода	$5 \times 1 = 5$

Таблица 8. Результаты оценки критерия «Законодательные и другие требования».

Экологический аспект	Соответствие требованиям природоохранного законодательства, балл
<b>1 вид деятельности</b>	
Оксид железа	1
Оксид азота	1
Фториды газообразные	1
Оксид углерода	1
Углеводороды предельные C12-C19	1
<b>2 вид деятельности</b>	
Оксид углерода	1

- ◆ Выброс фторидов газообразных в атмосферный воздух, режим штатный;
- ◆ Выброс оксид углерода в атмосферный воздух, режим штатный;
- ◆ Выброс углеводородов предельных C12-C19 в атмосферный воздух, режим штатный;

Определение экологических аспектов по источникам воздействия от автотранспорта (2-й вид деятельности):

- ◆ Выброс оксид углерода в атмосферный воздух, режим штатный;

**4. Оценка показателей, по критериям значимости для оценки каждой из приведенных характеристик.**

**4.1. Негативное воздействие на окружающую среду**

В таблице 5 представлены результаты, которые мы получили согласно формулам таблицы 1.

В таблице 6 приведены результаты, полученные по формуле 2 и данных таблицы 2.

Таблица 9. Оценка критерия «Мнение внутренних и внешних заинтересованных сторон».

Экологический аспект	Жалобы со стороны населения, общественности	Предписания контролирующих органов	Требования персонала структурного подразделения из-за оказания влияния на технологическое оборудование, процессы, здоровье людей
<b>1 вид деятельности</b>			
Оксид железа	1	1	1
Оксид азота	1	1	1
Фториды газообразные	1	1	1
Оксид углерода	1	1	1
Углеводороды предельные C12-C19	1	1	1
<b>2 вид деятельности</b>			
Оксид углерода	1	1	1

Таблица 10. Результаты расчета оценки критерия «Мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон».

Экологический аспект	Значимость критерия, $K_{ЭК}$
<b>1 вид деятельности</b>	
Оксид железа	$1 \times 1 \times 1 = 1$
Оксид азота	$1 \times 1 \times 1 = 1$
Фториды газообразные	$1 \times 1 \times 1 = 1$
Оксид углерода	$1 \times 1 \times 1 = 1$
Углеводороды предельные C12-C19	$1 \times 1 \times 1 = 1$
<b>2 вид деятельности</b>	
Оксид углерода	$1 \times 1 \times 1 = 1$

Таблица 11. Результаты расчета интегральной значимости экологического аспекта.

Экологический аспект	Интегральная значимость, S	Оценка значимости
<b>1 вид деятельности</b>		
Оксид железа	$6+1+1=8$	M
Оксид азота	$4+1+1=6$	M
Фториды газообразные	$4+1+1=6$	M
Оксид углерода	$5+1+1=7$	M
Углеводороды предельные C12-C19	$3+1+1=5$	M
<b>2 вид деятельности</b>		
Оксид углерода	$5+1+1=7$	M

Таблица 12. Построение упорядоченного ряда экологических аспектов.

Экологический аспект	Интегральная значимость, S
Оксид железа	8
Оксид углерода	7
Оксид углерода	7
Оксид азота	6
Фториды газообразные	6
Углеводороды предельные C12-C19	5

Расчет значимости критерия «Негативное воздействие на окружающую среду» согласно формуле 1, заносим в таблицу 7:

#### 4.2. Оценка критерия «Законодательные и другие требования»

Полученные результаты согласно таблице 3, выносим в следующую таблицу (Таблица 8).

#### 4.3. Оценка «Мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон»

Согласно критериям оценки из таблицы 4, получаем результаты, представленные в таблице ниже (таблица 9).

Результаты расчета по формуле 3, заносим в таблицу (Таблица 10).

#### 5. Расчет интегральной значимости экологического аспекта и присвоение символа, определяющего степень воздействия аспекта на окружающую среду

Результаты расчета по формуле 4, заносим в таблицу (Таблица 11).

#### 6. Ранжирование экологических аспектов

Вывод: Значимых аспектов, оказывающих нежелательное или критическое воздействие на окружающую среду предприятие не имеет.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.П. Майорова, А.А. Черенцова Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза, [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Л.П. Майорова, А.А. Черенцова — Хабаровск, 2017 — URL: [https://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/a4/a5/a4a50834-6e3b-4dfc-aa79-c4425247c263/eco-expert-kursov-p.pdf](https://pnu.edu.ru/media/filer_public/a4/a5/a4a50834-6e3b-4dfc-aa79-c4425247c263/eco-expert-kursov-p.pdf) [1].
2. Методические указания по идентификации и определению значительности экологических аспектов деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/516/49435.php> [2].
3. Экологический аспект, процедура идентификации значимых экологических аспектов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.promecopalata.ru/index.php?id=63&option=com\\_content](http://www.promecopalata.ru/index.php?id=63&option=com_content) [3].
4. Системное управление качеством и экологическими аспектами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://studref.com/393326/menedzhment/ekologicheskie\\_aspekty](https://studref.com/393326/menedzhment/ekologicheskie_aspekty) [4].
5. Экологические аспекты предприятия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ecoproverka.ru/ekologicheskie-aspekty-predpriyatiya> [5].
6. Корпоративная энциклопедия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://rzd-company.ru/index.php/%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F\\_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B8](http://rzd-company.ru/index.php/%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B8) [6].
7. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N7-ФЗ [7].
8. ГОСТ Р 58577–2019 Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200168569> [8].

© Демьяненко Александр Федорович ( [afdco89@rambler.ru](mailto:afdco89@rambler.ru) ), Павленко Екатерина Константиновна ( [katerina-pavlenko@mail.ru](mailto:katerina-pavlenko@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ В СИНАНТРОПНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ УЧАСТКОВ ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ»

### SPATIAL DIFFERENTIATION IN SYNANTHROPIC HABITATS OF AREAS OF THE BELOGORIE RESERVE

**I. Koryazhmina  
A. Kurskoy  
V. Tokhtar  
M. Tretyakov**

*Summary.* The article is devoted to the detection of cases of the disease by differentiation of the vegetation cover in synanthropic habitats with a high degree of damage in the territory of five areas of the disease in the reserve "Belogorye" of the cluster type. The species composition of synanthropic plants of each ecotope and the occurrence of species in them are given. In the course of the study, it was found that at the frequency of occurrence of cases in the synanthropic habitats of the Belogorye Reserve, the ratio of the frequencies of natural and anthropogenic phenomena and their occurrence was established. With a decrease in the action of anthropogenic factors, a consistent change occurs not only in the general nature of the spatial differentiation of the vegetation cover of synanthropic ecotopes, but also in the quantitative presence of plant species in a particular florocomplex.

*Keywords:* Belogorye State Nature Reserve, synanthropic species, southwest of the Central Russian Upland.

**Коряжмина Ирина Олеговна**

Аспирант, ФГБУ «Государственный заповедник «Белогорье»

*Ira090984@mail.ru*

**Курской Андрей Юрьевич**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

*kurskoy@bsu.edu.ru*

**Тохтарь Валерий Константинович**

Д.б.н., с.н.с., ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

*tokhtar@bsu.edu.ru*

**Третьяков Михаил Юрьевич**

К.б.н., ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

*tretyakovmty@gmail.com*

*Аннотация.* Статья посвящена изучению пространственной дифференциации растительного покрова в синантропных местообитаниях различной степени нарушенности на территории пяти участков природного заповедника «Белогорье» кластерного типа. Приводится видовой состав синантропных растений каждого экотопа и отмечается встречаемость видов в них. В ходе проведенного исследования установлено, что на пространственное распределение видов в синантропных местообитаниях заповедника «Белогорье», оказывает сочетание действующих природных и антропогенных факторов и их интенсивность. При уменьшении действия антропогенных факторов происходит последовательное изменение не только общего характера пространственной дифференциации растительного покрова синантропных экотопов, но и количественное присутствие видов растений в том или ином флорокомплексе.

*Ключевые слова:* Государственный природный заповедник «Белогорье», синантропные виды, юго-запад Среднерусской возвышенности.

### Введение

**П**ространственная дифференциация растительного покрова природных территорий формируется под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов, сочетание которых приводит к значительной гетерогенности условий существования растений [1, 2]. Если в центральной части природных территорий ведущая роль в формировании растительного покрова принадлежит природным факторам, то на их границах определяющее значение играют антропогенные факторы [3, 4, 5]. В этих условиях происходит формирование качественно новой, природно-антропогенной

среды, а растительный покров формируется в специфических экологических условиях. Здесь образуется сеть мозаичных экотопов, приспособленных к этим условиям. Изучение модельных участков в пределах территорий заповедника позволяет выявить особенности пространственной дифференциации растительного покрова в зависимости от силы антропогенного влияния.

Заповедник — «Белогорье» объединяет пять участков, присоединенных к основной территории в разное время. Первым и когда-то единственным участком заповедника был участок «Лес на Ворскле» в Борисовском районе. С 26 сентября 1995 года к нему присоединены

«Острасьеви Яры» того же района, 29 марта 1999 года участки «Ямская степь» и «Лысье горы» Губкинского района и «Стенки-Изгорья» — Новооскольского района.

Целью исследования было изучение пространственной дифференциации растительного покрова в синантропных местообитаниях на территории Государственного природного заповедника «Белогорье».

## Материалы и методы

При проведении полевых исследований применялся маршрутный метод с фиксированием обнаруженных видов журнале, фиксацией данных о них в электронной базе iNaturalist.org [6] и сбором гербарных образцов. При сборе материала были составлены флористические описания всех синантропных экотопов в пределах заповедника «Белогорье». Исследования были выполнены с учетом основных методологических подходов к изучению флор, подвергающихся антропогенному воздействию [7, 8]. Для изучения пространственной дифференциации растительного покрова в изучаемых экотопах использовались традиционные методы сравнительной флористики [9]. Камеральная обработка данных проводилась с использованием оборудования УНУ Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета (<https://ckp-rf.ru/usu/200997/>).

## Результаты и обсуждение

Пространственная дифференциация растительного покрова Государственного природного заповедника «Белогорье» складывалась под влиянием тенденций формирования экотопов юго-запада Среднерусской возвышенности, которые разбиты на типы в зависимости от их генезиса, времени формирования, административной принадлежности, своеобразия природных и антропогенных условий. Участки заповедника «Белогорье» неоднородны и характеризуются антропогенной и природной мозаичностью. Антропогенный прессинг территорий выражен сильнее на границах участков заповедника в связи с чем исследуемые экотопы были разделены по степени антропогенной трансформации на следующие типы:

- ◆ экотехнические — селитебные (кордоны где проживали, проживают сотрудники заповедника);
- ◆ трансформированные — агрофитоценозы (бывшие огороды), фитомелиоративные (например, кладбища, непосредственно прилегающие к заповеднику, лесополосы), гидромелиоративные (побережье реки Ворскла используемое местным населением);
- ◆ полуприродные — рекреационные экосистемы (дендрарий);

- ◆ залежи.

Исследованные экотопы характеризовались высокой степенью неоднородности, так как внутри каждого из них выделялись микроэкотопы с уникальными по видовому составу флорокомплексами.

**Охранная зона** — земельные участки, примыкающие к границам ООПТ, где применяются различные виды хозяйственной деятельности для предотвращения неблагоприятных антропогенных воздействий на природные местообитания заповедника. Были обследованы охранные зоны четырех участков заповедника «Белогорье» (за исключением участка «Стенки-Изгорья»).

Синантропных 39 видов, отмечены в экотопе: *Acer negundo* L.\*, *Amaranthus retroflexus* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Asclepias syriaca* L., *Avena fatua* L., *Berberis vulgaris* L., *Bidens frondosa* L., *Bromus japonicus* Thunb., *Bupleurum falcatum* L., *Caragana arborescens* Lam., *Crepis rhoediaefolia* Bieb., *Cuscuta campestris* Yuncker, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Echinocystis lobata* Torr. et Gray, *Elaeagnus angustifolia* L.\*, *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, *Erigeron annuus* (L.) Pers.\*, *Erigeron canadensis* L.\*, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Galinsoga parviflora* Cav., *Gypsophila paniculata* L., *Helianthus annuus* L., *Kibera gallica* (Willd.) V.I. Dorof, *Lolium perenne* L., *Lonicera tatarica* L.\*, *Medicago sativa* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Oenothera biennis* L., *Oxalis stricta* L.\*, *Portulaca oleracea* L., *Prunus domestica* L., *Pyrus communis* L., *Robinia pseudoacacia* L.\*, *Salix fragilis* L., *Sambucus nigra* L., *Stachys recta* L., *Syringa vulgaris* L., *Tilia platyphyllos* Scop.\*, *Ulmus minor* Mill. Восемь из представленных видов (отмечены звездочкой\*) имеют среднюю встречаемость (по 50,0% каждый), остальные растения (31 вид) — низкую встречаемость (по 25,0% каждый).

**Опушки** — представлены узкими переходными полосами (экотонами) при переходе к соседнему биоценозу. На них часто присутствуют кустарники, лианы, подрост доминирующих в лесу деревьев. Были обследованы пять участков опушек на всех территориях заповедника «Белогорье».

Из 31 синантропного вида, отмеченных на опушках, 6 видов имеют очень высокую встречаемость (80,0–100,0%), 4 — среднюю встречаемость (по 60,0% каждый), 3 — низкую встречаемость (по 40,0% каждый), а остальные 18 видов — очень низкую встречаемость. Ряд видов имеет высокую степень встречаемости: *Acer negundo* L. (100,0%), *Malus domestica* Borkh. (100,0%), *Cerasus vulgaris* Mill. (100,0%), *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (100,0%), *Robinia pseudoacacia* L. (80,0%),



*Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl (60,0%), *Caragana arborescens* Lam. (80,0%), *Lonicera tatarica* L. (80,0%), *Erigeron annuus* (L.) Pers. (60,0%), *Pyrus communis* L. (60,0%), *Sambucus racemosa* L. (60,0%), *Sambucus nigra* L. (40,0%), *Amorpha fruticosa* L. (40,0%), *Solidago canadensis* L. (40,0%). Другие встречаются спорадически: *Geranium divaricatum* Ehrh., *Geranium pusillum* L., *Helianthus tuberosus* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Ligustrum vulgare* L., *Lolium perenne* L., *Medicago × varia* T. Martyn, *Oenothera biennis* L., *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch, *Phellodendron amurense* Rupr., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Quercus rubra* L., *Salix fragilis* L., *Syringa vulgaris* L., *Tilia europaea* L., *Ulmus minor* Mill.

**Нарушенные местообитания** — местообитания, подвергшиеся антропогенному воздействию со стороны человека, в результате его деятельности. Впоследствии эти участки, могут восстанавливаться до естественных, в случае, если антропогенная нагрузка со стороны человека прекращается. Были обследованы территории трех экотопов, в пределах участков «Лес на Ворскле», «Ямская степь» и «Стенки-Изгорья», в которых зарегистрировано 9 видов синантропных растений: *Amaranthus retroflexus* L.\*, *Atriplex tatarica* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.\*, *Diploxys muralis* (L.) DC., *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland., *Erigeron canadensis* L.\*, *Matricaria discoidea* DC., *Oenothera biennis* L., *Sambucus nigra* L. Три из представленных видов (отмечены звездочкой\*) имеют высокую встречаемость (по 66,6% каждый), а остальные 6 видов — низкую встречаемость (по 33,3% каждый).

**Сады** — данный тип экотопа был представлен только на участке «Лес на Ворскле». Встречаемость всех 25 синантропных видов растений в этих условиях достигает 100,0%. К ним относятся такие виды как: *Acer negundo* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Asclepias syriaca* L., *Berberis vulgaris* L., *Bryonia alba* L., *Cerasus vulgaris* Mill., *Cotinus coggygria* Scop., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Galega orientalis* Lam., *Geranium pyrenaicum* Burm. fil., *Hesperis pycnotricha* Borbas et Degen, *Ligustrum vulgare* L., *Lolium perenne* L., *Lonicera tatarica* L., *Lycium barbarum* L., *Malus domestica* Borkh., *Matricaria discoidea* DC., *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch, *Pyrus communis* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Sambucus nigra* L., *Syringa vulgaris* L., *Vicia villosa* Roth, *Vinca minor* L.

**Луг** — сообщества многолетних травяных мезофитов, встречающихся на участках заливаемых террасах речных долин [10]. Были изучены луга в пределах четырех участков заповедника «Белогорье» (за исключением участка «Лысье Горы»). Здесь было отмечено 14 синантропных видов: *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris*

Lam., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl\*, *Asclepias syriaca* L., *Chorispora tenella* (Pallas) DC., *Cuscuta campestris* Yuncker, *Epilobium adenocaulon* Hausskn., *Erigeron annuus* (L.) Pers.\*\*\*, *Erigeron canadensis* L., *Galega orientalis* Lam., *Matricaria discoidea* DC., *Medicago sativa* L.\*, *Medicago × varia* T. Martyn, *Vicia villosa* Roth\*\*.

Два вида (обозначены\*) — имеют среднюю встречаемость (по 60,0% каждый), 2 вида (обозначены\*\*) имеют низкую встречаемость (по 40,0% каждый), а остальные 10 видов — имеют очень низкую встречаемость (по 20,0% каждый).

**Обочины грунтовых дорог** — служат основными миграционными коридорами, по которым синантропные растения проникают в природные резерваты (заповедники, национальные парки и т.д.) и распространяются по их территории. На всех участках заповедника «Белогорье» на грунтовых дорогах было отмечено 33 синантропных вида: *Acer negundo* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Amorpha fruticosa* L., *Atriplex tatarica* L., *Bromus japonicus* Thunb., *Caragana arborescens* Lam., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Chorispora tenella* (Pallas) DC.\*\*\*, *Crepis rhoediafolia* Bieb., *Cuscuta campestris* Yuncker\*\*, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.\*\*\*, *Diploxys muralis* (L.) DC., *Elaeagnus angustifolia* L., *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Lepidium densiflorum* Schrad.\*, *Lolium perenne* L.\*, *Lonicera tatarica* L., *Lycium barbarum* L., *Matricaria discoidea* DC.\*, *Medicago sativa* L.\*\*\*, *Oxalis dillenii* Jacq., *Oxalis stricta* L., *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch, *Portulaca oleracea* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Robinia pseudoacacia* L., *Sambucus nigra* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Veronica polita* Fries, *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz\*\*.

*Amaranthus retroflexus* L., *Atriplex tatarica* L., *Erigeron canadensis* L. имеют высокую встречаемость (по 80,0% каждый), три вида (обозначены\*) имеют среднюю встречаемость (по 60,0% каждый), 5 видов (обозначены\*\*) имеют низкую встречаемость (по 40,0% каждый), а оставшиеся виды — имеют очень низкую встречаемость (по 20,0% каждый).

**Дубравы** — представляют собой зональный тип растительности, имеющие черты дубрав южной полосы Русской равнины. В заповеднике встречаются пойменные и байрачные (в степных балках и оврагах). Были изучены дубравы на всех участках заповедника «Белогорье», в результате отмечено 36 синантропных видов: *Acer negundo* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Amorpha fruticosa* L.\*, *Armeniaca vulgaris* Lam., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Berberis thunbergii* DC., *Berberis*

*vulgaris* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cerasus vulgaris* Mill.\*, *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Cuscuta campestris* Yuncker, *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Galinsoga parviflora* Cav., *Gleditsia triacanthos* L., *Hydrangea arborescens* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Ligustrum vulgare* L., *Lonicera tatarica* L.\*, *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Malus domestica* Borkh., *Oenothera biennis* L., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Phytolacca acinosa* Roxb., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Ribes alpinum* L., *Ribes rubrum* L.\*, *Ribes uva-crispa* L.\*, *Sambucus nigra* L., *Sambucus racemosa* L., *Syringa vulgaris* L., *Tilia europaea* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Ulmus minor* Mill., *Vinca minor* L. Только три вида: *Caragana arborescens* Lam., *Sambucus nigra* L., *Sambucus racemosa* L. имеют среднюю встречаемость (по 60,0% каждый), 5 видов (обозначены\*) имеют низкую встречаемость, оставшиеся виды — имеют очень низкую встречаемость.

**Лесокультуры** — древесные интродуценты, в разное время посаженные в кварталах и выделах заповедника, преимущественно на участке «Лес на Ворскле».

В этих условиях было отмечено 24 синантропных вида: *Acer negundo* L.\*, *Amorpha fruticosa* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Berberis vulgaris* L., *Caragana arborescens* Lam., *Carpinus betulus* L., *Cerasus avium* (L.) Moench, *Elaeagnus angustifolia* L., *Erigeron canadensis* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall\*, *Juglans mandshurica* Maxim., *Juglans regia* L., *Lonicera tatarica* L.\*, *Malus domestica* Borkh., *Oenothera biennis* L., *Oxalis stricta* L., *Phellodendron amurense* Rupr., *Quercus rubra* L., *Ribes uva-crispa* L.\*, *Robinia pseudoacacia* L., *Sambucus nigra* L.\*, *Sambucus racemosa* L.\*, *Tilia europaea* L., *Tilia platyphyllos* Scop.

Лишь *Caragana arborescens* Lam. и *Robinia pseudoacacia* L. обладают очень высокой встречаемостью (по 100,0% каждый), 6 видов (обозначены\*) обладают высокой встречаемостью (по 66,6% каждый). Оставшиеся виды — имеют низкую встречаемость (по 33,3% каждый).

**Лесополосы** — посадки древесных культур для защиты агрофитоценозов от ветровой эрозии. Нами были изучены лесополосы трех участков: «Острасьеви Яры», «Ямская степь» и «Стенки-Изгорья». В этих условиях отмечено присутствие 6 синантропных видов: *Elaeagnus angustifolia* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Lonicera tatarica* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Sambucus nigra* L., *Sambucus racemosa* L. Только два вида обладают высокой встречаемостью: *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (100,0%) и *Lonicera tatarica* L. (66,6%). Остальные четыре вида — обладают низкой встречаемостью (по 33,3%).

**Водоёмы** — являются одним из «очагов» миграции чужеродных видов в заповеднике. Были указаны только в двух участках: «Лес на Ворскле» и «Острасьеви Яры», в которых отмечено 22 синантропных вида: *Acer negundo* L., *Acorus calamus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Bidens frondosa* L., *Chorispora tenella* (Pallas) DC., *Echinocystis lobata* Torr. et Gray, *Elaeagnus angustifolia* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Galinsoga parviflora* Cav., *Gleditsia triacanthos* L., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Medicago sativa* L., *Oenothera biennis* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Pyrus communis* L., *Reynoutria × bohémica* Chrtek et Chrtkova, *Robinia pseudoacacia* L., *Salix fragilis* L., *Sambucus nigra* L., *Solidago canadensis* L. Все виды имеют одинаковую среднюю встречаемость — по 50,0% каждый.

**Степи** — основной зональный тип растительности региона. Согласно классификации Е.М. Лавренко (1956), на участках заповедника представлены формациями луговых, типичных, кустарниковых и тимьянниковых степей [9]. Были изучены степи трех участков: «Острасьеви Яры», «Ямская степь» и «Стенки-Изгорья». Здесь отмечено 15 синантропных видов: *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Berberis vulgaris* L., *Bupleurum falcatum* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cotinus coggygria* Scop., *Elaeagnus angustifolia* L., *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Gypsophila paniculata* L., *Kibera gallica* (Willd.) V.I. Dorof., *Malus domestica* Borkh., *Pyrus communis* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Stachys recta* L., *Syringa vulgaris* L. Только два вида — *Stachys recta* L. имеет среднюю (50,0%) и высокую *Kibera gallica* (Willd.) V.I. Dorof. встречаемость (75,0%), а остальные 13 видов низкую встречаемость (по 25,0% каждый).

## Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что факторами влияющими на пространственное распределение видов в синантропных местообитаниях заповедника «Белогорье», оказывается сочетание действующих природных и антропогенных факторов и их интенсивность. При уменьшении действия антропогенных факторов происходит последовательное изменение не только общего характера пространственной дифференциации растительного покрова синантропных экотопов, но и количественное присутствие видов растений в том или ином флорокомплексе. Таким образом, можно констатировать, что количественный и качественный состав растений в синантропных экотопах является индикатором степени антропогенной трансформации конкретного экотопа. Синантропизация местообитаний, которая выражается в увеличении числа адвентивных и синантропных видов, свидетельствуют о необходимости принятия мер по снижению нарастаю-

щего антропогенного прессинга на территориях ООПТ. Именно поэтому так важно осуществление мониторинга природных и синантропных местообитаний особо охраняемых природных территорий.

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ № FZWG-2021-0018 в рамках государственного задания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тохтарь В.К., Фомина О.В., Петина В.И. Пространственная дифференциация растительного покрова в городах юга среднерусской возвышенности // Проблемы региональной экологии. 2013. № 4. С. 139–142.
2. Ефимов Д.Ю., Шишкин А.С. Флористические и фитоценологические признаки пространственной неоднородности растительного покрова отвалов при сельскохозяйственной рекультивации // В сборнике: Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления. сборник материалов международной научной конференции. 2016. С. 92–95.
3. Сизых А.П. Антропогенная трансформация растительного покрова в районах переходных зон юго-западного Забайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 36. С. 88–106.
4. Мюльгаузен Д.С., Чистяков К.В., Панкратова Л.А. Техногенное нарушение ландшафтной структуры северо-запада кольского полуострова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 1. С. 44–64.
5. Ибадуллаева С.Ж., Усен К., Сауытбаева Г.З., Нургалиева А.А., Оспанова Г.К. Закономерности распределения растительности прибрежной части северо-восточного Каспия // Успехи современного естествознания. 2015. № 9–3. С. 492–495.
6. Тохтарь В.К., Третьяков М.Ю., Чернышевских В.И., Фомина О.В., Мазур Н.В., Грошенко С.А., Волобуева Ю.Е., Петина В.И. Некоторые подходы к оценке антропогенного влияния на фитобиоту // Проблемы региональной экологии № 2–2011. — С. 92–95.
7. Серегин А.П., Бочков Д.А., Шнер Ю.В., Гарин Э.В., Майоров С.Р., Голяков П.В., Большаков Б.В., Прохоров В.Е., Маллалиев М.М., Виноградов Г.М., Эбель Александр Л., Каширина Е.С., Бирюкова О.В., Курякова О.П., Мирвода С.В., Химин А.Н., Муртазалиев Р.А., Зеленкова В.Н., Дудов С.В., Горбунова М.С., Герасимов С.В., Эбель Алексей Л., Травкин В.П., Черныгина О.А., Разина Е.А., Зырянов А.П., Третьякова Д.В., Леднев С.А., Теплоухов В.Ю., Кузменкин Д.В., Кривошеев М.М., Попов Е.С., Султанов Р.Р., Басов Ю.М., Дудова К.В., Тишин Д.В., Яковлев А.А., Данилевский Ю.В., Поспелов И.Н., Кандаурова А.Н., Кутуева С.Б., Юмагулов Д.А., Самодуров К.В., Смирнова Л.Я., Бурый В.В., Юсупов В.Е., Епихин Д.В., Репина Т.Г., Богинский Е.И., Дубынин А.В., Коробков А.В., Нестеркова Д.В., Полуянов А.В., Данилин А.В., Ефремов А.Н., Пожидаева Л.В., Верховзина А.В., Постников Ю.А., Линник Е.А., Кобузева И.А., Проккопенко С.В., Шумихина Е.А., Кушунина М.А., Кузьмин И.В., Разран Л.М., Сухова Д.В., Попов А.В. 2020. Флора России на платформе iNaturalist: большие данные о биоразнообразии большой страны. Журнал общей биологии, 81(3): 223–233.
8. Тохтарь В.К., Третьяков М.Ю., Скорбач В.В., Коняева И.А. Особенности формирования флор природно-заповедного фонда на юго-западе Среднерусской возвышенности в условиях умеренного антропогенного воздействия // Научные ведомости Белгородского государственного университета серия естественные науки № 9 (104) выпуск 15/1 2011. С. 317–320.
9. Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б., Аюржанаев А.А., Содномов Б.В. Подходы к изучению пространственно-структурной организации растительного покрова // В сборнике: Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии. Научный редактор Ц.Д. Гончиков. 2018. С. 307–309.
10. Лавренко Е.М. Степи Евразийской степной области, их география, динамика, история // Вопросы ботаники, 1954. — Вып. 1. — С. 155–191.
11. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии — М.: Наука, 1989. — 223 с.

© Коряжмина Ирина Олеговна (Ira090984@mail.ru), Курской Андрей Юрьевич (kurskoy@bsu.edu.ru),

Тохтарь Валерий Константинович (tokhtar@bsu.edu.ru), Третьяков Михаил Юрьевич (treyakovmiy@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПРОБЛЕМА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ИЗ-ЗА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

## THE PROBLEM OF CLIMATE CHANGE DUE TO GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND POSSIBLE SOLUTIONS

**B. Ksenofontov  
R. Taranov  
E. Kozlyayeva**

*Summary.* The paper considers the problem of climate change associated with technological activities. This problem is one of the most difficult facing the world in the 21st century. The main aspects of solving the problem of greenhouse gas reduction by revising economic strategies, production processes and educational approaches are identified. To date, man-made human activity leads to various types of environmental pollution. Sources of greenhouse gas emissions into the environment have been identified. The influence of individual sectors on climate change is considered. The paper also analyzes the possibility of implementing strategic projects to reduce greenhouse gases. The introduction into educational approaches is considered on the example of Bauman Moscow State Technical University, where the strategic project “Bauman Go Green” was created, implemented within the framework of the innovative program for the development of Russian universities “Priority 2030”. There is also an example of metallurgical companies that are actively engaged in reducing the carbon footprint from the most polluting stages of production. Analyze priority areas for reducing greenhouse gas emissions in metallurgical companies. The priorities and currently existing methods for decarbonization of the economy in the Russian Federation are considered. The purpose of the study is to study the problem of climate change and possible solutions.

*Keywords:* greenhouse gases, carbon footprint, energy efficiency, decarbonization, climate change.

**Ксенофонтов Борис Семёнович**

*Д.т.н., профессор, Московский Государственный  
Технический Университет им. Н.Э. Баумана  
kbsflot@mail.ru*

**Таранов Роман Александрович**

*К.т.н., доцент, Московский Государственный  
Технический Университет им. Н.Э. Баумана  
rt\_1977@mail.ru*

**Козляева Елизавета Алексеевна**

*Московский Государственный Технический  
Университет им. Н.Э. Баумана  
kozlyayevaeva@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассмотрена проблема изменения климата, связанное с технологической деятельностью. Данная проблема является одной из самых сложных, стоящих перед миром в 21 веке. Выявлены основные аспекты решения проблемы уменьшения парниковых газов путем пересмотра экономических стратегий, процессов производства и образовательных подходов. На сегодняшний день техногенная деятельность человечества приводит к различным видам загрязнения окружающей среды. Определены источники выбросов парниковых газов в окружающую среду. Рассмотрено влияние отдельных секторов на изменение климата. Также в работе проанализирована возможность реализации стратегических проектов по уменьшению парниковых газов. Рассмотрено внедрение в образовательные подходы на примере МГТУ им. Н.Э. Баумана, где создан стратегический проект «Bauman Go Green», осуществляемый в рамках инновационной программы развития университетов России «Приоритет 2030». Также приведен пример металлургических компаний, которые активно занимаются снижением углеродного следа от наиболее загрязняющих этапов производства. Проанализировать приоритетные направления снижения выбросов парниковых газов в металлургических компаниях. Рассмотрены приоритеты и существующие на сегодняшний день методы по декарбонизации экономики в Российской Федерации. Цель исследования — изучение проблемы изменения климата и возможных путей решения.

*Ключевые слова:* парниковые газы, углеродный след, энергоэффективность, декарбонизация, изменение климата.

## Введение

**Н**арушение климата, загрязнение окружающей среды являются одними из важнейших угроз для современной цивилизации. Научно-техническая революция, следовавшая за увеличением населения на планете, привела к выбросам в окружающую среду, которые сделали ее несовместимой с жизнью человека.

Таким образом, появилась угроза самому существованию человечества в случае, если не предпринять меры по сокращению выбросов в окружающую среду. В 2015 г. главы 196 стран взяли на себя обязательства по декарбонизации своих экономик. Российская Федерация тоже подписала Парижское соглашение [9]. Главная задача развития человечества — это производство экологически чистой энергии.

## Материалы и методы

Цель исследования — изучение проблемы изменения климата и возможных путей решения.

Исходя из поставленной цели исследования, поставлены следующие задачи:

- ◆ Определить источники выбросов парниковых газов в атмосферу.
- ◆ Рассмотреть влияние отдельных секторов на изменение климата.
- ◆ Проанализировать возможность реализации стратегических проектов по уменьшению парниковых газов.
- ◆ Проанализировать приоритетные направления снижения выбросов парниковых газов в металлургических компаниях.
- ◆ Рассмотреть приоритеты Российской Федерации по декарбонизации экономики.

## Факторы, способствующие парниковому эффекту

В начале 2008 года мир начал сталкиваться с экономическим кризисом на глобальном уровне, который совсем недавно стал подавать признаки угасания или появились признаки преодоления таких неблагоприятных условий. Результат на как на национальном, так и на глобальном уровне наблюдается явный спад экономической активности.

На сегодняшний день техногенная деятельность человечества приводит к различным видам загрязнения окружающей среды. Одним из таких направлений вредного воздействия на природу является широкое использование органического топлива при производстве тепловой и электрической энергии, в высокотемпературных процессах технологических производств, транспорте, жилищно-коммунальном секторе и его инфраструктуре городских и сельских поселений [1].

Основными источниками парниковых газов являются:

1. Естественные — это постоянные испарения вод из открытых водоемов (рек, озер, морей, океанов), постоянно или периодически действующие вулканы, масштабные пожары лесов;
2. Антропогенные — связанные с активной деятельностью человека по созданию комфортных условий для жизни и использованию для этого, например:
  - ◆ различных углеводородных топлив (уголь, газ, нефть, продукты их переработки, дрова, торф и т.п.);

- ◆ пуски различных ракет с выбросами оксида азота и углерода;
- ◆ утечки различных хладагентов — фреонов с холодильных установок и т.п.

Строительный сектор городов можно разделить на три подотрасли:

- ◆ Жилые и общественные здания, а также предприятия, принадлежащие городу.
- ◆ Здания коммерческой деятельности, не находящиеся в собственности у города.
- ◆ Жилые здания (за исключением жилых зданий, принадлежащих городу).

Выбросы CO<sub>2</sub> в строительном секторе включают выбросы от потребления электроэнергии и тепловой энергии, а также от сжигания топлива.

Наибольшую долю в общем объеме выбросов CO<sub>2</sub> составляет выбросы от природного газа с долей, за которыми следуют косвенные выбросы от потребления электроэнергии, выбросы от тепловой энергии потребление, а также выбросы CO<sub>2</sub> от топлива нефти и сжиженного нефтяного газа.

Если рассматривать строительный сектор, наибольшая доля в общих выбросах составляет домашние хозяйства.

Транспортный сектор является крупным потребителем энергии, но и источник выбросов парниковых газов с устойчивый восходящий тренд. Поэтому он играет существенную роль в требовании мер по сокращению выбросов, влияющих на изменение климата.

Транспортный сектор состоит из трех подсектора:

- ◆ Городской автопарк
- ◆ Общественный транспорт
- ◆ Личный и коммерческий транспорт.

Городской транспорт является крупным источником загрязнения воздуха. Внедрение экологически чистых транспортных средств в общественный транспорт является мерой, которая может значительно способствовать улучшению качества атмосферного воздуха и сокращению выбросов парниковых газов. В связи с ограниченными возможностями дальнейшего развития трамваи и автобусы должны использовать экологически чистое топливо [3].

Природный газ считается экологически наиболее чистым видом топлива, однако выбрасываемые в воздух продукты полного сгорания хотя практически и не содержат вредных примесей, представляют большую угрозу для человечества и окружающей среды.

При полном сгорании природного газа продукты горения включают диоксид углерода, водяные пары, азот воздуха и остаточный кислород.

Стоит отметить, что двуокись углерода не токсична, однако ее накопление в атмосфере способствует проявлению «парникового эффекта», являющегося прямым следствием техногенной деятельности человечества [10].

## Результаты

Зеленые технологии включают в себя реализацию технологических проектов в области охраны окружающей среды через все сопутствующие компоненты, такие как: воду, почву, воздух или биоразнообразие. Следовательно, такие проекты потенциально станут движущей силой нового экономического импульса. Институты Евросоюза поддерживают такие проекты в организационном плане через установление правил и систем мониторинга и контроль природоохранных мероприятий, а также с точки зрения финансирования, поддерживая развитие инфраструктуры для защиты окружающей среды [4].

Российская Федерация немного отстает от своих западных коллег в этом компоненте, но сейчас активно создаются условия для изучения парниковых газов и разрабатываются пути снижения эмиссии. Рассмотрим на примере МГТУ им. Н.Э. Баумана. На базе университета создается стратегический проект «Bauman Go Green», направленный на минимизацию углеродного следа. Этот проект осуществляется в рамках инновационной программы развития университетов России «Приоритет 2030». Проект призван помочь не только отечественным производителям в оценке и снижении углеродоемкости их продукции, государству в совершенствовании систем комплексного экологического мониторинга, но и научному сообществу в изучении процессов интенсификации депонирования углерода в рамках карбоновых полигонов. Одной из задач проекта является осуществление модернизации методологического ядра в образовании: создание новых образовательных программ, курсы и модули по управлению углеродным следом технологий и изделий [2].

На сегодняшний день более тысячи городов по всему миру приняли планы действий по сокращению выбросов парниковых газов в связи с изменением климата. Изменение климата является одной из самых сложных проблем, стоящих перед миром в 21 веке.

Проблема изменения климата с потенциальными рисками, которые она несет, уже грозит в ближайшем будущем стать источником нового финансового кризиса глобального масштаба. Концентрации парниковых газов в атмосфере, прежде всего CO<sub>2</sub>, достигли уровня, кото-

рый можно назвать верхним значением экологической устойчивости, поэтому необходимо рассмотреть краткосрочные и долгосрочные меры.

Энергетическая промышленность представляет собой основную часть глобальных выбросов, на которую приходится 40% мирового производства CO<sub>2</sub>, за которой следует транспортная отрасль и строительная отрасль.

Городам необходимо способствовать значительному росту отечественных проектов повышения энергоэффективности, сокращения загрязнения, вызванного трафиком, а также эксплуатацией возобновляемых источников энергии ресурсов.

Основная цель ближайших десяти лет — в создании принципиально новой индустрии и рынка, который будет основан на низкоуглеродном производстве. Размер углеродного следа продукции становится с каждым годом всё более важным критерием, влияющим не только на покупательский спрос, но и на саму возможность доступа на мировые рынки. Соблюдение принципов устойчивого развития становится важнейшим условием для инвестиций в мире, интерес к проектам с большим углеродным следом все больше сокращается. Стоит отметить, что лидирующие энергетические компании меняют стратегии, настраивая бизнес в пользу безуглеродной энергетики [7].

Одним из главных инструментов по сокращению выбросов парниковых газов сейчас является декарбонизация. Одни компании сокращают углеродный след самостоятельно, изменяя свой производственный процесс, а также используют иные материалы и химические соединения — это первый метод достижения углеродной нейтральности. Другие сотрудничают с организациями по охране окружающей среды, компенсируя негативное воздействие. Некоторые компании возмещают вред, который они наносят окружающей среде, путем участия в социальных проектах, таких как озеленение или участие в акциях по защите экологии [5].

В современном бизнес-мире декарбонизация становится одним из важных параметров конкурентоспособности, тем самым стимулирует компании брать на себя обязательства по использованию низкоуглеродных технологий.

Инвесторы по всему миру уменьшают или вовсе прекращают финансирование секторов, связанных с высокими выбросами углерода.

Углеродно-нейтральный статус компании может быть достигнут двумя способами:

- ♦ уравнивание выбросов углекислого газа с компенсацией выбросов углерода (прямой за-

хват  $\text{CO}_2$  — это, по сути, «высасывание» углекислого газа из атмосферы);

- ◆ сокращение выбросов углерода до нуля благодаря изменениям источников энергии и промышленных процессов.

Технология улавливания и хранения углерода работает по принципу изоляции диоксида углерода от других газов во время сгорания топлива, после чего он транспортируется и хранится.

Сейчас существует технология прямого улавливания  $\text{CO}_2$  из воздуха. В таком случае воздух продувается на поверхность с реагентом, вступающим в реакцию с  $\text{CO}_2$ , затем воздух выпускается. Таким образом, углекислый газ хранится под землей вместе с газом и водой, где он вступает в химическую реакцию и в течение времени образует горные породы.

На сегодняшний день все крупнейшие промышленные производства стараются разработать меры по снижению углеродной эмиссии. Они не только своими научными центрами занимаются этим вопросом, но и вовлекают студентов в эти разработки с помощью разнообразных кейсов. На примере крупных металлургических компаний рассмотрим углеродную повестку.

Изменение климата — одна из ключевых задач, стоящих сегодня перед людьми. Металлургические компании рассматривают ее в числе вероятных факторов воздействия на свой бизнес и активно занимается климатической повесткой. Компании видят необходимость в сокращении прямых и косвенных выбросов, а также парниковых газов для того, чтобы внести свой вклад в глобальные усилия по достижению целей Парижского соглашения. Ведется разработка долгосрочной климатической стратегии. Она подкреплена многими инвестиционными проектами и программами в области энергоэффективности, снижения углеродоемкости производства, снижения потребления энергоемкого сырья, а также некоторых новых для металлургии направлений, таких как переработка и утилизация  $\text{CO}_2$ , технологии водородного производства и т.д.

Металлургические компании устанавливают цель по снижению интенсивности выбросов парниковых газов на 3% в 2023 году по сравнению с 2020 годом и не менее чем 1 млн. т.  $\text{CO}_2$ -экв. Первоочередные меры, принятые в 2020 году, были следующие:

- ◆ создание корпоративного центра по снижению выбросов парниковых газов;
- ◆ создание корпоративного венчурного фонда для поиска и реализации прорывных технологий по декарбонизации черной металлургии;
- ◆ внедрение системы отбора инвестиционных проектов с учетом «цены на углерод»;

- ◆ формирование реестра из первоочередных инвестиционных проектов на 2021 год по сокращению выбросов.

Приоритетными направлениями снижения выбросов парниковых газов в компаниях являются:

- ◆ модернизация и повышение энергетической эффективности технологического оборудования;
- ◆ повышение полноты использования вторичных энергетических ресурсов (доменного газа, коксового газа и избыточного тепла);
- ◆ совершенствование технологии производства стали;
- ◆ повышение качества сырья и топлива;
- ◆ использование вторичных ресурсов сырья и отходов [6].

### Существующие методы декарбонизации

Российская Федерация, являющаяся одной из ведущих энергетических держав, разработала программу по декарбонизации экономики до 2050 г.— это снижение выбросов  $\text{CO}_2$  на 3%.

В программе министерства энергетики РФ по декарбонизации экономики были названы следующие пункты:

- ◆ внедрение и стимулирование применения энергосберегающих технологий;
- ◆ расширение объемов переработки отходов;
- ◆ бережное отношение к лесным ресурсам;
- ◆ охрана от вредителей и пожаров, сокращение выбросов и прочее.

На сегодняшний день существуют следующие методы декарбонизации:

1. Снижение производственных издержек, используя различные варианты мотивации рационализации производства;
2. Повторное использование энергоресурсов с максимальной утилизацией продуктов, содержащих  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , и минимизацией углеродного следа в выбросах;
3. Переход к возобновляемым источникам энергии (ветроэнергетика, солнечные электростанции, геотермальная энергия, энергия приливов и отливов, энергия вулканов);
4. РФ покрыта многочисленными реками, на которых имеется возможность строительства малых ГЭС;
5. Производство водорода электролизом, термохимическим и пароконверсионным способом с использованием энергии возобновляемых источников или атомных станций;
6. Внедрение совершенных технологий по утилизации углерода и производству чистого водорода [7,8].

## Заключение

Чтобы уменьшить изменение климата и его очевидные последствия, необходимо очень быстро развивать энергетические системы, которые используют/производят энергию из возобновляемых источников. Этот подход может быть легко применен к городам. Для этого нужно постепенно снижать зависимости от ископаемых видов топлива, угля и нефти, а также использовать возобновляемые источники энергии и повышать энергоэффективности.

Использование возобновляемых источников энергии может стать хорошим вариантом для людей, особенно если потребителям придется платить не только за стоимость производства, но и за передачу, распределение и косвенные затраты на очистку окружающей среды и воздействие на здоровье.

Проект декарбонизации — это стратегический проект, направленный на сбережение климата на нашей планете. Такие проекты начали набирать обороты по всему миру и уже ЕС приняло ряд ограничительных мер по снижению парникового эффекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ahmed Yousuf Saber, Member, IEEE and Ganesh Kumar Venayagamoorthy, Senior Member, IEEE. Plug-in Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reductions, 2020.
2. Bauman Go Green. URL: <https://bmstu.ru/news/bauman-go-green> (дата обращения 01.05.2022)
3. Richard L. Revesz, Burcin Unel. Managing the future of the electricity grid: energy storage and greenhouse gas emissions, 2020.
4. Арабов М.Ш., Арабова З.М., Аляутдинова Ю.А., Арабов С.М. Парниковые газы и приоритеты РФ по декарбонизации экономики. Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2022. № 1. С. 77–93.
5. Арабова З.М., Арабов М.Ш., Прохоров Е.М., Саадати П.А. Проблемы и пути снижения антропогенного воздействия на воды мирового океана // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 3. С. 41–47. DOI:10.24143/2073–1574–2019–3–41–47.
6. Декарбонизация стальной отрасли: вызов на ближайшие десятилетия. URL: [https://gmk.center/wp-content/uploads/2021/07/Decarbonisation-rus\\_2021](https://gmk.center/wp-content/uploads/2021/07/Decarbonisation-rus_2021) (дата обращения 24.04.2022)
7. Карасевич В. Пути декарбонизации в российских нефтегазовых компаниях // Нефтегазовая Вертикаль. 2021. № 6. С. 64–67.
8. Марко Сидди. Европейский зеленый курс и перспективы сотрудничества между ЕС и Россией в области энергетики // Валдай. 17.03.2021. URL: <https://ru.valdaiclub.com/a/highlights/evropeyskiy-zelyenyukurses-rossiya/> (дата обращения: 13.04.2022)
9. Парижское соглашение // Всемирный фонд дикой природы. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/the-paris-agreement/> (дата обращения: 12.04.2022).
10. Федулова А.А. Перспективный путь снижения влияния парниковых газов на окружающую среду. В сборнике: Введение в энергетику. сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции. 2016. С. 16.

© Ксенофонтов Борис Семёнович ( kbsflot@mail.ru ),

Таранов Роман Александрович ( rt\_1977@mail.ru ), Козляева Елизавета Алексеевна ( kozlyaevaeva@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ХЛОРОГЕНОВАЯ КИСЛОТА В ХМЕЛЕ ВЬЮЩИМСЯ (HUMULUS LUPULUS): АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ПО СЕЗОНАМ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ

**Осинкина Татьяна Владимировна**

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

## CHLOROGENIC ACID IN CURLY HOP (HUMULUS LUPULUS): ANALYSIS OF THE QUANTITATIVE CONTENT BY SEASON AND BIOLOGICAL ROLE

**T. Osinkina**

*Summary.* The purpose of this study was to analyze the content of chlorogenic acid in the plant material of climbing hop (*Humulus lupulus*) during the growing season.

Sample preparation of plant raw materials was carried out in accordance with the standard method, the exact weight of raw materials was obtained by quartering. The content of chlorogenic acid was determined by the spectrophotometric method on a PEVI 5300 instrument at a wavelength of 327 nm in a cuvette with a layer thickness of 10 mm. The reference solution was 95% ethanol.

Two peaks were recorded in the content of chlorogenic acid in the leaves of climbing hop: in June (1.1372%) and in October (1.459%). During the growing season from April to October, in general, an increase in the indicator was observed: the content of chlorogenic acid increased by 6.56 times by October. In seedlings, the maximum accumulation was established in July (1.061%) during the period of preparation for flowering and the flowering period of the plant. The content of chlorogenic acid in leaves exceeded that in seedlings by 1.4 times.

In all samples of plant tissues from April to October, a variable content of hydroxycinnamic acids in terms of chlorogenic acid was found, the highest in June (in leaves), in July (in cones). The results obtained generally reflect the plant's response to environmental factors and can also be used in the search for available natural sources of biologically active compounds.

*Keywords:* chlorogenic acid, biological activity, seasonal dynamics, antioxidant activity, hop seedlings, hydroxycinnamic acids, phenolic radical, curly hops, quantitative content, vegetative organs of a plant.

*Аннотация.* Цель данного исследования: анализ содержания хлорогеновой кислоты в растительном сырье хмеля вьющегося (*Humulus lupulus*) в течение вегетационного периода.

Пробоподготовку растительного сырья проводили в соответствии со стандартной методикой, точную навеску сырья получали методом квартования. Содержание хлорогеновой кислоты определяли спектрофотометрическим методом на приборе ПЭВИ 5300 при длине волны 327 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Раствором сравнения служил 95% раствор этилового спирта.

В содержании хлорогеновой кислоты в листьях хмеля вьющегося зафиксировано два пика: в июне (1,1372%) и в октябре (1,459%). В процессе вегетационного сезона с апреля по октябрь в целом наблюдался рост показателя: содержание хлорогеновой кислоты увеличилось к октябрю в 6,56 раза. В соплодиях максимум накопления установлен в июле (1,061%) в период подготовки к цветению и периоде цветения растения. Содержание хлорогеновой кислоты в листьях превысило показатель в соплодиях в 1,4 раза.

Во всех образцах растительных тканей с апреля по октябрь установлено переменное содержание гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту, наибольшее в июне (в листьях), в июле (в соплодиях «шишках»). Полученные результаты в целом отражают ответную реакцию растения на воздействие факторов среды и могут быть также использованы при поиске доступных природных источников биологически активных соединений.

*Ключевые слова:* хлорогеновая кислота, биологическая активность, сезонная динамика, антиоксидантная активность, соплодия хмеля, гидроксикоричные кислоты, фенольный радикал, хмель вьющийся, количественное содержание, вегетативные органы растения.

Введение

Одной из групп вторичных метаболитов растительного организма является разнообразная по химическому строению и фармакологическому действию совокупность соединений фенольной природы, содержащая один или несколько фенольных остатков и имеющая различное число функциональных групп и заместителей.

В литературе уже описано более 8000 разнообразных по структуре и свойствам фенолов, и число их ежегодно только увеличивается в связи с более детальным анализом растений и повышением чувствительности методов химического и физико-химического анализа. Фенольные соединения разнообразны часто даже в пределах одного вида растений: могут присутствовать простые фенолы и хиноны, фенолкарбоновые кислоты и их производные, флавоны, флаваноиды, катехины, лейкоантоцианы [3, с. 157]. Основная форма их присутствия в растении — конъюгаты: эфиры и гликозиды.

Анализ экспериментальных данных и литературы показывает, что ключевая роль фенольных соединений — защита клеток от действия факторов среды. Фенолы являются сильными акцепторами, и, следовательно, проявляют выраженное антиоксидантное действие: служат акцепторами свободных радикалов образующихся при аутооксидации в растениях. Эффективно гасят цепи свободных радикалов; хинонные формы фенолов особенно быстро и активно взаимодействуют с белками, способны вызывать их дублирование [3, с. 157]. Нейтрализуют тяжёлые металлы, связывая их ионы в устойчивые комплексы, лишая возможности встраивания в активные центры ферментов. Активность фенольных соединений, их способность тормозить свободнорадикальные процессы играет существенную роль в антимуtagenном эффекте, снижая опасность формирования наследственных нарушений. Одной из подобных групп соединений являются гидроксикоричные кислоты.

Цель

Анализ содержания хлорогеновой кислоты в растительном сырье хмеля вьющегося (*Humulus lupulus*) в течение вегетационного периода.

Задачи: 1) Рассмотреть спектр биологической активности хлорогеновой кислоты; 2) Определить количественное содержание хлорогеновой кислоты в вегетативных органах хмеля вьющегося (*Humulus lupulus*); 3) Оценить динамику хлорогеновой кислоты в хмеле вьющимся (*Humulus lupulus*) по сезонам года.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования выступили молодые побеги с зачаточными листьями (середина апреля), листья на стадии максимального развития (май — август) и соплодия (шишки) (июль) хмеля вьющегося (*Humulus lupulus*), семейство коноплевые (*Cannabaceae*), отобранные в период наиболее активной вегетации [7, с. 30]. Содержание хлорогеновой кислоты проводили спектрофотометрическим методом на приборе ПЭВИ 5300 в соответствии со следующей методикой:

1. Точную навеску измельченного растительного сырья (2,0 г), полученную методом квартования из 10,0 г переносили в колбу со шлифом, объемом 250 мл, приливали 50,0 мл 60% этилового спирта. 2. Далее колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане (при 100°C) в течение 30 мин. Полученное горячее извлечение фильтровали в мерную колбу объемом 100 мл через бумажный фильтр. 3. Экстракцию указанным способом повторяли еще раз: извлечение фильтровали через тот же фильтр в ту же мерную колбу, после охлаждения колбы, объем извлечения доводили до метки 60% этиловым спиртом и тщательно перемешивали с получением раствора А. 4. В мерную колбу объемом 50 мл помещали 1 мл раствора А, доводили до метки 95% раствором этилового спирта, перемешивали и получали раствор Б. 5. Спектрофотометрически определяли оптическую плотность раствора Б при длине волны 327 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Раствором сравнения служил 95% раствор этилового спирта.

Далее в пересчете на хлорогеновую кислоту рассчитывали сумму гидроксикоричных кислот и сухую массу сбора в процентах (X,%) по формуле:

$$X, \% = \frac{D \times V_1 \times V_2 \times 100}{m \times E_{1cm}^{1\%} \times V_2 \times (100 - W)} \quad (1)$$

где: *D* — оптическая плотность испытуемого раствора (раствор Б)

*V*<sub>1</sub> — объем раствора А, мл

*V*<sub>2</sub> — аликвота раствора А, мл

*V*<sub>3</sub> — объем раствора Б, мл

*E*<sub>cm</sub><sup>1%</sup> = 531 — удельный показатель поглощения хлорогеновой кислоты при 327 нм

*m* — масса сбора, г

*W* — потери в массе при высушивании сбора, % [1, с. 256–258].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета GNU PSPP (программное обеспечение для статистического анализа данных) Statistical Analysis Software Release 1.2.0-g0fb4db, 2016 г. Полученные данные обрабатывали с привлечением методов непараметрической статистики. Вычисля-

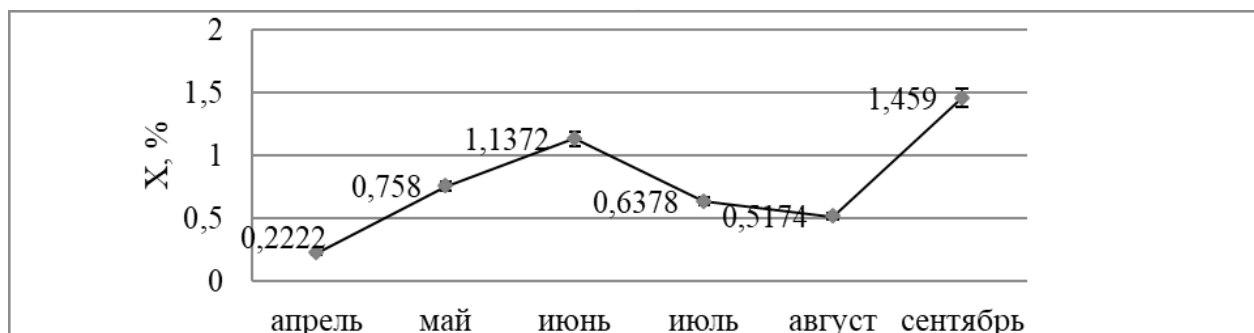


Рис. 1. Средние значения хлорогеновой кислоты (%) в листьях хмеля выщегося (*Humulus lupulus*) по сезонам года

ли медиану (Me), интерквартильный размах (25-й и 75-й процентиля) при анализе значений хлорогеновой кислоты в тканях растения.

### Литературный обзор

Гидроксикоричные кислоты образуются в большинстве случаев из фенилаланина или его предшественника — шикимовой кислоты в хлоропластах и играют важную роль в метаболизме растений. Они обладают антибактериальной, аллелопатической и антифунгальной активностью [4, с. 22].

Выраженная антиоксидантная активность фенолов объясняется их способностью терять электрон и протон, что приводит к образованию относительно стабильного фенокислородного радикала, делокализуемого неспаренным электроном. Устойчивость фенокислородных радикалов увеличивает наличие электроноакцепторных карбоксильной и сложноэфирной групп [2, с. 264]. Таким образом, фенольные вещества достаточно быстро и энергично взаимодействуют с активными формами кислорода: сначала они окисляются до фенокислородных радикалов, дальнейшее их окисление приводит к образованию хинонов.

Среди гидроксикоричных кислот следует сказать про хлорогеновую кислоту ( $C_{16}H_{18}O_9$ ) (ХГК) — сложный моноэфир кофейной (3,4-диоксикоричной) кислоты [6, с. 6] и одного из стереоизомеров хинной кислоты: 3-кофеилхинной (3-QCA), 4-кофеилхинной (4-QCA) или 5-кофеилхинной (5-QCA) кислот [14, с. 49; 16, с. 2900; 17, с. 1960; 18, с. 24]. Широко распространена в растительных организмах, наибольшее содержание (около 100 мг/кг сухой массы) отмечено в кофейных зернах, семенах подсолнечника, листьях черники и белого тополя, корне цикория, листьях стевии, артишока [10, с. 7]. В яблоках, барбарисе, баклажанах, топинамбуре, щавеле, грушах, шишках хмеля, клюкве — концентрация данного соединения может колебаться от 5 до 40% в зависимости

от сорта растения. Хлорогеновая кислота в концентрациях 50–500 мкг/кг сырой массы находится в абрикосе, вишне, сливе и персике [12, с. 35], в организме человека не вырабатывается. Вещество синтезируется исключительно в растениях из фенилаланина через стадию образования шикимовой кислоты.

Хлорогеновая кислота обладает широким разнообразным спектром биологической активности. Ее действие доказано в качестве антибактериального, противовирусного, противовоспалительного, гипогликемического, гепатопротекторного, антимуtagenного и гипотензивного биологически активного соединения. Отмечено гипохолестеринемическое, противораковое и гепатопротекторное действие. Установлены также свойства пребиотика [9 с. 40; 15, с. 371]. Хлорогеновая кислота и ее производные проявляют более активный антиоксидантный эффект по сравнению с кофейной, аскорбиновой кислотой и токоферолом (витамин E); может достаточно эффективно удалить из среды гидроксильный радикал, супероксид-анион радикалы, ДФПГ-радикал, подавлять липопротеины низкой плотности окисления [11, с. 57; 13, с. 372].

Установлены следующие фармакологические эффекты хлорогеновой кислоты на человека: усиление процессов сжигания жиров и регуляция метаболизма, что существенно помогает желающим сбросить вес. Антиоксидантное воздействие выступает как профилактика мутагенной активности: кислота значительно снижает риски развития опухолевых новообразований. Способствует повышению эластичности сосудистых стенок, улучшению состояния кожи благодаря нормализации процессов снабжения клеток кислородом. Участвует в процессах укрепления мышц, костей, нормализации уровня глюкозы в крови, а, следовательно, профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы. Соединение проявляет функции очищения (нормализации работы печени, оказывает мягкий мочегонный и слабительный эффект). Хлорогеновая кислота становится

Таблица 1. Содержание хлорогеновой кислоты (%) в листьях и соплодиях хмеля вьющегося (*Húmulus lupulus*).

месяц отбора проб	орган растения	значения показателя Me [25%; 75%]
апрель	побеги, зачаточные листья	0,209 [0,2055; 0,2455]
май	листья	0,756 [0,7535; 0,7635]
июнь	листья	1,137 [1,133; 1,1415]
июль	листья	0,633 [0,6255; 0,6525]
июль	соплодия («шишки»)	1,061 [1,0595; 1,0725]
август	листья	0,514 [0,51; 0,5265]
август	соплодия («шишки»)	0,718 [0,7155; 0,7253]
сентябрь	листья	1,4552 [1,4434; 1,4766]
октябрь	соплодия («шишки»)	0,5659 [0,5326; 0,604]

средством для предотвращения инфицирования пищеварительного тракта и развития различных заболеваний в данной сфере за счет того, что данное соединение благодаря своим свойствам способствует их выводу из кишечника, где они чаще всего скапливаются [15, с. 371].

### Результаты и обсуждение (Results and discussions)

Результаты исследования полученные в ходе проведенных экспериментов представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

Особо отчетливо прослеживается динамика содержания хлорогеновой кислоты в вегетативных частях растения: в листьях хмеля вьющегося минимальное содержание 0,2222% зафиксировано в апреле, наибольшее — 1,459% в сентябре. Таким образом, в ходе вегетативного сезона с апреля по октябрь в целом наблюдался рост показателя: содержание хлорогеновой кислоты увеличилось к октябрю в 6,56 раза (рисунок 1).

Однако анализ диаграммы также показывает, что в значении показателя присутствует два пика максимума содержания: первый в июне — 1,1372%, второй (1,459%) в октябре. Объяснение данному факту может быть связано с ролью хлорогеновой кислоты в растении. В июне отмечается наибольший рост и развитие вегетативной массы, максимального значения достигает площадь листовых пластинок, активно протекают фотосинтетические реакции. Установлено также повышение содержания каротиноидов и суммарного содержания хлорофилла под действием смеси гидроксикоричных кислот в концентрации  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  М в растении гречиха [8, с. 22]. Снижение содержания хлорогеновой кислоты в июле и августе в 2,2 раза по сравнению с июнем может быть связано со стрессовым фактором, обусловленным повышением среднесуточных температур воздуха в 2 раза по сравнению с климатической нормой данного перио-

да и снижением влажности воздуха до 23–25% от нормы, отсутствием осадков.

Второй пик по концентрации хлорогеновой кислоты в сентябре может быть обусловлен накоплением токсикантов в растении на конец периода вегетации, повышением концентрации активной формы кислорода, перекисей в связи с возрастным старением тканей растения и, следовательно, необходимостью интенсификации клеточных процессов. Таких как работа электронно-транспортной цепи в митохондриальном аппарате растительной клетки, накопление запасных веществ, включений, уплотнение клеточных стенок растений. Известны факты увеличения количества клеточных слоев дифференцирующейся феллемы (пробки) у растений на 22% под действием гидроксикоричных кислот. Активно включаются и защитные механизмы, с участием хлорогеновой кислоты, связанные с утилизацией агрессивных кислородных и иных радикальных частиц [5, с. 229].

В соплодиях хмеля также отмечена сезонная динамика содержания хлорогеновой кислоты с максимумом в июле 1,061% и минимумом в октябре. Наибольшее содержание соединения в июле обусловлено, по-видимому, процессами подготовки растения к цветению и цветением, повышением концентрации фитогормонов (гибберелиновая кислота) в тканях и интенсивным дыханием растения, следовательно, увеличением концентрации свободных радикалов в клетках, в снижении содержания которых роль хлорогеновой кислоты на сегодняшний день установлена.

### Заключение

Таким образом, по результатам экспериментального исследования возможно сделать следующие выводы:

1. Содержание гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту установлено во всех образцах тканей с апреля по октябрь;

2. В тканях хмеля вьющегося показана вариабельность накопления хлорогеновой кислоты с увеличением в июне (в листьях), в июле (в соплодиях «шишках»);
3. Анализ накопления и распределения по тканям гидроксикоричных кислот в летне-осенний период позволит определить воздействие факторов окружающей среды на растения и использовать полученные данные для оценки интенсивности ответной реакции растений на стрессовые и токсические воздействия эндо- и экзогенной природы;
4. Полученные результаты определения содержания хлорогеновой кислоты в хмеле вьющимся (*Humulus lupulus*) могут быть использованы для выделения видов растений как дополнительных доступных источников биологически активных веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Я.И. Разработка методики количественного определения фенольных соединений в желчегонном сборе № 2 / Я.И. Абрамова, Г.И. Калинкина, В.С. Чучалин // Химия растительного сырья. — 2011. — № 4. — С. 256–268.
2. Бандюкова В.А. Фенолокислоты растений, их эфиры и гликозиды / В.А. Бандюкова // Химия природных соединений. — 1983. — № 3. — С. 263–272.
3. Вольнец А.П. Ароматические оксисоединения — продукты и регуляторы фотосинтеза // Биохимия растений. — 1983. — Т. 2. — № 2. — С. 157.
4. Исаева Н.В. Биологически активные вещества плодов и настойки барбариса / Н.В. Исаева, И.А. Самылина // Фармация. — 2006. — № 1. — С. 22–23.
5. Загоскина Н.В. Полифенолы высших растений: структура, биосинтез, экологическая роль / Н.В. Загоскина // Сборник материалов V международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологической и химической экологии». — М.: МГУ, 2016. — С. 228–230.
6. Левицкий А.П. Хлорогеновая кислота: биохимия и физиология / А.П. Левицкий, Е.К. Вертикова, И.А. Селиванская // Мікробіологія і біотехнологія. — 2010. — № 2. — С. 6–20.
7. Медведев Ю.В. Определение гидроксикоричных кислот в лекарственном растительном сырье и объектах растительного происхождения / Ю.В. Медведев, О.И. Передеряев, А.П. Арзамасцев, К.И. Эллер, В.И. Прокофьева // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. — 2010. — № 3. — С. 25–31.
8. Мишина О.С. Влияние карвитола и циркона на морфофизиологические показатели и продуктивность различных генотипов растений гречихи: автореф. дис. ... канд. с/х. наук: 03.01.05. — М., 2011. — 22 с.
9. Самылина И.А. Пути использования лекарственного растительного сырья и его стандартизация / И.А. Самылина, И.А. Баландина // Фармация. — 2004. — № 2. — С. 39–41.
10. Тутельян В.А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Фенольные кислоты: распространенность, пищевые источники, биодоступность / В.А. Тутельян, Н.В. Лашнева // Вопросы питания. — 2008. — Т. 77, № 1. — С. 4–19.
11. Хлорогеновая кислота плодов и листьев некоторых растений семейства Berberidaceae / В.И. Дейнека // Химия растительного сырья. — 2008. — № 1. — С. 57–61.
12. Храмов В.А. Хлорогеновая кислота в листьях и лиофилизированных экстрактах стевии / В.А. Храмов, Н.В. Дмитренко // Хим.-фарм. журн. — 2000. — № 11. — С. 34–35.
13. Шаповалова И.Е. Хлорогеновая кислота — антиоксидантный потенциал семян подсолнечника / И.Е. Шаповалова, З.П. Федакина [Электронный ресурс] 2013. — Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-ofconferences/archives-of-individual-conferences/june-2013>. — Загл. с экрана.
14. Ames R.N. Dietary carcinogens and mutagens from plants / R.N. Ames, M. Profet, L.S. Gold // Mutagens in Food: Detection and Prevention. — FL.: CRC Press, 1991. — P. 29–50.
15. Antihypertensive effects and mechanisms of chlorogenic acids / Zhao Y. [et al.] // Hypertens Rec. — 2012. — Vol. 35, № 4. — P. 370–374.
16. Clifford M.N. Hierarchical Scheme for LC–MSn Identification of Chlorogenic Acids / M.N. Clifford, K.L. Johnston, S Knight, N. Kuhnert // J. Agric. Food Chem. 2003. — V. — 51. — P. 2900–2911.
17. Clifford M.N., Knight S., Surucu B., Kuhnert N. Characterization by LC–MSn of Four New Classes of Chlorogenic Acids in Green Coffee Beans: Dimethoxycinnamoylquinic Acids, Diferuloylquinic Acids, Caffeoyldimethoxycinnamoylquinic Acids, and Feruloyl-dimethoxycinnamoylquinic Acids / M.N. Clifford, S Knight, B. Surucu, N. Kuhnert // J. Agric. Food Chem. — 2006. — V. 54. — P. 1957–1969.
18. Farah A., Dodadgelo C.M. Phenolic compounds in coffee / A. Farah, C.M. Dodadgelo // Braz. J. Plant Physiol. — 2006. — V. 18(1). — P. 23–26.

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

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОАО «РЖД»

### IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AT THE ENTERPRISES OF JSC “RUSSIAN RAILWAYS”

**A. Sytnikova  
Yu. Borovkov**

*Summary.* The article discusses a general identification algorithm and assessment of the importance of environmental aspects at railway transport enterprises. The negative and favorable impacts inherent in an enterprise with mobile and stationary sources of negative environmental impact are identified, as well as measures to reduce these impacts. The article also discusses the general algorithm for maintaining the register “Environmental aspects of the object”, provides criteria for assessing the significance of environmental aspects. The methodology given in the article can be used by railway transport enterprises in the development of an environmental management system (EPMS), and can also be used in solving similar problems in other fields of application (for example, on other types of transport).

*Keywords:* railway transport, ecology, environmental management system, identification of environmental aspects, assessment of the significance of environmental aspects, environmental impact.

**Сытникова Анастасия Дмитриевна**

Российский университет транспорта (МИИТ)  
sytnikovaad99@mail.ru

**Боровков Юрий Николаевич**

К.т.н., доцент, Российский университет  
транспорта (МИИТ)  
brovkov@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается общий алгоритм идентификации и оценки значимости экологических аспектов на предприятиях железнодорожного транспорта. Выявляются негативные и благоприятные воздействия, присущие предприятию, имеющему передвижные и стационарные источники негативного воздействия на окружающую среду, а также меры снижения этих воздействий. Также в статье рассматривается общий алгоритм ведения реестра «Экологические аспекты объекта», приводятся критерии оценки значимости экологических аспектов. Приведенная в статье методика может быть использована предприятиями железнодорожного транспорта при разработке системы экологического менеджмента (СУОС), и может быть также использована при решении аналогичных задач и в иных областях применения (например, на других видах транспорта).

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, экология, система экологического менеджмента, идентификация экологических аспектов, оценка значимости экологических аспектов, воздействие на окружающую среду.

### Введение

**Ж**елезнодорожный транспорт имеют большее экологическое преимущество перед другими видами транспорта, выражающееся в меньшем удельном расходе энергии и выбросов загрязняющих веществ на единицу перевозочной работы. Тем не менее, железнодорожный транспорт оказывает заметное негативное воздействие на окружающую среду. Данный вид транспорта обслуживают свыше 550 локомотивных и вагонных депо, около 60 заводов по ремонту локомотивов, вагонов и путевой техники [1]. Перевозочный процесс железнодорожного транспорта обеспечивает работой многочисленное количество станций, железнодорожных узлов и предприятий разнообразного технологического назначения: котельные, пункты технического обслуживания, шпалопропиточные заводы, промывочно-пропарочные станции, прачечные и так далее. Происходит воздействие физических факторов, связанных как с работой подвижного состава поезда, так

и предприятий железнодорожного транспорта. Такого рода проблемы позволяет решать и контролировать наличие в транспортной компании системы экологического менеджмента. Одним из базовых элементов создания и функционирования таких систем является идентификация и оценка значимости экологических аспектов [2].

### Методы

Процесс идентификации и оценки значимости экологических аспектов основан на требованиях ГОСТ Р ИСО 14001. Результаты идентификации и оценки значимости используются для разработки мер управления экологическими рисками и обеспечения поддержания приемлемого уровня воздействия экологических аспектов на окружающую среду [2].

Идентифицированные экологические аспекты следует оценивать с точки зрения их воздействия на окружающую среду. Воздействия могут быть *негативными*

Таблица 1. Форма реестров «Экологические аспекты объекта».

Экологический аспект	Форма воздействия	Меры снижения воздействия	Риски развития нештатных ситуаций	Оценка влияния на репутацию	Оценка мер снижения воздействия по показателю		Фактическая величина воздействия	Дополнительные меры снижения воздействия для данного объекта	ПРИМЕЧАНИЯ
					ресурс оборудования	технологическая готовность			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(размещение отходов, сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, сброс загрязненных сточных вод в канализацию (общего пользования или соседних предприятий), выбросы ЗВ в атмосферный воздух, загрязнения почв и грунтовых вод (в том числе при сбросе на рельеф/водосборные площади, в процессе хранения каких-либо материалов или продукции), загрязнение недр, нарушения почвенного покрова (эрозионные процессы, размыв почв, засоление почв, заболачивание почв), термическое воздействие (выбросы тепла в атмосферу, водные объекты, нагрев почвенного покрова), шумовое воздействие, вибрационное воздействие, световое загрязнение, электромагнитное излучение, радиационное излучение, потребление природных ресурсов, воды и энергии, биологическое загрязнение, негативное эстетическое воздействие) и *благоприятными* (вторичное использование ресурсов/ отходов (при выполнении технологических процессов), восстановление биоты, восстановление ландшафта, благоприятное эстетическое воздействие) [3].

Идентифицированные экологические аспекты должны быть зарегистрированы в реестрах «Экологические аспекты объекта», которые оформляют для каждого объекта или один на группу однотипных объектов структурных подразделений ОАО «РЖД» в электронном виде в соответствии с формой таблица 1 [4].

В отношении экологических аспектов, которые оказывают или способны оказать воздействие на окружающую среду, принимаются меры снижения воздействий, к ним можно отнести: устройство очистных сооружений, ремонт оборудования, применение специального оборудования (например, система по рециркуляции отходящих газов), проведение регламентных работ, применение специальных материалов (например, укрывной материал на складах инертных материалов, различные звукоизоляционные материалы), передача отходов специализированным предприятиям и другое.

### Оценка экологических аспектов, свойственных штатным режимам работы

Методика оценки определяет единые требования к проведению оценки экологических аспектов, свойственных штатным режимам работы. Оценка экологического аспекта проводится в отношении всех выявленных форм его воздействия на окружающую среду.

В ходе оценки подлежат рассмотрению критерии: фактическое экологическое воздействие, обеспечение мер снижения воздействия экологического аспекта, влияние воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД».

#### 1. Оценка фактического воздействия на окружающую среду экологического аспекта

Оценку штатных условий работы выполняют для всех форм неблагоприятных воздействий каждого из экологических аспектов объекта, установленных в реестре «Экологические аспекты объекта», на основе численной или экспертной оценки показателя «Величина воздействия» в соответствии с таблицей 2 [4].

При проведении экспертной оценки члены рабочей группы по оценке экологических аспектов, производят осмотр территории, на которую воздействует экологический аспект, и анализируют известные им сведения о воздействии экологического аспекта на биоту или население прилегающих территорий.

Источниками информации при выявлении видов деятельности, которые воздействуют или могут воздействовать на окружающую среду, и идентификации экологических аспектов являются: международные, государственные, муниципальные, корпоративные экологические законодательные акты и стандарты; НДВ, НДС,

Таблица 2. Оценка фактического воздействия на окружающую среду.

Форма воздействия	Метод оценки	Фактическая величина воздействия		
		«жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«красная зона»
Размещение отходов (передача на размещение)	Численный	В соответствии с установленными лимитами на размещение отходов по каждому виду отхода и в случае, когда установление таких лимитов не требуется*	Сверх лимита на размещение отходов (превышение составляет менее 10% для каждого вида отхода)**	Сверх лимита на размещение отходов (превышение составляет 10% и более для каждого вида отхода)**
Выбросы в атмосферу	Численный	В соответствии с установленными НДВ по каждому ЗВ и в случае, когда установление НДВ не требуется*	Сверх установленного НДВ (превышение составляет менее 10% для каждого ЗВ)**	Сверх установленного НДВ (превышение составляет 10% и более для каждого ЗВ)**
Загрязнения почв и грунтовых вод	Экспертный	Видимых загрязнений не наблюдается и отсутствуют сведения о воздействиях на население прилегающих территорий	Имеются незначительные локальные загрязнения	Имеются устойчивые локальные загрязнения или имеются сведения о воздействиях на население прилегающих территорий

НООЛР, проект обоснования СЗЗ; государственная статистическая отчетность по формам 2-ТП (водхоз), 2-ТП (воздух), 2-ТП (отходы), 4-ОС, 2-ТП (рекультивация); расчеты платежей за загрязнение окружающей среды; результаты производственного экологического контроля, контроля в области промышленной безопасности, производственного контроля за соблюдением санитарных правил; данные лабораторного контроля параметров выбросов в атмосферный воздух, уровней шума и вибрации, сточных вод, токсичности отходов, почвы и т.д.; данные о сырьевых материалах, их упаковке; сведения о введении новых технологических операций и процессов; данные внешнего и внутреннего экологического аудита за прошлый период; имеющиеся материалы обследований, мониторинга; внутренняя нормативная документация (инструкции, положения, приказы); информация о происшедших и потенциальных аварийных ситуациях и другие [4].

Определение значимости по результатам оценки: «красная зона» — экологическое воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое и требующее проведения дополнительных мероприятий по снижению воздействия; «оранжевая зона» — воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое (должен быть предусмотрен измерительный контроль, обеспечивающий выявление причин повышенного воздействия для численных методов оценки, или увеличена частота контроля с применением экспертной оценки. По результатам контроля должны предприниматься меры восстановительного ха-

рактера); «желтая зона» — воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как незначимое (малозначительное). Численная оценка может проводиться расчетными методами.

Оценка благоприятных воздействий по данному показателю не производится.

## 2. Оценка мер снижения воздействия на окружающую среду экологического аспекта

Оценку для штатных условий работы выполняют для всех форм негативного воздействия каждого из экологических аспектов объекта, установленных в реестре «Экологические аспекты объекта», на основе экспертной оценки показателей:

«Ресурс оборудования» — подборка оборудования или период эксплуатации оборудования или конструкций, связанных с данной формой воздействия экологического аспекта;

«Компетентность персонала» — подготовка и осведомленность персонала, имеющего допуск к эксплуатации оборудования и/или участвующего в технологическом процессе, в вопросах, связанных с воздействиями экологического аспекта (включая персонал субподрядчиков и иных лиц, способных оказывать воздействие);

«Технологическая готовность» — соответствие применяемого оборудования технологическим требовани-



Таблица 3. Оценка мер снижения воздействия на ОС экологического аспекта, учитывая «Ресурс оборудования».

КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПЕРСОНАЛА	РЕСУРС ОБОРУДОВАНИЯ			
	Оборудование не требуется	Ресурс используемого оборудования не выработан	Ресурс используемого оборудования выработан, но проведена комиссия оценка и продление ресурса	Ресурс используемого оборудования выработан, продление ресурса не проведено или невозможно
	А	Б	В	Г
Может быть задействован персонал не обладающей достаточной компетентностью (стажеры, временный персонал, вновь принятый на работу персонал, не прошедший дополнительную подготовку) ИЛИ отсутствуют (не предусмотрены) средства информирования	1 «жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«оранжевая зона»	«красная зона»
Персонал считается подготовленным (в том числе в части специальных требований, связанных с эксплуатацией оборудования, выработавшего свой ресурс) на основании оценки административного руководителя ИЛИ необходимые средства информирования (информационные указатели, идентификаторы или плакаты) предусмотрены технологическим процессом	2 «жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«оранжевая зона»

ям, обустройство мест хранения в соответствии с требованиями, соответствие мест расположения зданий и сооружений, конструкций, оборудования и прочее указаниям проекта, работа в соответствии с нормальными технологическими параметрами.

Оценка мер снижения воздействий на окружающую среду экологического аспекта выполняется экспертным методом.

Результаты оценки отображают в реестре «Экологические аспекты объекта», указывая буквенно-цифровой результат оценки и выделяя цветом значимость данной формы воздействия экологического аспекта по данному критерию. На основании показателей оценки следует ранжировать воздействия экологических аспектов как это установлено в таблицах 3 и 4 [4].

При проведении оценки члены рабочей группы используют: результаты анализа проектной и конструкторской документации; документированные заключения комиссий, подтверждающих продление ресурса оборудова-

ния; документированные экспертные заключения сторонних экспертных органов; сведения об авариях; документированные свидетельства подготовки персонала.

Оценка благоприятных воздействий по данному показателю не производится.

Определение значимости по результатам оценки показателей: «красная зона» — экологическое воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое и требующее проведения дополнительных мероприятий (например, установления экологических целей) по замене оборудования, исключению из технологического процесса неподготовленного персонала и/или размещения средств информирования; «оранжевая зона» — воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое (должен быть предусмотрен контроль, обеспечивающий экологическую результативность, и/или предусмотрены соответствующие информационные указатели); «желтая зона» — воз-

Таблица 4. Оценка мер снижения воздействия на ОС экологического аспекта, учитывая «Технологическую готовность».

КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПЕРСОНАЛА	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ			
	Технологическая готовность обеспечена ИЛИ отступления от технологии исключены конструктивно	Используются альтернативное оборудование и/или планировочные решения, подтвержденные независимым компетентным органом	Используются альтернативное оборудование и/или планировочные решения, утвержденные руководством структурного подразделения ОАО «РЖД» или режим работы оборудования на 40% ниже номинального	Технологическая готовность не обеспечена Режимы работы оборудования превышают номинал более чем на 10% Перепланировки не утверждены
	А	Б	В	Г
Может быть задействован персонал не обладающей достаточной компетентностью (стажеры, временный персонал, вновь принятый на работу персонал, не прошедший доп. подготовку) ИЛИ отсутствуют (не предусмотрены) средства информирования	1 «жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«оранжевая зона»	«красная зона»
Персонал считается подготовленным (в том числе в части специальных требований, связанных с эксплуатацией оборудования, выработавшего свой ресурс) на основании оценки административного руководителя ИЛИ необходимые средства информирования (информационные указатели, идентификаторы или плакаты) предусмотрены технологическим процессом	2 «жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«оранжевая зона»	«красная зона»

действие данного экологического аспекта следует рассматривать как незначимое (малозначительное).

**3. Оценка влияния воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД»**

Оценку для штатных условий работы выполняют для всех форм негативного и благоприятного воздействия каждого из экологических аспектов объекта, установленных в реестре «Экологические аспекты объекта», на основе экспертной оценки показателей:

«Степень интереса» — круг общественности, интересующийся степенью воздействия данного экологического аспекта;

«Оценка структурного подразделения ОАО «РЖД» — наличие свидетельств положительной или отрицательной оценки за последние 5 лет функционирования структурного подразделения ОАО «РЖД» в отношении данного экологического аспекта, а именно: письменные претензии населения, предписания контролирующих организаций, известные ОАО «РЖД» публикации в СМИ, заявления собственных сотрудников.

Оценка влияния воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД» выполняется экспертным методом.

Эксперты оценивают показатели «Оценка структурного подразделения ОАО «РЖД» по уровню от «А» до «Д»

Таблица 5. Оценка влияния воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД».

СТЕПЕНЬ ИНТЕРЕСА		ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ОАО «РЖД»				
		Имеются только положительные свидетельства оценки	Имеется одно положительное свидетельство оценки при отсутствии негативных свидетельств, полученных позднее	Нет свидетельств оценки	Имеется одно «не закрытое» и/или хотя бы одно «закрытое» негативное свидетельство оценки	Имеется более одного «не закрытого» свидетельства оценки
		А	Б	В	Г	Д
Воздействие данного экологического аспекта не интересует общественность	1	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»
Значимость экологического аспекта в рамках данного воздействия обсуждается в кругах специалистов или научных кругах	2	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«оранжевая зона»
Воздействие является предметом интереса населения, проживающего в непосредственной близости от объекта (в СЗЗ, в зоне прямой видимости, на границе территории объекта и тому подобное)	3	«зелёная зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«оранжевая зона»	«красная зона»

Таблица 6. Оценка влияния воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД» при благоприятном воздействии.

СТЕПЕНЬ ИНТЕРЕСА		ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ОАО «РЖД»				
		Имеются только положительные свидетельства оценки	Имеется одно положительное свидетельство оценки при отсутствии негативных свидетельств, полученных позднее	Нет свидетельств оценки	Имеется одно «не закрытое» и/или хотя бы одно «закрытое» негативное свидетельство оценки	Имеется более одного «не закрытого» свидетельства оценки
		А	Б	В	Г	Д
Воздействие данного экологического аспекта не интересует общественность	1	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»
Значимость экологического аспекта в рамках данного воздействия обсуждается в кругах специалистов или научных кругах	2	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»
Воздействие является предметом интереса населения, проживающего в непосредственной близости от объекта (в СЗЗ, в зоне прямой видимости, на границе территории объекта и т.п.)	3	«зелёная зона»	«зелёная зона»	«жёлтая зона»	«жёлтая зона»	«оранжевая зона»

и «Степень интереса» по уровню от «1» до «5» и определяют уровень влияния для каждой формы воздействия экологических аспектов по итогам совместного обсуждения, присваивая буквенно-цифровое значение (например, ВЗ). На основании показателей оценки следует ранжировать воздействия экологических аспектов, как это установлено в таблице 1. Результаты оценки отображают в реестре «Экологические аспекты объекта», указывая буквенно-цифровой результат оценки и выделяя цветом значимость данной формы воздействия экологического аспекта по данному критерию.

При проведении оценки эксперты обязаны использовать: поступившие от заинтересованных лиц жалобы и положительные отзывы; результаты судебных разбирательств; известные экспертам публикации в СМИ (включая публичные сайты и блоги в сети Интернет); известные экспертам результаты опросов заинтересованных лиц.

При проведении оценки следует пользоваться таблицей 5 [4].

Определение значимости по результатам оценки показателей: «красная зона» — экологическое воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое и требующее: внедрения дополнительных мер по снижению воздействия на ОС экологического

аспекта и проведения мероприятий (в рамках снижения рисков или установления целей) по восстановлению репутации ОАО «РЖД»; «оранжевая зона» — воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как значимое, необходимо обеспечить мониторинг информации об оценке структурного подразделения ОАО «РЖД» относительно данного экологического аспекта; «желтая зона» — воздействие данного экологического аспекта следует рассматривать как незначимое (малозначительное); «зеленая зона» — воздействие данного экологического аспекта носит благоприятный характер, следует использовать данный аспект для формирования благоприятной репутации ОАО «РЖД».

При проведении оценки благоприятных воздействий следует пользоваться таблицей 6 [4].

### Результаты

В данной статье представлен общий алгоритм идентификации экологических аспектов, детально рассмотрены общие критерии оценки экологических аспектов, свойственных штатным режимам работы организации ОАО «РЖД», а именно: оценка фактического экологического воздействия, оценка мер снижения воздействия на окружающую среду, оценка влияния воздействий экологического аспекта на репутацию ОАО «РЖД».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров Ю.П., Гаранина Т.В. Экология железнодорожного транспорта, включая ВСНТ: учебно-методическое пособие. — Москва, 2007. 91 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://library.mii.ru/methodics/28112016/08-299.pdf> (дата обращения 11.12.19) [1].
2. ГОСТ Р ИСО 14001–2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. Электронный фонд. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200134681> [2].
3. Зубрев Н.И., Шарпова Н.А. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте: учебное пособие. — М.: УМК МПС России, 1999, 592 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C36/V2/064.pdf> [3].
4. Порядок идентификации экологических аспектов деятельности структурных подразделений и оценки их значимости в ОАО «РЖД» [4].

© Сытникова Анастасия Дмитриевна ( [sytnikovaad99@mail.ru](mailto:sytnikovaad99@mail.ru) ), Боровков Юрий Николаевич ( [brovkov@mail.ru](mailto:brovkov@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ВОЗМОЖНОСТИ ОБЛАКА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

## HEALTHCARE CLOUD CAPABILITIES

*Al' Nasravi Faris Khazim Abdulsada*  
*Yu. Tomashevsky*

*Summary.* The article shows that cloud computing is an actual model used to create a healthcare cloud. The limitations are described and the main problems when working with the healthcare cloud are formulated, among which trust, confidentiality and security are highlighted. The ways to solve them are marked.

*Keywords:* cloud computing, healthcare cloud, trust, privacy, security, reliability, flexibility, data management.

**Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада**

Аспирант, Саратовский государственный  
 технический университет имени Гагарина Ю.А  
*farisiraq21@gmail.com*

**Томашевский Юрий Болеславович**

Д.т.н., профессор, Саратовский государственный  
 технический университет имени Гагарина Ю.А  
*tomash@sstu.ru*

*Аннотация.* В статье показано, что облачные вычисления являются актуальной моделью, используемой для создания облака здравоохранения. Описаны ограничения и сформулированы основные проблемы при работе с облаком здравоохранения, среди которых особо выделяются доверие, конфиденциальность и безопасность. Отмечены пути для их решения.

*Ключевые слова:* облачные вычисления, облако здравоохранения, доверие, конфиденциальность, безопасность, надежность, гибкость, управление данными.

## Введение

Облачные вычисления являются новой коммерческой моделью, которая позволяет организациям исключить необходимость в поддержании дорогостоящего оборудования, программного обеспечения и сетевой инфраструктуры. Они также снижают или даже полностью устраняют затраты на привлечение технических специалистов по обслуживанию оборудования. За счет использования виртуализации и совместного использования ресурсов, облако предлагает разнообразные решения и сервисы, необходимые для различных организационных потребностей. Облако является гибким и масштабируемым комплексом, что позволяет клиентам в любой момент расширить существующую систему, не вкладывая средств в новые компоненты инфраструктуры. Облако специального типа, используемое для улучшения ухода за пациентами, называется «облаком здравоохранения» (ОЗ), как показано на рисунке 1.

Помимо значительного снижения затрат, повышает уровень использования ресурсов и предоставления услуг [1–8]. Различные типы организаций могут извлечь выгоду из ОЗ: правительственные организации, финан-

совые учреждения, развлекательные интернет-компании и медицинские учреждения [1].

## Основные возможности облака здравоохранения

Прежде чем обсуждать возможности электронного облака здравоохранения, рассмотрим основные ограничения системы ОЗ:

- ♦ **Высокая стоимость внедрения и обслуживания:** внедрение технологии ОЗ требует инвестиций в программное и аппаратное обеспечение, техническую инфраструктуру, ИТ-специалистов и обучение. Это может привести к значительным затратам организаций здравоохранения, в частности, для среднего и малого бизнеса. Реализация высоких информационных технологий (ИИТ, англ.) может отнять много времени и сил у специалистов в области здравоохранения, которые должны выделить время на проект помимо своих обязанностей по уходу за пациентами. И, наконец, потребуются разовый наем специалистов для установки соответствующего оборудования, который также потребует надлежащего финансирования.



Рис. 1. Облако здравоохранения

- ◆ **Фрагментация данных:** большинство данных о пациенте разделено между различными медицинскими учреждениями и административными системами, что делает задачу сбора данных в единую целостную систему, крайне проблематичной.
- ◆ **Отсутствие правил/законов, регламентирующих доступ и передачу информации в облаке здравоохранения:** в настоящее время отсутствуют устоявшиеся законы или постановления касаются сбора данных о пациенте, за исключением закона о безопасности данных. Например, не существует единого закона защиты персональных данных пациента при их возможной передаче между разными странами. Защита данных имеет различные уровни в каждой отдельно взятой стране, например, директива о конфиденциальности электронных коммуникаций в Европе защищает персональные данные пациентов при медицинском страховании (hipra) [2].
- ◆ **Отсутствие дизайна «облака здравоохранения» и необходимость разработки стандартов:** отсутствие необходимых в разработке ОЗ стандартов для медицинских работников. Они должны включать в себя определенный список данных, форму их хранения, и, порой, частоту сбора (помимо упомянутой ранее защиты данных). Одна из самых больших проблем в области стандартизации данных для облака здравоохранения — наличие многочисленных стандартов (например, ДИЦОМ, ИСО/ТК 215, стандарт h17 и т.д.) и большое количество организаций, занимающихся стандартизацией. Многие из них не совместимы или не скоординированы между собой на организационном уровне. Подробнее о существующих стандартах электронного здравоохранения упомянуто в [3]. Переход на облако здравоохра-

нения позволит эффективно и экономически выгодно решить описанную проблему. Кроме того, ОЗ также имеет потенциал для поддержки взаимосвязи между различными областями здравоохранения. Больницы смогут создавать сети для координации и более эффективного обмена информацией. Эти сети будут гибкими и масштабируемыми, что поможет снизить затраты бюджета и повысить эффективность работы организаций здравоохранения. Сбор данных в едином облаке имеет множество преимуществ:

1. Повышение качества лечения: возможность использования единой медицинской карты пациента, содержащей данные обо всех посещениях лечащих специалистов. Эти записи будут доступны в любом месте и в любое время, что позволит поставщикам медицинских услуг получить более точное представление об истории болезни пациента и подобрать наиболее подходящие процедуры для лечения.
2. Решение проблемы нехватки ресурсов: совокупность IT-инфраструктуры и специалистов в области здравоохранения позволит урегулировать трудности удаленных областей, сел и деревень с дефицитом необходимых лечащих специалистов. Облако даст возможность поставщикам медицинских услуг использовать сведения, полученные удаленно, для оказания первичной медико-санитарной помощи.
3. Более точные показатели: хранение клинических данных в облаке облегчит работу по сбору информации о безопасности пациентов и качестве медицинского обслуживания соответствующим структурам, таким как Министерство здравоохранения или Всемирная организация здравоохранения. Это преимущество может быть получено одним из следующих способов: 1) путем

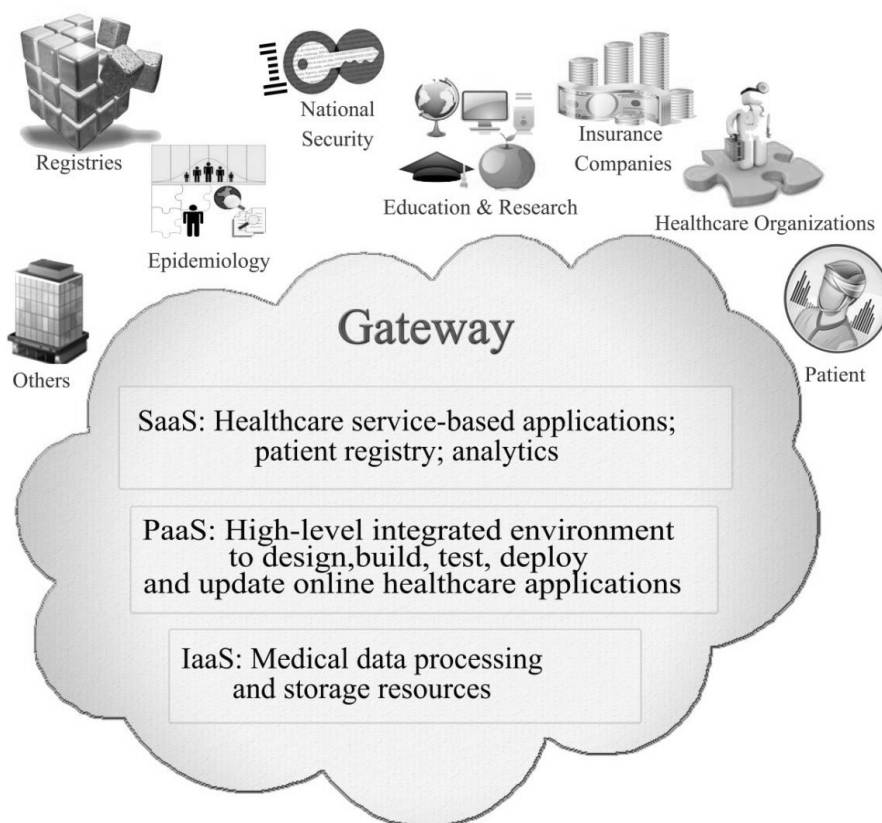


Рис. 2. Общая архитектура облака электронного здравоохранения

обобщения существующих данных для получения запрашиваемых показателей; 2) путем предоставления специалистам возможности ввода/вывода данных напрямую.

Данные о качестве оказанной медицинской помощи могут быть опубликованы соответствующими структурами (ahrq) [4]. Данные показатели качества приняты во всем мире и многие операторы здравоохранения используют их как критерии оценки работы. Например, правительство США наградило повышением зарплаты специалистов в 2012 году за способность отвечать показателям качества. Эта мера была описана в одном из подпунктов акта о восстановлении и реинвестировании американской экономики, подписана президентом США Бараком Обамой в 2009 году [5]. Показатели качества могут включать в себя заболевания, длительность пребывания в клинике, проценты ремиссии. Кроме того, существует альтернативная причина сбора данных в облаке: обеспечение возможности оповещения об экстремальных ситуациях. В экстренных случаях время играет решающую роль, поэтому возникает необходимость быстрого сбора и передачи информации.

- ♦ **Поддержка исследований:** ОЗ представляет собой интегрированную платформу для размеще-

ния и хранения огромного количества информации о миллионах случаев пациентов, которая может быть доступна повсеместно. Это облегчит сбор данных для интеллектуального анализа данных и позволит обнаружить новые медицинские факты, провести необходимые исследования для улучшения лекарственных средств, процедур и повышения качества медицинских услуг.

- ♦ **Поддержка национальной безопасности:** облако здравоохранения позволит также контролировать распространение инфекционных и/или других заболеваний. Оно может служить в качестве системы оповещения и мониторинга распространения опасных инфекционных заболеваний, а также для определения зон распространения угрозы заражения, и, возможно, причин вспышек эпидемий.
- ♦ **Поддержка стратегического планирования:** руководители могут использовать данные электронного облака здравоохранения в целях планирования распределения бюджета. Кроме того, при интегрировании с другими облачными сервисами, ОЗ поможет в прогнозировании будущих потребностей услуг здравоохранения, например, при планировании новых медицинских ла-

бораторий и оборудования, операционных плат, коек и других медицинских учреждений.

- ◆ **Поддержка финансовых операций:** возможность упорядочить финансовые операции при помощи облака. Оно может выступать в качестве посредника между поставщиками медицинских услуг и их получателями. Выставление счетов, отчеты, утверждение процессов могут быть автоматизированы и интегрированы между обеими сторонами.
- ◆ **Упрощение клинических испытаний:** данные облака помогут фармацевтическим компаниям и медицинским научно-исследовательским учреждениям в проведении клинических исследований новых лекарственных средств.
- ◆ **Способность к формированию реестров:** данные облака позволят сформировать соответствующие реестры для определения типов пациентов, таких как диабетический реестр.
- ◆ **Риски безопасности данных:** получение доступа к данным неавторизованными пользователями. Многие облачные сервисы предлагают собственные меры безопасности. Например, современные системы, в частности *hīraa*, имеют возможность записи каждой попытки, включающей в себя имя пользователя, дату, время и отношение к пациенту. Однако куда более важным является улучшение мер безопасности для повышения уровня доверия пользователя к системе.
- ◆ **Риск потери данных:** это важный вопрос, касающийся систем управления базами данных, таких как Oracle, *cache'* и SQL. Необходимо использовать ряд мер, таких как горячее и холодное резервное копирование, зеркалирование данных, создание бэк-апов, чтобы минимизировать риски, не говоря уже о создании резервных копий сайтов для их восстановления.
- ◆ **Риск недоступности системы:** потеря доступа к ОЗ может быть серьезной проблемой, особенно в чрезвычайной ситуации. Однако, достижения в области непрерывности бизнеса позволяют достичь повышенной надежности и постоянной готовности системы.

Электронное облако здравоохранения, представленное на рисунке 2,— специальное приложение, предоставляющее ИТ-услуги для улучшения обслуживания клиентов.

Как правило, облако состоит из массива элементов, начиная с элементарного физического уровня хранения данных, серверной инфраструктуры и заканчивая уровнем общения или обратной связи. Кроме того, облако имеет различную модель в зависимости от того, создано ли оно для компании (частное облако), для аутсор-

синга (публичное облако) или сочетания того и другого (гибридное облако). Уровни электронного облака здравоохранения созданы для оптимизации. Чтобы создать платформу, предоставляющую встроенные инструменты для соответствующих поставщиков и разработчиков программного обеспечения, и, наконец, для предоставления облачных решений медицинским работникам, пациентам и другим заинтересованным организациям, таким как страховые компании, исследовательские центры.

Электронное облако, в дополнение к общей трехуровневой архитектуре, состоит из шлюза и услуг:

- ◆ **Шлюз:** этот компонент может быть настроен на выполнение нескольких важных задач:
  1. Для управления доступом к облаку;
  2. Для проверки электронных медицинских записей (ЭМК), предоставляемых различными поставщиками медицинских услуг, согласно политике конфиденциальности, целостности, и соблюдая врачебные правила обмена данными;
  3. Сочетание и интеграция ЭМК в новой составной облачной ЭР;
  4. Возможность предоставления доступа к облаку в научно-исследовательских, учебных и промышленных целях [2].
- ◆ **Обслуживание приложений:** таких, как услуги национальной безопасности, эпидемиология, создание реестров, веб-портал, передача и архивация изображений систем (СКУД), все из которых предоставляются как услуги, которыми легко управлять при помощи эксплуатационных параметров ГК.
- ◆ **Программное обеспечение как услуга:** предоставление облачных решений (например, клинических систем (КСМ)), где потребители, такие как медицинские учреждения, финансовые и страховые брокеры, получают доступ к программному обеспечению, возможностям облака.
- ◆ **Платформа как услуга:** расширение базовой инфраструктуры до высокого уровня. Интегрированная среда разработки, сборки, тестирования, развертывания и обновления онлайн-приложений.
- ◆ **Инфраструктура как услуга:** физическая обработка и хранение ресурсов.

## Проблемы облака здравоохранения

Выделим основные проблемы при работе с облаком здравоохранения.

Хотя облако здравоохранения может предоставить ценные преимущества, не следует забывать, что оно используется для хранения и обработки конфиденци-



альных медицинских данных. Существуют технические и нетехнические проблемы, с которыми сталкивается ОЗ. К техническим проблемам относятся:

- ◆ **Доступность:** большинство медицинских учреждений нуждается в высокой доступности услуг ОЗ. Обслуживание и доступность данных имеют решающее значение для медицинских работников, которые попросту не смогут эффективно работать, если данные о пациентах окажутся недоступны. ОЗ должно быть доступно постоянно, без перерывов или снижения производительности. У облачных служб могут возникнуть сбои из-за неисправности программного или аппаратного обеспечения, сетевых проблем, атак или стихийных бедствий, не говоря уже о множестве других причин. Распределение ресурсов через открытые сети, такие как Интернет, не предложит большей доступности, чем поддержание ИТ-инфраструктуры в пределах организации [7]. Необходимо внести серьезные изменения, чтобы ОЗ могло быстро и эффективно реагировать на такие отключения и обеспечивало непрерывность обслуживания. Кроме того, установка оборудования и программного обеспечения, модернизация и реконфигурация должны быть организованы так, чтобы не возникало перерывов в работе медицинских сотрудников.
- ◆ **Надежность обслуживания:** использование ОЗ в медицинских целях требует уверенности в высокой степени надежности предоставляемых услуг. Все электронные операции и данные, содержащиеся в ОЗ должны быть безошибочными. Некоторые важные решения, касающиеся одного конкретного человека или целого общества, могут быть приняты в зависимости от данных облака. Данные в облаке должны быть последовательны и постоянно доступны, независимо от программного или аппаратного обеспечения и сбоев в сети, ведь ОЗ повлияет на безошибочную работу медицинского персонала.
- ◆ **Управление данными:** огромное количество медицинских документов и изображений, связанных с миллионами людей будет храниться в облаке. Данные могут быть реплицированы для повышения надежности и лучшего доступа в географически удаленных местах. Некоторые данные также могут быть доступны локально. Большинству медицинских приложений требуется безопасный, эффективный, надежный и масштабируемый доступ. Чтобы выполнить эти требования, необходимо наличие соответствующих сервисов хранения для обеспечения отказоустойчивости, надежности хранения в публичном облаке. Кроме того, необходимо наличие богатого выбора языка поискового запроса.

- ◆ **Масштабируемость:** сотни медицинских работников смогут оперировать миллионами записей о пациентах, только если оказываемые услуги будут масштабируемыми. Рост при сохранении приемлемой производительности является одним из наиболее важных факторов в обеспечении успешной работы облачных сервисов. Масштабируемость достигается, главным образом, за счет увеличения мощности и количества ИТ-ресурсов (вычислительных узлов, сетевых подключений и единиц хранения) и предоставления оперативной работы объектов управления. Масштабируемость требует динамической конфигурации и реконфигурации, а также автоматического изменения размеров, используемых виртуальных аппаратных ресурсов [8]. Кроме того, масштабируемость требует поддержания приемлемого уровня производительности независимо от размеров и уровня использования услуги.
- ◆ **Гибкость:** электронное облако должно быть способно обслуживать медицинских работников с различными требованиями. Имеются ввиду требования с точки зрения функций, операций, пользователей, аудита, управления и качества обслуживания (QoS). Инфраструктура и услуги ОЗ должны быть достаточно гибкими, чтобы удовлетворять потребностям различных поставщиков медицинских услуг. Кроме того, ОЗ должно быть очень гибкими при добавлении новых необходимых услуг для поддержки процессов здравоохранения. В то же время облако должно легко настраиваться в соответствии с различными потребностями. Другими словами, конфигурации облачных услуг, чтобы удовлетворить различные требования, должны быть достигнуты с минимальными усилиями и затратами.
- ◆ **Взаимодействие:** сервисы ОЗ могут быть предоставлены несколькими поставщиками облачных услуг. Например, один поставщик может предоставлять услуги хранения и обработки медицинских изображений высокого разрешения, в то время как другой поставщик может обеспечить хранение и другие услуги для электронных записей пациента или интеллектуального анализа данных. Главной проблемой здесь является взаимодействие, которое заключается в определении согласованных рамок или нескольких открытых протоколов/API, которые позволяют легко интегрировать между собой серверы различных поставщиков облачных услуг [9]. Общая система или протокол должны также включать механизмы для безопасного обмена информацией и интеграции услуг. Некоторые электронные медицинские функции могут быть развиты

путем включения местных и внешних услуг. Эти электронные медицинские облачные сервисы не могут быть легкими, если существует хорошая степень взаимодействия между местными и внешними поставщиками услуг. Хорошая степень совместимости также может облегчить миграцию между различными системами. Миграция данных между старой программой и новым электронным облаком может быть упрощена, если открытые протоколы и API не предусмотрены. Один из подходов состоит в использовании концепции сервисно-ориентированной архитектуры (COA) [10] для реализации электронного здравоохранения в облаке. COA имеет целью сделать сервисы легкодоступными с помощью стандартных моделей и протоколов, не беспокоясь о базовых инфраструктурах, разработке моделей или деталях реализации. Это помогает добиться взаимодействия и слабой связи между компонентами ОЗ.

- ◆ **Безопасность:** ОЗ может быть предоставлено несколькими поставщиками облачных услуг и использовано несколькими поставщиками медицинских услуг. Поставщики облачных услуг предоставляют ряд ресурсов, которые собираются в виртуализованный бассейн для использования поставщиками медицинских услуг. Беспокойство по поводу безопасности, как правило, связано с разделением услуг между несколькими потребителями. Врач, который владеет этим приложением, может проследить за выполнением политики безопасности и проконтролировать доступ к управлению. Однако очень важно обеспечить облачные сервисы поддержкой подходящего и адекватного контроля доступа и механизмами аутентификации в дополнение к механизмам для защиты передачи данных от клиентов и поставщиков услуг. Это важно, поскольку данные должны храниться в безопасном месте в многопользовательском облаке, где они хранятся вместе с данными других поставщиков медицинских услуг. Кроме того, необходимо убедиться, что сам провайдер не может получить доступ к использованию данных поставщиков услуг здравоохранения. Еще одной проблемой является необходимость эффективных механизмов безопасности ОЗ. Кроме того, очередная проблема в широком спектре требований безопасности среди медицинских работников. Требования к политике безопасности организации не могут быть полностью отражены в облачных сервисах [9].
- ◆ **Конфиденциальность** является важным вопросом, который может помешать полноценному использованию возможностей применения облака

различными организациями [9]. В частности, конфиденциальность является одной из основных проблем системы электронного здравоохранения [11]. Проблемой является возможность защиты записей пациентов друг от друга, от других поставщиков медицинских услуг, и поставщиков облачных услуг. Кроме того, все связанные организации также требуют определенного доступа к записям. Контроль за подобным лабиринтом взаимосвязанных данных — огромная проблема. Пациенты и медицинские работники будут беспокоиться о конфиденциальности личной информации, и хотелось бы предложить грамотное решение для предоставления необходимого уровня безопасности до перехода на облачные хранилища.

- ◆ **Ремонтопригодность:** ОЗ можно использовать для сотен поставщиков услуг здравоохранения. Это увеличивает сложность сопровождения системы публичного ОЗ по сравнению с индивидуальным. Это увеличение в основном связано с необходимостью учитывать требования и характеристики нескольких поставщиков услуг и клиентов. Требования могут быть совершенно разными: обслуживание облачных инфраструктур, программного обеспечения или платформы должно выполняться без каких-либо негативных воздействий на любые услуги, предоставляемые клиентам. В связи с этим для упрощения процессов обслуживания, предоставления облачных ресурсов и оказанных услуг должен быть разработан алгоритм простого и надежного обслуживания. Кроме того, модели тестирования могут быть разработаны, чтобы упростить процесс и сократить время, необходимое для обслуживания.

Отметим нетехнические проблемы.

- ◆ **Организационные преобразования:** переход к ОЗ потребует значительных изменений в клинических и бизнес-процессах, а также сдвига организационных границ в отрасли здравоохранения. Эта проблема связана с новшествами, с которыми электронное облако познакомит участников. Примерами такого изменения могут быть новые политики, процедуры и рабочие процессы в дополнение к изменениям в обычном оформлении медицинских процедур и ведении документации.
- ◆ **Законодательство и стандарты:** там до сих пор нет четкого и адекватного законодательства и рекомендаций по клинической, технической и деловой практике здравоохранения в электронном контексте. Это включает в себя отсутствие стандартов в области медицинской ин-

форматики, правил взаимодействия и способов передачи в облако. В таком случае стороны, заинтересованные в области ОЗ, не имеют под собой прочной основы, что не позволяет начать предлагать и использовать его. Из-за этого недостатка будут возникать технические, социальные и этические вопросы и проблемы. В настоящее время существуют определенные стандарты и классификации информационных систем здравоохранения в целом, некоторые из которых могут быть приняты для облака здравоохранения. Одним из примеров является Международная Классификация болезней (МКБ), выпущенного Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [10]. В ней определен перечень медицинской классификации для кодирования заболеваний, признаки и отклонения от нормы, выявленные, жалоб, социальных условий и внешних причин травм или заболеваний. Еще одна классификация — это Систематизированная Номенклатура медицины (SNOMED), которая была задумана как подробная классификация клинической медицины с целью сохранения и/или восстановления записей клинического лечения в медицине и ветеринарии [11]. Разработчики ОЗ могут согласиться на принятие некоторых из этих стандартов и классификаций для обеспечения интероперабельности между различными организациями.

- ◆ **Право собственности на данные:** владение данными в медицинской отрасли в целом — это зона без четких ориентиров. Записи пациента, например, могут быть исключительной собственностью больного, но может ли его врач также претендовать на право собственности? Что скажет на этот счет страховщик пациента или руководство больницы? Эта задача связана с созданием стратегий и руководств: необходимо провести четкие границы собственности.
- ◆ **Конфиденциальность, доверие и проблемы ответственности:** эта проблема связана с рисками хранения личных данных, утечки и потери оных и отсутствие знаний о размещении и ведении медицинских данных. С точки зрения поставщиков услуг здравоохранения, ОЗ представляет собой

высокий риск возникновения юридической ответственности в случае потери данных или утечки, что приведет к потере репутации и доверия пациентов.

- ◆ **Удобство использования конечными пользователями:** эта проблема затрагивает степень и уровень внедрения полученных технологий для пользователей, в том числе пациентов, медицинских работников, и административного и страхового персонала. Правильное и адекватное осуществление обучения и маркетинга наряду с непрерывной деятельностью после осуществления тренировки могут помочь решить эту проблему.

Среди всех проблем, перечисленных выше, можно выделить доверие, конфиденциальность и безопасность как основные проблемы для облака здравоохранения. Следовательно, ряд дополнительных усилий необходимо приложить для поиска решения этих проблем и улучшения безопасности и конфиденциальности ОЗ.

## Заключение

1. Облачные вычисления являются новой моделью, которая позволяет создавать разнообразные решения и сервисы, необходимые для различных организационных потребностей. Актуальным направлением является облако специального типа, используемое для улучшения ухода за пациентами, называется «облаком здравоохранения» (ОЗ).
2. Описаны основные ограничения системы ОЗ, среди которых особо выделены: высокая стоимость внедрения и обслуживания; фрагментация данных; отсутствие правил/законов, регламентирующих доступ и передачу информации в облаке здравоохранения; отсутствие дизайна «облака здравоохранения» и необходимость разработки стандартов.
3. Сформулированы основные проблемы при работе с облаком здравоохранения, среди которых можно выделить как основные: доверие, конфиденциальность и безопасность. Для их решения необходим ряд дополнительных усилий технического и организационного плана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Lohr, H.; Sadeghi, A.; Winandy, M. Securing the E-Health Cloud. In Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium (IHI 2010), Arlington, VA, USA, 11–12 November 2010; pp. 220–229.
2. AbuKhoua, E.; Najati, H.A. UAE-IHC: Steps towards Integrated E-Health Environment in UAE. In Proceedings of the 4th e-Health and Environment Conference in the Middle East, Dubai, UAE, 30 January 2012–2 February 2012.
3. ITU-T Technology Watch Report—Standards and eHealth. Available online: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000120003PDFE.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000120003PDFE.pdf).
4. Agency for Healthcare Research and Quality. Available online: <http://www.ahrq.gov/> (accessed on 28 April 2022).

5. The US Government Printing Office (GPO). Public Law 111–5–American Recovery and Reinvestment Act of 2009. Available online: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ5/pdf/PLAW-111publ5.pdf>.
6. Commonwealth Secretariat. Progress report. Available online: <http://www.thecommonwealth.org/files/189921/FileName/HealthProgressReports-E-Health.pdf>.
7. Momtahan, L.; Lloyd, S.; Simpson, A. Switched Lightpaths for E-Health Applications: Issues and Challenges. In Proceedings of the Twentieth IEEE International Symposium Computer-Based Medical Systems (CBMS'07), Maribor, Slovenia, 20–22 June 2007; pp. 459–464.
8. Vaquero, L.M.; Rodero-Merino, L.; Caceres, J.; Lindner, M.A Break in the clouds: Towards a cloud definition. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 2009, 39, 50–55.
9. Chow, R.; Golle, P.; Jakobsson, M.; Shi, E.; Staddon, J.; Masuoka, R.; Molina, J. Controlling Data in the Cloud: Outsourcing Computation without Outsourcing Control. In Proceedings of the 2009 ACM Workshop on Cloud Computing Security, Chicago, IL, USA, 9–13 November 2009; pp. 85–90.
10. Pearson, S. Taking Account of Privacy when Designing Cloud Computing Services. In Proceedings of the ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing at CLOUD'09, Washington, DC, USA, 23 May 2009; pp. 44–52.
11. Cote, R.A. Architecture of SNOMED: Its Contribution to Medical Language Processing. In Proceedings of the Annual Symposium on Computer Applied Medical Care, Washington, DC, USA, 25–26 October 1986; pp. 74–80.

© Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада ( farisiraq21@gmail.com ), Томашевский Юрий Болеславович ( tomash@sstu.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ РАСХОДУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВТОПРОМА

## MATHEMATICAL MODELS OF THE CONSUMABLE MATERIALS INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM AT AUTOMOTIVE ENTERPRISES

V. Antipenko  
N. Babich

*Summary.* During the years of operation, engineering enterprises often accumulate excess stocks of resources, both initial material resources and finished products, which lie in warehouses, become morally and physically obsolete, losing their value, and actually freeze the funds invested in them. Purpose: improving the efficiency of spare parts inventory management systems for special-purpose machines. Task: solved by building models, their algorithmization and optimization. Hypothesis: Lack of inventory can disrupt the sustainability of production and can lead to downtime and losses. Excess stock leads to higher production costs and worsens economic performance. Therefore, there is some cost-optimal inventory level. Methods: the problem of logistics is solved — to find the optimal combination of these conflicting requirements using the methods of stochastic approximation. The published data show that there is a gap between the theory and practice of inventory management. Therefore, the main problem of optimizing inventory levels is to find such a level that would ensure economic efficiency and continuity of the production process with the minimum required level of inventory at the enterprise. We confine ourselves to considering the theory of inventory management in warehouses of production systems. Results: practical optimization problems for 3 industrial facilities are solved.

*Keywords:* optimization, logistics, algorithms, mathematical model, transport.

**Антипенко Виталий Сафронович**

Д.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»  
antipenkovs7@mail.ru

**Бабич Николай Сергеевич**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»  
babichnikolay35@gmail.com

*Аннотация.* На предприятиях машиностроения, за годы работы нередко накапливаются излишние запасы ресурсов, как исходных материальных ресурсов, так и готовой продукции, которые пролеживают на складах, морально и физически устаревают, теряя свою стоимость, и фактически замораживают вложенные в них средства. Цель: повышение эффективности систем управления запасами запасных частей для машин специального назначения. Задача: решается путем построения моделей, их алгоритмизации и оптимизации. Гипотеза: Отсутствие запасов может нарушить устойчивость производства и может привести к простоям и убыткам. Избыточный запас приводит к удорожанию производства, ухудшает экономические показатели. Следовательно, существует некоторый оптимальный по затратам уровень запаса. Методы: решается задача логистики — найти оптимальное сочетание указанных противоречивых требований методами стохастической аппроксимации. Опубликованные данные показывают, что имеет место разрыв между теорией и практикой управления запасами. Поэтому главная проблема оптимизации уровней запасов заключается в нахождении такого их уровня, который позволял бы обеспечить экономическую эффективность и бесперебойность процесса производства при минимально необходимом уровне запасов у предприятия. Ограничимся рассмотрением теории управления запасами на складах производственных систем. Результаты: решены практические задачи оптимизации для 3-х промышленных объектов.

*Ключевые слова:* оптимизация, логистика, алгоритмы, математическая модель, транспорт.

## Введение

**В** развитых странах Европы, США и Японии «...доля продукции товародвижения составляет более 20% валового национального продукта. При этом структура таких расходов из указанной части объема ВВП следующая:

- ◆ на издержки на содержание запасов сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции — 44%,
- ◆ на складирование и экспедирование — 16%,
- ◆ на магистральные перевозки грузов — 23%,
- ◆ на технологические перевозки грузов — 9%,
- ◆ на организацию сбыта готовой продукции — 8%»

По опубликованным данным, «... в западных странах и Японии расходы на материально-техническое обеспечение и транспортировку составляют 30–40% стоимости конечного продукта. Почти половина этих расходов приходится на хранение и содержание запасов материальных ресурсов». Существенное снижение уровня запасов обеспечит повышение конкурентоспособности продукции [1,2,5–7,12,13].

## Материалы и методы

При построении математических моделей системы управления запасами (СУЗ) предпочтение отдается стохастическим моделям, как наиболее адекватным реаль-

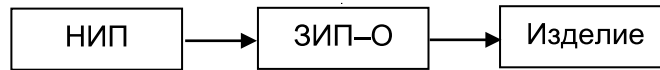


Рис. 1. Одноуровневая линейная структура системы обеспечения изделия одиночным комплектом ЗИП, где: НИП–неисчерпаемый источник пополнения запасов; ЗИП–О — одиночные комплекты ЗИП.

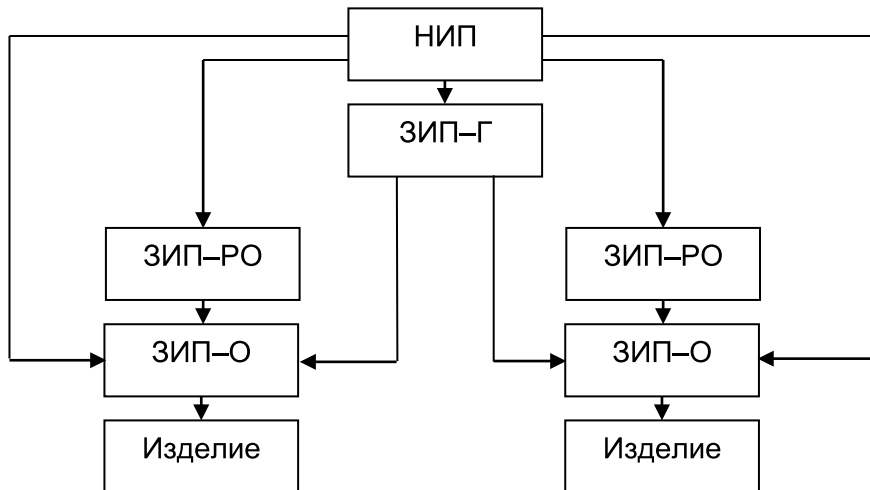


Рис. 2. Трёхуровневая структура обеспечения изделий с восстановлением элементов ЗИП–О где: ЗИП–РО — комплект ЗИП для ремонтного органа.

ным условиям функционирования сложных технических производственных систем. Согласно большинству опубликованных в последнее время работ в моделях управления запасами можно выделить следующие элементы: спрос — динамика расхода запаса на складе предприятия, величина заказа на пополнения запаса на складе и время задержки выполнения заказа. Спрос обычно носит случайный характер, причём функция плотности распределения вероятностей (ФПРВ) требуемых значений априори неизвестна, не говоря уже о численных значениях её параметров. Заявки на пополнение склада выполняются со случайным временем задержки, причём о ФПРВ времени задержки, как правило отсутствует информация не только о её параметрах, но и о принадлежности к тому или иному классу. Функции распределения спроса и времени задержки априори произвольны и неизвестны, и зачастую не унимодальные. Важное значение имеет как величина заказа, так и момент его запроса. В этих условиях естественно воспользоваться современными методами информационных технологий, в частности, алгоритмами стохастической аппроксимации. Рассматривается работа системы управления запасами запасных частей на предприятии автостроения. Это типичная задача логистики, и для оптимизации уровня запаса используются технико-экономические характеристики объектов управления и наиболее гибкая стратегия управления запасами (УЗ) из класса простейших —  $(s, S)$

стратегия [1,2], с применением методов стохастической аппроксимации [3,4] для установления оптимальных значений уровней  $s$  и  $S$ .

Опубликованные работы [5–7] показывают, что имеет место разрыв между теорией и практикой управления запасами. Поэтому главная проблема оптимизации уровней запасов заключается в нахождении такого их уровня, который позволял бы обеспечить экономическую эффективность и бесперебойность процесса производства при минимально необходимом уровне запасов у предприятия. [8–13]

В качестве стратегии управления запасами выбрана  $(s, S)$  — стратегия, как наиболее гибкая из класса простейших [1], со случайным спросом и случайным временем задержки [1,3].

Построенная авторами модель СУЗ с использованием  $(s, S)$  — стратегии на основе стохастических методов [3], позволила оптимизировать  $s, S$  — уровни запасов инструментов и принадлежностей (ЗИП) на складе предприятия. На рисунках 1 и 2 представлена, как одноуровневая, так и 3-х уровневая система обеспечения отдельных изделий одиночными комплектами ЗИП–О из завода, склада, базы и т.п., ограниченность которых не учитывается при расчете показателей уровня комплекта ЗИП данного изделия.

В модели работы склада учитываются основные виды затрат:

1. функции  $h$ -затраты на хранение, зависящие от уровня запаса,  $d$ -затраты на дефицит,  $c$ -затраты на пополнение уровня запаса; указанные виды затрат зависят соответственно от уровня запаса  $u$ , динамики случайного спроса  $x$ , величины дефицита и величин поставляемых партий запасов;
2. учитывается стохастичность априорной информации о запасах, спросе, времени задержки пополнения запаса, рассматриваются текущие затраты и математическое ожидание величины суммарных затрат.
3. предполагая существование эффективных  $(s, S)$  значений в качестве критерия эффективности, построен функционал качества  $I(s, S)$  (формула (1), где  $(s', S')$  набор текущих фактических значений. Указанные выше виды затрат зависят соответственно от уровня запаса  $u$ , динамики случайного спроса  $x$ , величины дефицита и величины поставляемых партий.

Критерий эффективности имеет смысл среднеквадратичного отклонения затрат при случайных фактических значениях уровней  $(s', S')$ , от затрат при искомым оптимизируемых значениях уровней  $(s, S)$  [1–4]:

$$I(s, S) = M_{s', S'} \{ [z(s', S') - z(s, S)]^2 \} \rightarrow \min_{s, S}$$

В системе с мгновенными поставками дефицит возможен только при  $s < 0$ . Если в системе существует задержка, то и при  $s > 0$  может появиться дефицит. В работе рассмотрены и другие иерархические структуры системы управления запасами (СУЗ) запчастей и принадлежностей (ЗИП).

Известно, что в рамках  $(s, S)$ -стратегии при  $u \geq s$  система не реагирует на спрос, а при  $u < s$  посылается заказ на пополнение запаса в размере  $(S-u)$ , который при нулевой задержке поступает «мгновенно» на склад.

Моделью с нулевым временем задержки можно пользоваться, если время доставки заказа на склад меньше интервала времени между двумя заявками. Здесь же рассматривается более общая СУЗ со случайным временем задержки доставки заказа. Неудовлетворенные заявки не покидают систему, а ждут, пока дефицит запаса не будет устранен очередной поставкой. Все исследование проводится для дискретного спроса.

На рис. 3–5 приведены результаты вычислений  $s$  и  $S$  для различных объектов ЗИП на предприятии. Со-

шедшие значения отвечают оптимальной стратегии управления запасами выбранных объектов.

$$S[p] = S[p-1] - \gamma_1[p][Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p-1], S[p-1])] * \frac{\partial z}{\partial s}(s[p-1], S[p-1]) \quad (2)$$

$$s[p] = s[p-1] - \gamma_2[p][Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p-1], S[p-1])] * \frac{\partial z}{\partial s}(s[p-1], S[p-1]) \quad (3)$$

Искомые оптимальные значения  $(s, S)$  доставляют  $\min I(s, S)$  критерию качества (формулы (2) и (3)).

Учитывая, что функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ), как спроса, так и времени задержки, произвольны и априори не известны и не заданы в аналитическом виде, а их установление и обоснование является самостоятельной задачей, выходящей за рамки данной работы, и задача является существенно нелинейной, воспользуемся методами стохастической аппроксимации, оценивая искомые значения уровней  $(s, S)$ . При этом потребуются вспомогательные соотношения моделирующие динамику уровня запаса (формула (4)), средние затраты (формулы (5)–(6)) и оценку значения целевого функционала методами же стохастической аппроксимации (формула (7)).

Коэффициенты  $\gamma_i$  влияют на характер и скорость сходимости соответствующего рекуррентного соотношения. Их выбору посвящен большой объем литературы, они построены с учётом условий сходимости: (с одной стороны они должны уменьшаться, чтобы не проскочить экстремум, а с другой стороны должны уменьшаться не слишком сильно, чтобы за разумное время достигнуть экстремума [3]).

Динамика текущего уровня запасов описывается уравнением:

$$y_k(x[q], m) = y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1}) + (S - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1})) * \operatorname{sgn}(s - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1})) - x[q] \varepsilon_k(x[q]) \quad (4)$$

Средние затраты характеризуются выражением

$$Z_q = M_x \{ Z(s, S) \} \quad (5)$$

и оцениваются рекуррентным соотношением

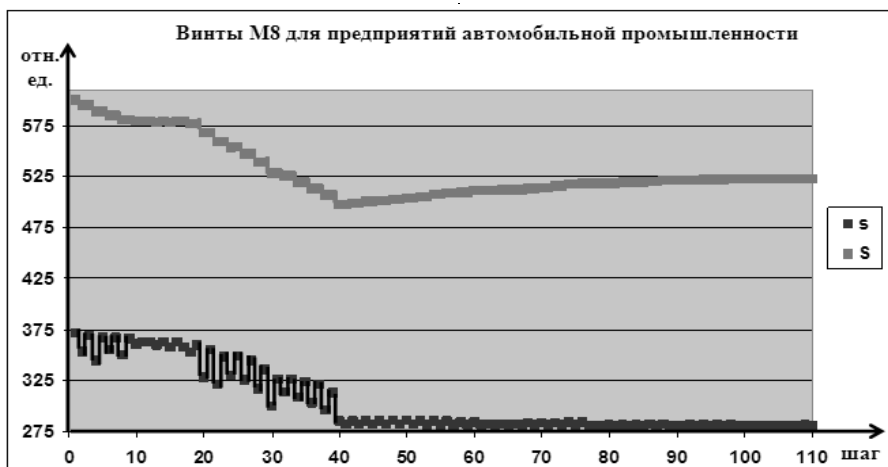


Рис. 3. График изменения уровней  $s, S$  запаса винтов M8 на складе предприятия автомобильной промышленности в процессе вычислений

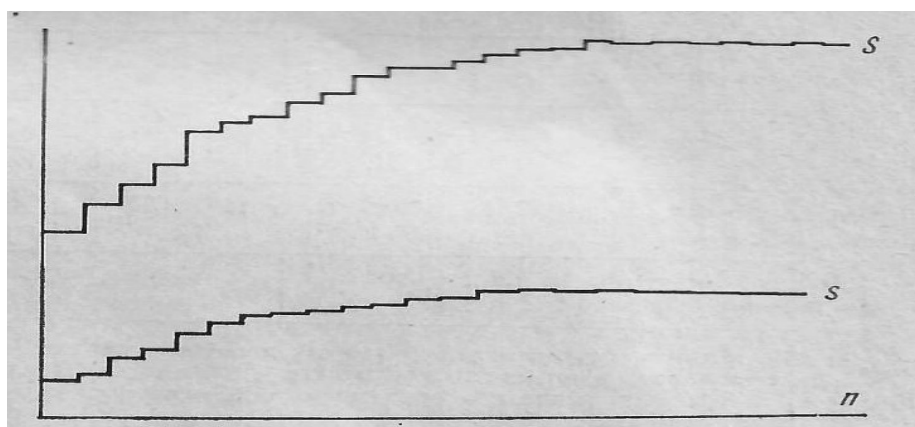


Рис. 4. График изменения уровней  $s, S$  (в относительных единицах по оси ординат) в функции от номера шага вычисления  $n$  на ЭВМ для запаса сверл  $d=1,8$  мм

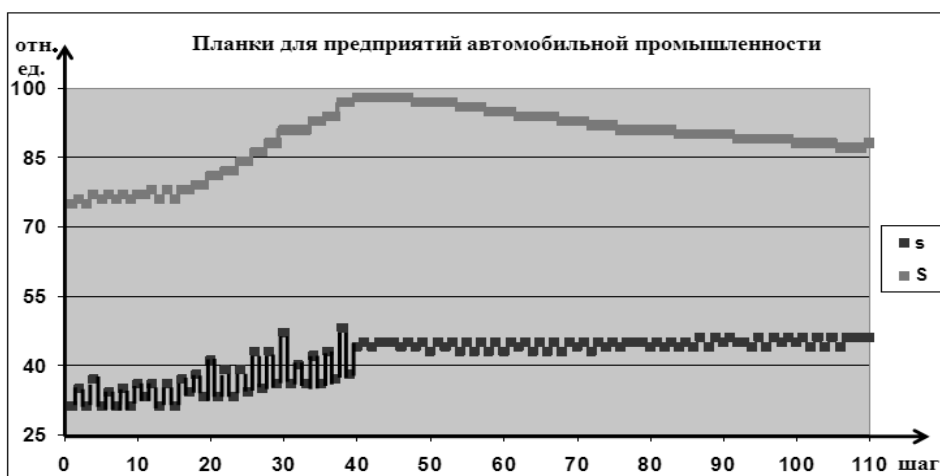


Рис. 5. График изменения уровней  $s, S$  запаса планок на складе предприятий автомобильной промышленности в процессе вычислений.



$$Z_q(l, L) = Z_{q-1}(l, L) - \gamma_3[q]\{h(y(x[q], m)) + \\ + d(-y(x[q], m))\operatorname{sgn}(y(x[q], m)) + \\ + c(S - y(x[q], m))\operatorname{sgn}(S - y(x[q], m)) - Z_{q-1}\} \quad (6)$$

Оценка значений критерия качества (целевого функционала) также рекуррентным соотношением

$$I_n = I_{n-1} - \gamma_4[n]\{[Z(s'[n], S'[n]) - \\ - Z(s[p], S[p])]^2 - I_{n-1}\} \quad (7)$$

Предлагаемая система управления запасами работает лишь с двумя уровнями запасов — минимальным  $s$  и максимальным  $S$ , чему она и обязана своим названием.

### Результаты и обсуждения

Приводим некоторые практические примеры применения рассмотренной математической модели оптимизации уровней запасов на ряде объектов:

В процессе вычислений в двух последних примерах учитывались затраты на организацию заказа, доставку, дефицит. Соответствующие стоимостные функции — линейные. Последнее не является принципиальным ограничением, а связано с особенностью рассматриваемых объектов. Модель работает для практически достаточно сложных стоимостных функций. Приведенные примеры являются иллюстрацией эффективности предложенной математической модели управления запасами в технических системах.

**Выводы.** В изложенной постановке удаётся получить решение указанного класса задач, причём:

1. отпадает необходимость в учёте временного распределения спроса, что существенно сокращает трудоёмкость сбора информации и дальнейших вычислений;
2. количество стоимостных функций можно увеличить, не меняя схемы решения;
3. можно решать задачи и для нелинейных стоимостных функций;
4. метод можно применять и к другим стратегиям управления запасами, в частности для случая изменяющихся  $s, S$  от периода к периоду;
5. использование адаптивного подхода освобождает от необходимости предварительной обработки информации; позволяет получать решение в более широком классе функций по сравнению с аналитическим подходом; приводит к оптимальным решениям при статистически малом объёме информации, что важно в конкретных ситуациях, когда функционирование систем в режиме, далёком от оптимального, обходится недёшево; удобно для применения на ЭВМ, т.к. решение получается в виде рекуррентных соотношений.

Проблема оптимального управления запасами — как одна из проблем логистики, далека от своего завершения. В каждом отдельном случае нужно выбирать соответствующую наиболее подходящую стратегию управления запасами, и строить математическую модель СУЗ. Одной из наиболее удачных стратегий управления запасами является  $(s, S)$  стратегия из класса простейших.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжиков Ю.И., Теория очередей и управление запасами. 2001, СПб., «Питер», 384с.
2. Рыжиков Ю.И., Численные методы теории очередей. 2019, М., «Лань», 512с.
3. Цыпкин Я.З., Информационная теория идентификации, М., Наука, 1995, 336 с
4. W.Feller, An introduction to probability theory and its applications volume 1,2. Third Edition, New York, 1970.
5. Bertazzi L., Paletta G., Speranza M.G. Deterministic Order-Up-To Level Policies in an Inventory Routing
6. Fumero F., Vercellis C. Synchronized Development of Production, Inventory and Distribution Schedules // Transp. Science. — 1999. — 33 (3). — P. 330–340
7. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2008 г. — 640 с. Пер. с англ. Н.Н. Барышниковой, Б.С. Пинскера.
8. Внедрение электронного управления цепями поставок (E-SCM). Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», журнал «Логистика и управление цепями поставок», № : 4 (75) Год: 2016 Страницы: 41–51, ISSN: 2587–6775
9. Управление производством на базе стандарта MRP II, Гаврилов Д.А. 2008, 416с.
10. М. Кристофер. Логистика и управление цепочками поставок. 320с. 2004 г.
11. Логистика. Теория и практика. Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики., в 2ч. Ред. Аникин Б.А., Родкина Т.А., 2014 г., 603с.
12. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. Пер. с 4-го англ. изд. — М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII. — 797 с
13. Waters D. Global Logistics New directions in supply chain management / D. Waters., S. Rinsler CPI Group (UK), 2014. — 78 p

# РОЛЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПАТРУЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ

**Антипина Елена Валерьевна**

*К.т.н., доцент, Удмуртский государственный университет, г. Ижевск  
antipinaelena@gmail.com*

## THE ROLE OF THE USER INTERFACE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX PATROL CAR

**E. Antipina**

*Summary.* The article is devoted to the issues of assessing the ergonomics of the user interface of the software and hardware complex of a patrol car. The relevance of this article is due to the fact that the use of HUD displays in emergency vehicles due to the method of data output affects the behavior of drivers, thereby contributing to reducing the risk of accidents. This aspect leads to the need to study the user interface of the projection display application.

The article describes an ergonomic analysis of the interface of the software and hardware complex of a patrol car based on a human-oriented approach. It is based on the analysis of existing regulatory documentation, which allows to identify the main consumer requirements for software products, and the approaches of researchers, which make it possible to determine methods for assessing the quality of software products from the point of view of consumers.

The author identifies, based on the above data, the criteria for interaction between the user and the software and hardware complex of the patrol car, which allows us to form a combined approach for analyzing and evaluating the software and hardware complex of the patrol car, which includes three stages of evaluating the interface at both qualitative and quantitative levels.

The application of this system approach makes it possible to optimize the ergonomics of the user interface and increase the efficiency of the entire software and hardware complex of the patrol car.

*Keywords:* user interface, ergonomics, HUD display, projection display, emergency vehicles.

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам оценки эргономичности пользовательского интерфейса программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля. Актуальность данной статьи обусловлена тем, что применение HUD-дисплеев в транспортных средствах экстренных служб за счет способа вывода данных влияет на поведение водителей, тем самым способствуя снижению риска аварий. Данный аспект ведет за собой необходимость проработки пользовательского интерфейса приложения проекционного дисплея.

В статье описывается эргономический анализ интерфейса программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля на основе человеко-ориентированного подхода. Он основан на анализе существующей нормативной документации, который позволяет выявить основные потребительские требования к программной продукции, и подходов исследователей, которые дают возможность определить методы оценки качества программной продукции с точки зрения потребителей.

Автор выявляет на основе вышеприведенных данных критерии взаимодействия пользователя и программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля, что позволяет сформировать комбинированный подход для анализа и оценки программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля, включающий в себя три этапа оценки интерфейса как на качественном, так и на количественном уровнях.

Применение данного системного подхода позволяет оптимизировать эргономику пользовательского интерфейса и повысить эффективность работы всего программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля.

*Ключевые слова:* пользовательский интерфейс, эргономика, HUD-дисплей, проекционный дисплей, транспортные средства экстренных служб.

## Введение

**О**сновная задача экстренных служб заключается в том, чтобы быстро добраться до места происшествия для оперативного разрешения ситуации. С увеличением плотности движения на дорогах эта задача становится все более сложной, время прибытия к месту происшествия, соответственно, увеличивается.

Нередко происходят автомобильные аварии с участием машин экстренных служб, что является серьезной проблемой. Основными факторами риска аварий патрульных транспортных средств являются факторы, связанные с водителем. Достаточно часто наблюдается отвлечение водителя из-за непрерывно поступающей информации от диспетчера, на которую необходимо реагировать [1, с. 1048–1049].

Использование проекционных дисплеев в транспортных средствах патрульной службы позволяет водителю получать актуальную информацию, не отвлекаясь от дорожной ситуации, что повышает безопасность вождения [2, с. 105]. При этом, согласно исследованиям, HUD-дисплей является более безопасным устройством нежели портативный ноутбук или мобильный телефон [3, с. 506–507]. Поэтому при выборе проекционного дисплея в качестве рабочего инструмента патрульного офицера необходимо обратить внимание на его пользовательский интерфейс и выводимый массив информации, который может обработать водитель патрульного автомобиля в процессе вождения.

Рассмотрим более подробно требования к пользовательскому интерфейсу программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля и методы оценки его качества.

### Основные потребительские требования к программной продукции

ГОСТ ИСО/МЭК 9126–2001 описывает шесть характеристик, влияющих на качество программного обеспечения (ПО). В число данных характеристик входят функциональные возможности, надежность, практичность, эффективность, сопровождаемость и мобильность [4, с. 10–12]. Представление о качестве программной продукции в данном стандарте рассматривается с точки зрения как пользователя, так и разработчика, и руководителя. Пользователь рассматривает качество программного продукта с точки зрения его производительности и результатов [4, с. 7]. Поэтому из существующих подхарактеристик ПО его скорее заинтересуют показатели качества такой характеристики как практичности — понятность, обучаемость, простота использования, и показатели функциональной возможности и надежности.

Требования и оценка пригодности использования ПО на основе критериев производительности работы и удовлетворенности пользователей устанавливает стандарт ГОСТ Р ИСО 9241–11–2010. Согласно данному стандарту от пригодности использования программного продукта зависят результативность, эффективность и удовлетворенность пользователей при ее применении в определенных условиях [5, с. 9]. Для оценки пригодности использования программного продукта необходимо иметь описание намеченных целей, намеченные или достигнутые результаты, а также описание условий использования, которые содержат информацию о пользователях, оборудовании, внешней среде, выполняемых задачах [5, с. 22].

ГОСТ Р ИСО 9241–210–2016 дает описание процедуры оценки качества пользовательского интерфейса на основе человеко-ориентированного подхода. При

данном подходе должны соблюдаться следующие принципы: проектирование системы должно учитывать задачи, конкретных пользователей и среду; при разработке и проектировании пользователи должны участвовать в процессе; при этом опыт пользователя должен обязательно учитываться; он должен давать обратную связь и проект должен совершенствоваться путем нескольких итерационных подходов на основе данной обратной связи [6, с. 8]. Интерактивная система должна обладать пригодностью для выполнения задачи, информативностью и управляемостью, соответствовать ожиданиям пользователей, быть пригодной для обучения и индивидуализации, иметь устойчивость к ошибкам [6, с. 16].

ГОСТ 28195–89 определяет номенклатуру показателей качества и характеризуемые ими свойства ПО, выделяя первый уровень показателей качества программного средства (ПС), характеризующих потребительски-ориентированные свойства, и второй уровень программно-ориентированных свойств, которые обеспечивают достижение требуемых потребительски-ориентированных свойств [7, с. 3–5]. Согласно классификатору продукции выделяются 12 подклассов программных средств [7, с. 6]. Показатели качества выбираются исходя из его назначения и области применения в соответствии с классификатором продукции. Для оценки качества программного средства применяются измерительный, регистрационный, органолептический, расчетный методы, исходя из источников получения информации — традиционный, экспертный и социологический [7, с. 2].

Исследователи выделяют такие наиболее распространенные в данный момент методы оценки качества пользовательского интерфейса, как тестирование с вовлечением пользователей, где используется метод фокус-групп и тестирование QA-специалистами, и формальный расчет, где применяется метод GOMS и метод экспертной оценки [8, с. 405].

Метод фокус-групп позволяет за счет привлечения заинтересованных пользователей провести оценку в короткий срок с нахождением наиболее узких мест интерфейса [8, с. 405–406]. Он хорош для отработки итераций, когда проблема выявляется в локальном месте и требуется ее решить.

Проведение тестов специалистами QA (Quality Assurance) необходимо для выявления скрытых ошибок на стадии разработки прототипа, когда проектируемая система является сложной и большой, и требует неоднократного тестирования. Опасностью применения данного метода является то, что специалисты QA могут упустить эффективный, но простой, поскольку он чаще всего привлекает меньше внимания и поэтому может быть признан как менее удачный [8, с. 407].

Для количественной оценки качества пользовательского интерфейса с точки зрения времени выполнения задачи чаще всего применяется модель GOMS. Метод основан на том, что оценивается количество времени, затрачиваемое на выполнение каждой последовательной операции, что в сумме дает количественную оценку работы интерфейса для выполнения конкретной задачи [8, с. 407–408, 9, с. 89].

Наибольшее распространение получила модификация модели GOMS — KLM. В данной модели все действия пользователя интерфейса ПС представляют собой набор типовых операций, время каждой из которых имеет усредненное значение. Оценки у каждого пользователя будут различные в зависимости от его уровня знаний и навыков работы, поэтому рекомендуется применять данную модель для простых интерфейсов и тривиальных задач. В сложных интерфейсах задача может решаться несколькими способами, поэтому оценка может быть не совсем точной [9, с. 90].

Экспертная оценка проверяет каждый элемент интерфейса на основе принципов практичности или удобства применения. Данный метод хорош на ранних этапах проектирования, когда требуется проверить интерфейс на соответствие установленным правилам, например, таким как однозначный ответ системы в ответ на действия пользователя, единообразие трактовок используемых терминов и обозначений, понятность графических элементов и ориентация пользователя в общей композиции интерфейса [8, с. 408].

Выбор методов для проведения исследования оценки качества пользовательского интерфейса программного обеспечения зависит от выполняемой задачи, характеристик пользователей и особенностей среды. При этом моделируются ситуации выполнения основной и вспомогательной (при ее наличии) задач, используются устоявшиеся паттерны поведения пользователей, их уровень подготовки, а также контекст использования продукта.

#### Критерии взаимодействия пользователя и программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля

Работа водителя патрульного автомобиля требует определенной концентрации внимания, специализированной подготовки и психофизиологических характеристик, которые необходимо учитывать при проектировании программного продукта. Поскольку основным каналом получения информации является зрительный канал, программно-аппаратный комплекс должен учитывать границы возможностей зрительной системы че-

ловека при одновременном выполнении нескольких задач в процессе движения транспортного средства. Поэтому на передний план выходит качество получаемого изображения, его точность и детализация. Рабочая среда не должна отвлекать водителя от выполнения его основной задачи. Распределение функций между элементами системы человек-машина-внешняя среда должно отвечать требованиям эргономики [10, с. 25].

Исходя из особенностей основного канала получения информации пользователя, исследователи предлагают оценить качество программно-аппаратного комплекса с точки зрения эргономики на основе анализа и расчета характеристик зрительного анализатора человека. В первую очередь предлагается дать общую эргономическую оценку. На данном этапе выявляются эргономические параметры, которые учитывают условия функционирования программно-аппаратного комплекса, в том числе внешние условия, касающиеся технических характеристик проекционного дисплея и его расположения в патрульном транспортном средстве. Далее дается частная оценка пользовательского интерфейса. На втором этапе происходит анализ пользовательского интерфейса программно-аппаратного комплекса с точки зрения качества конкретных выходных экранных форм [10, с. 26].

Используя этот подход, интерфейс программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля можно оценить на основе определенных критериев.

Согласно классификатору продукции по ГОСТ 28195–89 программно-аппаратный комплекс можно отнести к подклассу 5014 — программное средство интерфейса и управления коммуникациями. Рекомендуемая применимость показателей качества в зависимости от принадлежности ПС к данному подклассу выглядит следующим образом (рисунок 1) [7, с. 5–6].

Показатели качества программно-аппаратного комплекса делятся на основные (базовые) и второстепенные. К базовым показателям качества в данном подклассе относятся надежность, удобство применения и корректность, к второстепенным — сопровождение, эффективность и универсальность.

По ГОСТ ИСО/МЭК 9126–2001 к базовым показателям качества программного продукта относятся надежность, практичность и сопровождаемость (рисунок 2) [4, с. 10–12].

ГОСТ Р ИСО 14915–1–2016 выделяет следующие эргономические принципы при проектировании и оценке мультимедийных интерфейсов: пригодность интерфейса для выполнения задания, информативность, управляемость, соответствие ожиданиям пользователя, устой-



Рис. 1. Показатели качества программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля согласно ГОСТ 28195–89

чивость к ошибкам, пригодность к индивидуализации, пригодность для изучения [11, с. 8–9].

Интерфейс пользователя должен иметь три основных составляющих, которым требуется уделить внимание — интерактивная, информационная и декоративная по ГОСТ Р ИСО 9241–161–2016 [12, с. 4].

Таким образом, структура анализа пользовательского интерфейса состоит из несколько этапов, для каждого из которых будут применяться свои методы оценки, что позволяет разложить весь интерфейс и его элементы по уровням сложности. Методики анализа и оценки интерфейса, предлагаемые исследователями, подтверждают данный подход, предлагая проводить анализ интерфейса в два этапа — интегральный и детальный [13, с. 609–610], и выделяя модель оценки качества, состоящую из 12 критериев [8, с. 409].

Ниже на рисунке 3 приведена методика оценки пользовательского интерфейса программно-аппаратного

комплекса патрульного автомобиля с учетом требований стандартов и авторских подходов анализа и оценки.

### Выбор подхода к осуществлению управления программно-аппаратным комплексом

HUD-дисплей патрульного автомобиля полиции является одним из мультимедиа-приборов транспортного средства. Информация, которая выводится на него, должна содержать сведения, необходимые патрульным офицерам для выполнения задачи. Основные сведения патрульный офицер получает от диспетчера в виде голосовых сообщений, поэтому HUD-дисплей является вспомогательным инструментом, где отображаются данные о происшествии или подозреваемом, его машине, местоположении происшествия или нахождения подозреваемого. Помимо этих основных данных на экране дисплея выводится информация о номере патрульного автомобиля, приоритете вызова, является автомобиль ведущим или ведомым и времени отсчета.

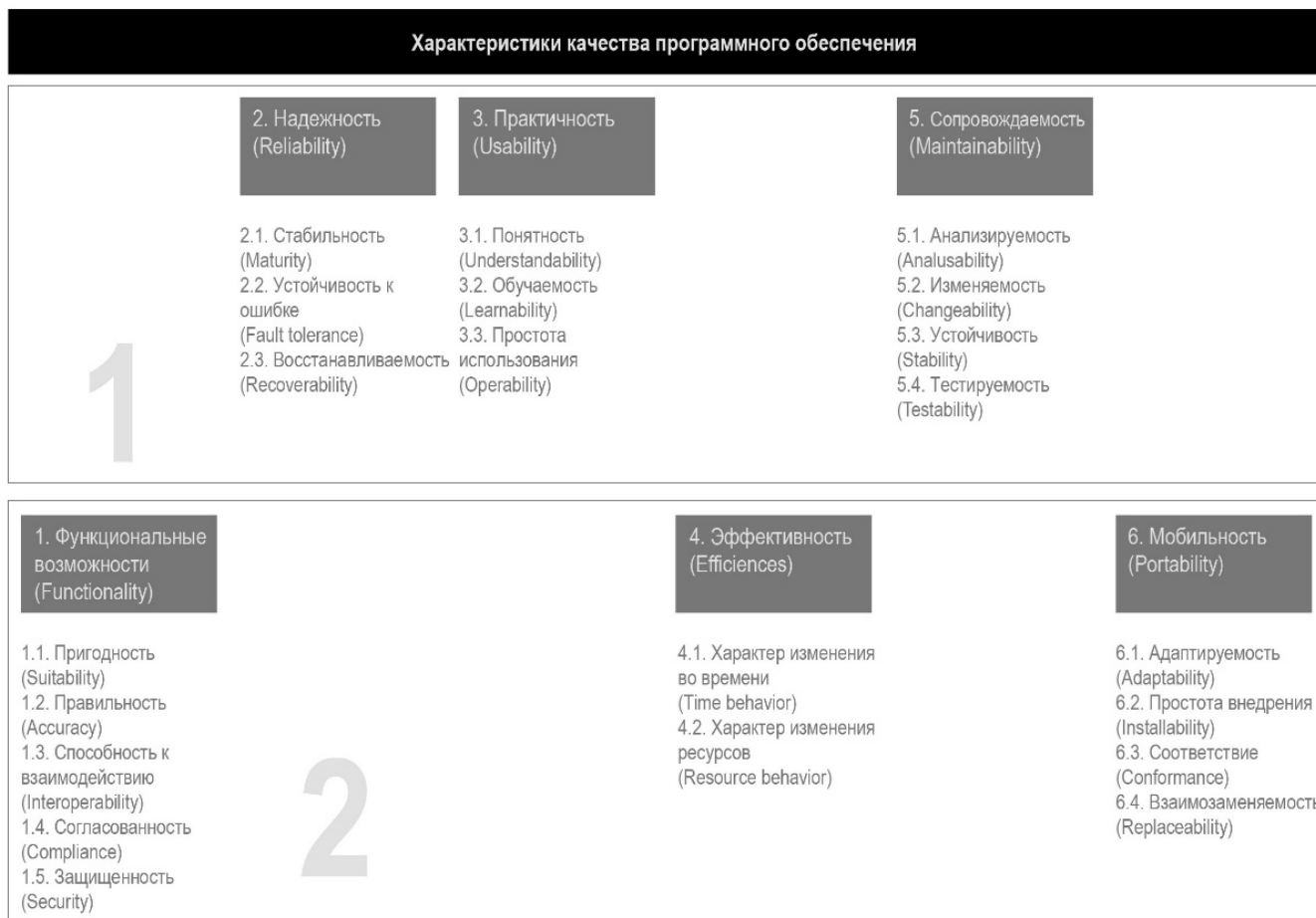


Рис. 2. Показатели качества программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля согласно ГОСТ ИСО/МЭК 9126–2001

Исследования показывают, что использование текстовых коммуникационных устройств снижает риски отвлечения внимания водителя во время вождения. Текст проекционного дисплея более заметен, а кнопки для взаимодействия больше, чем на обычном экране портативного ноутбука, входящего сейчас в стандартную комплектацию патрульного транспортного средства. При этом расположение сенсорного экрана больше соответствует направлению взгляда водителя, необходимому для того, чтобы видеть дорогу перед ним, нежели чем обычное расположение ноутбука, который расположен ниже и правее [3, с. 513]. Соответственно, пользовательский интерфейс программного средства проекционного дисплея должен представлять из себя окно с основными текстовыми данными и крупными элементами навигации.

Пользователи при работе с интерфейсом имеют определенный привычный для них паттерн поведения, основанный на психофизических законах восприятия информации человеком, что тоже влияет на их поведе-

ние во время взаимодействия с программным продуктом [13, с. 611–613]. Так, пункты информации должны быть расположены в понятной и привычной иерархии, и должны удовлетворять правилу «шести», т.е. содержать на больше 6 элементов данных, выводимых на экран проекционного дисплея [14, с. 475].

При анализе современных систем мультимедиа приборов транспортных средств можно отметить, что рабочее пространство используется в них по максимуму. Минимум пустого места на экране, выделение приоритетности функций, простота их нахождения, контрастность элементов интерфейса по отношению к фону необходимы для того, чтобы в условиях движения автомобиля и смены суток с изменением уровня освещенности шрифт и иконки были четко различимы [15, с. 282–283].

Использование данных инструментов приводит к повышению результативности, эффективности продукта и удовлетворению пользователей. Пригодность исполь-

Критерии оценки качества пользовательского интерфейса	
1. Экспертная оценка	
Показатель	Характеристика
1.1. Надежность	Способность функционировать в заданных режимах и объемах обрабатываемой информации, полнота реализации возможных маршрутов выполнения программы в процессе тестирования
1.2. Функциональность	Соответствие функционала интерфейса требованиям пользователей, достаточность функционала для решения проблем пользователей, возможность совмещения нескольких способов управления
1.3. Информативность	Достаточность информации для принятия решения, ее корректность в процессе обработки и вывода данных при выполнении задания
1.4. Эргономичность	Легкость в запоминании новых действий и операций, необходимость в выполнении сложных манипуляций для управления интерфейсом
1.5. Структурность	Логичность и структурированность вывода данных, их однозначное и непротиворечивое описание и использование
1.6. Единообразие	Единство цветовой схемы и семейства шрифтов, однородность компонентов интерфейса и принципов осуществления одинаковых или сходных функций
2. Фокус-группа	
Показатель	Характеристика
2.1. Устойчивость функционирования	Способность обеспечивать продолжение работы программы после возникновения отклонений, вызванных сбоями технических средств, ошибками во входных данных и ошибками обслуживания
2.2. Когнитивная простота	Предсказуемость следующего шага системы, необходимость запоминания дополнительной информации для решения простейших задач
2.3. Удовлетворенность	Степень решения системой пользовательских задач, эмоциональное состояние пользователя при работе с интерфейсом
2.4. Вовлеченность	Степень реакции на специальные средства для увеличения частоты повторного использования системы, эффективность способов создания эмоциональных привязок пользователей и интерфейса
3. Количественная оценка	
Показатель	Характеристика
3.1. Средняя скорость выполнения жеста (взгляда)	Среднее время, которое пользователь затрачивает на фиксацию каждого жеста (взгляда) на элементах пользовательского интерфейса
3.2. Траектория движения жеста (взгляда)	Число и последовательность фиксаций жеста (взгляда) на определённых точках пользовательского интерфейса

Рис. 3. Методика оценки пользовательского интерфейса программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля

зования пользовательского интерфейса оценивается путем проведения экспертной оценки, во-первых, и за счет привлечения заинтересованных пользователей, во-вторых, о чем свидетельствуют уже проведенные исследования [3, с. 7–8, 15, с. 3]. При этом результативность работы интерфейса с использованием фокус-групп можно оценить не только качественно, применяя опросы, но и количественно, анализируя глазодвигательную активность добровольца айтрекером (окулографом) [16, с. 79–81.

## Вывод

Применение HUD-дисплеев в автомобилях экстренных служб улучшает эргономичность транспортного средства, способствует повышению комфорта во-

ждения автомобиля, что особенно важно для водителя, от которого зависит безопасность участников дорожного движения. Удобство использования проекционного дисплея складывается из его технических характеристик, расположения в патрульном транспортном средстве, а также из пригодности использования программного продукта, составляющим которого является пользовательский интерфейс. От того насколько он будет удобным и интуитивно понятным, будет зависеть удовлетворенность пользователей. Поэтому приведенные критерии оценки пользовательского интерфейса программно-аппаратного комплекса патрульного автомобиля могут стать основой для более качественной разработки и проектирования программного продукта для данной области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hsiao, H., Chang, J., Simeonov, P. Preventing Emergency Vehicle Crashes: Status and Challenges of Human Factors Issues / H. Hsiao, J. Chang, P. Simeonov // HUMAN FACTORS. — 2018. — Vol. 60, No. 7. — Pp. 1048–1072. — <https://doi.org/10.1177/0018720818786132>.
2. Горячкин, Б.С., Гаранов, К.В., Бгатцев, А.В. Повышение эргономичности транспортных средств путем внедрения проекционных дисплеев / Б.С. Горячкин, К.В. Гаранов, А.В. Бгатцев // E-Scio. — 2020. — № 6 (45). — С. 104–118.
3. James, S.M. Distracted driving impairs police patrol officer driving performance / S.M. James // An International Journal of Police Strategies & Management. — 2015. — Vol. 38. — Issue: 3. — Pp.505–516. — <https://doi.org/10.1108/PIJPSM-03-2015-0030>.
4. ГОСТ ИСО/МЭК 9126–2001. Информационная технология (ИТ). Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению (ISO/IEC9126:1991, IDT). — Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. — 13 с.
5. ГОСТ Р ИСО 9241–11–2010. Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 11. Руководство по обеспечению пригодности использования. — Москва: Стандартинформ, 2011. — 24 с.
6. ГОСТ Р ИСО 9241–210–2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем. — Москва: Стандартинформ, 2016. — 35 с.
7. ГОСТ 28195–89. Оценка качества программных средств. Общие положения. — Москва: ИПК Издательство стандартов, 1990. — 74 с.
8. Зенг, В.А. Оценка качества проектирования пользовательских интерфейсов нового поколения / В.А. Зенг // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2019. — Вып. 12. — С. 404–410.
9. Горячкин, Б.С., Хитрин, Д.М. Эргономичность пользовательских WEB-интерфейсов через призму юзабилити / Б.С. Горячкин, Д.М. Хитрин // E-Scio. — 2020. — № 3 (42). — С. 84–99.
10. Горячкин, Б.С. Эргономический сертификат автоматизированной системы обработки и отображения информации и управления / Б.С. Горячкин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 9–2 (51). — С. 25–29. — DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.101.
11. ГОСТ Р ИСО 14915–1–2016. Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1. Принципы проектирования и структура. — Москва: Стандартинформ, 2016. — 19 с.
12. ГОСТ Р ИСО 9241–161–2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 161. Элементы графического пользовательского интерфейса. — Москва: Стандартинформ, 2016. — 58 с.
13. Горячкин, Б.С., Семенов, А.А. Эргономический анализ сервиса «Яндекс Трекер» / Б.С. Горячкин, А.А. Семенов // E-Scio. — 2020. — № 3 (42). — С. 607–619.
14. Михнова, Н.С. Дизайн графического интерфейса в индустрии программного обеспечения / Н.С. Михнова // В сборнике: Актуальные проблемы гуманитарного образования. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Редколлегия: С.А. Важник [и др.]. — 2019. — С. 474–477.
15. Фишман, В.О., Меженин, А.В. Дизайн интерфейсов автомобильных мультимедиа систем / В.О. Фишман, А.В. Меженин // В сборнике: Альманах научных работ молодых ученых университета итмо. XLVIII научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО. — 2019. — С. 282–284.
16. Шабанова, В.О. Эргономичность веб-сайта: подходы и исследования / В.О. Шабанова // Вестник государственного университета Дубна. Серия: Науки о человеке и обществе. — 2017. — Т. 2. № 3 (5). — С. 72–84.

© Антипина Елена Валерьевна (antipinaelena@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ИНТЕГРИРОВАННЫЙ, ПРЕДИКАТИВНЫЙ ЧЕЛОВЕКО-СИСТЕМНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

## INTEGRATED, PREDICATIVE HUMAN-SYSTEM INTERFACE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**M. Astakhov  
K. Petrova  
A. Trotsky  
O. Skulyabina**

*Summary.* The research is aimed at studying the issues and problems of designing a unified, predicative interface that ensures the interaction of an intelligent system and its understanding with the localization environment, regardless of the object or phenomenon that is the source of the system's response.

In the article, the authors present intermediate conclusions obtained as a result of studies conducted in the design of architecture, combining the types of receptor interfaces responsible for the interaction of biological, physical objects and processes that change their state or localization environments during the period of existence (note: presence "on the line") those acting as effectors of events relative to the intelligent system, providing: a. obtaining, synthesizing, aggregating and "sequencing" data; b. based on the principle of semantic connection, structuring the experience of the system.

This research contributes to the development of a hardware-software topological basis, the master algorithm of an intelligent system.

*Keywords:* intelligent system, dynamic systems and algorithms, interfaces, intelligent interface, "entry points", artificial intelligence, "genome" of artificial intelligence, microarchitecture, artificial intelligence, AI.

**Астахов Максим Игоревич**

Ведущий программист, Балтийский  
Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова  
infonaftoo@mail.ru

**Петрова Кристина Игоревна**

Инженер, Балтийский Государственный Технический  
Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
kristina.pet70@yandex.ru

**Троцкий Андрей Игоревич**

Программист, Балтийский Государственный  
Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
andretrockii@gmail.com

**Скулябина Ольга Владимировна**

К.т.н., доцент, Балтийский Государственный  
Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова  
skuliabina\_ov@voentmeh.ru

*Аннотация.* Исследование направлено на изучение вопросов и проблем, проектирования унифицированного, предикативного интерфейса, обеспечивающего взаимодействие интеллектуальной системы и понимание таковой со средой локализации не зависимо от объекта или явления, являющегося источником вызывающего реакцию системы.

В статье авторами представлены промежуточные выводы полученные в результате исследований проводимых при проектировании архитектуры, комбинировании видов рецепторов — интерфейсов отвечающих за взаимодействие биологического, физического объекта и процессов, изменяемых состояние своё или сред локализации в течении периода существования (прим.: присутствия «на линии») таковых, выступающих эффекторами событий относительно интеллектуальной системы, обеспечивающих: а. получение, синтезирование, агрегации и «секвинирование» данных; б. основываясь на принципе сематической связи структурирование опыта системы.

Данное исследование способствует разработке аппаратно-программного топологического базиса, master algorithm интеллектуальной системы.

*Ключевые слова:* интеллектуальная система, динамические системы и алгоритмы, интерфейсы, интеллектуальный интерфейс, «точки ввода», искусственный разум, «геном» искусственного интеллекта, микроархитектура, искусственный интеллект, AI.

*Проблема понимания воспринимаемого события при взаимодействии с «внешним» интеллектом: ключевая проблема сопряжения при создании такового в искусственной среде*

*M. Berlin*

**П**роблемы управления, понимания и взаимоотношений являются одним из ключевых стеков проблематики существующих при создании систем, обладающих интеллектом. Современное состояние развития синтезированной научной области — искусственный интеллект, базируется на задаче машинного и методологии «глубокого» обучения, структурах биоинженерии, конструкциях кибернетики, значений данных — семантики. Представленный базис отражает собой основной набор, содержащий аппаратно-функциональную начинку интеллектуальной системы и наиболее близкий на данный момент исследований развития синтезированной научной области AI (прим.: этап прототипирования системы) по своему вектору к созданию искусственного интеллекта [1].

Управление, целеполагание, «мыслительный» процесс, а равно ответственность и этичность искусственного интеллекта, заложенного в системе-носителе выступают обоснованием актуальности темы проводимого исследования.

На начальном этапе появления, формирования синтезированной научной области AI, на первый план вышел вопрос целеполагания: кто и что задаёт системе обладающей искусственным интеллектом таковое. Развитие данного вопроса через призму понимания заложенного в векторе решений выявило особенность — действительные источники, триггеры целеполагания определить можно только поняв ход и порядок данных, полученных от воздействия раздражителя, посредством последовательно-распределённой декомпозиции пакета данных графовым способом с присвоением маркеров, обеспечивающих собой приложения знаний (прим.: семантической цепочки решений, структур «очищенных» и подготовленных, хранящихся в особом порядке данных соответствующих таковой цепочке) к образующимся вершинам или узлам, после декомпозиции. Понимание данного процесса позволит ответить на вопрос, как система, обладающая интеллектом, «мыслит» и принимает решение.

Представленные в статье авторами настоящего исследования вопросы ставят задачу по созданию инструмента, способного определить ход, логику и семантику «мыслительного» процесса системы. Построить, создать, получить триггер, определить и проследить «мысли» системы с заложенным интеллектом — процесс управ-

ления и выявление которых возможно посредством прослойки — «проводника» от создателя к создаваемому — интерфейса.

Подходы и методы построения архитектуры такого инструмента, выступают в качестве объекта исследования, проводимого авторами настоящей статьи.

Авторы проводимого исследования отмечают, что полученные промежуточные выводы выявляют особенность: интерфейс интегрированной среды проектирования систем, основанных на вложенном ядре отвечающим за интеллект, позволяет в процессе создания логических и семантических связей настоящего ядра встроить алгоритм формирования фрейма «мышления», нативно вложив карту биологического мышления создателя, переложив таким образом процесс рекомбинации в программную реализацию. Данный зафиксированный авторами исследования фактор позволяет говорить о самих интеллектуальных системах и искусственном интеллекте, как этапе эволюции человека как вида.

Предметом проводимого авторами данной статьи исследования выступает методология и архитектура создания самоорганизующегося интерфейса системы с искусственным интеллектом.

Процессы, которые необходимо выявлять и которыми управлять на этапах создания и «мышления» интеллектуальной системы, определяют собой объекты формирующие структуру искомого интерфейса следующих видов:

1. Класс, выраженный в наборе программных компонентов, образующих собой среду разработки системы с вложенным искусственным интеллектом. Среда (прим.: разработки) позволит создавать программную оболочку, основанную на изменяемом коде самогенерируемых алгоритмах (прим.: самогенерация обеспечивается элементом среды разработки — область памяти, обновляемой знаниями, получаемыми из локализаций данных алгоритмов) и интеллектуальное ядро, представляющее собой совокупность логико-семантических динамических связей в графовом исполнении с проверкой в режиме реального времени на тестовых задачах приложенных знаний в качестве решения. Здесь интерфейс выступает средством передачи логики, мыслей семантики «создателя» системы (прим.: в роли «создателя» системы может выступать как человек, так и на этапе формирования ядра, отвечающего за интеллект, иной биологический вид).
2. Среда формирования систем себе подобных с вложенным искусственным интеллектом, где каждый набор навыков может группироваться

в определённый способный к автономному существованию модуль для интеграции в конкретную локацию под спектр задач. Здесь интерфейс выступает средой взаимодействия человека с машиной в процессе обучения, машины с машиной для создания автономных алгоритмов и программных модулей с последующей интеграцией в экосистему человека.

3. Гибридный набор методов и способов восприятия и воздействия на среду локализации. Здесь интерфейс выступает: а. инструментом, через который любой «внешний раздражитель» обращается к интеллектуальной системе, например, человек, представитель биомира, «умная» вещь, физический или химический процесс; б. регистратором ответных на поступающие «раздражители» действий со стороны интеллектуальной системы в среду локализации.
4. Набор вложенных динамических правил взаимодействия элементов системы, обеспечивающих синтезирование данных в знания для поддержания процесса эволюции интеллекта системы. Данный равнонаправленный процесс обеспечивает этапность развития физических объектов и видов окружающих. Здесь интерфейс выступает как внутренняя многокомпонентная архитектура, организованная в виде сети в графовом выражении, где каждая вершина представляет собой комбинацию специализированной под запрос или задачу «прослойки», принимающей пакет данных и осуществляющей обмен с другими подобными себе, обеспечивая процесс синтезирования данных в наборе, представляющей знания интеллектуальной системы.

Авторы проводимого исследования отмечают в каждом из объектов представленной выше структуры присутствие проблемы частотности — сбалансированный вес или контролируемое повторение однотипных данных при принятии на вход определённых значений, влияющая: а. на корректность категории и расстановку приоритетов, определённых, поступивших пакетов данных; б. на принятие решений интеллектуальной системой.

Одной из причин, влияющих на появление у системы «мыслительного» процесса, является наличие вложенного метода принятия решений определяющий правило взаимодействия, динамику и поведение (прим.: в том числе интерфейсов как части) интеллекта системы — теории перспектив. Данный метод принятия решений работает в условиях неопределённости, декомпозиции задач согласно которой (прим.: применительно к интеллекту) система: редактирует задачу (прим.: декомпозирует проблему), преобразуя в совокупность простых перспектив с параллельным выставлением оценки ве-

роятности достижения присваивая переопределяемое значение веса ошибки на каждой вершине (прим.: в момент прохождения), выступающей точкой ветвления получаемой системой в процессе редактирования, определяющей возможность «выигрыша» [4].

Современное состояние изучаемой проблемной области, по созданию интерфейса структурно состоящего из представленных выше объектов базируется на совокупном развитии двух «веток», представляющих собой «коэволюционный» переход видов системы, обладающих искусственным интеллектом, способных за воспринимать среды локализаций (прим.: посредством диалога, общения), через источники событий происходящих в окружении и воздействующих на таковые.

Первая «ветвь» коэволюционного развития позволила появиться у программ таким элементам: базы знаний, семантические сети, методам регистрации и формирования навыков, выраженных набором связанных внутрисистемно знаний, представляющих уровень развития интеллекта, равного ребёнку 5–7 лет.

Первая система, сформировавшая в себе данные элементы в совокупности — чатбот ELIZA, способности программы позволяли перефразировать фразы, имитируя речь психотерапевта. Развитие чатботов позволило создать A.L.I.C.E. (прим.: Artificial Linguistic Internet Computer Entity, программа вероятно «родитель» Яндекс.Алисы), обрабатывала речь пользователя по шаблонам, подбирая релевантный ответ. Данные системы создавали первые методы формирования навыков, при этом речь о методологии применения навыков или формирование сценариев не стояла и архитектуры баз знаний, заложившие представление о контурах области памяти.

Несмотря на то, что подобные программы обладали собственным интерфейсом, вопрос о создании «прослойки», позволяющей реагировать, выстраивая логику взаимодействия в зависимости от сценария, обучать алгоритмы, превращая в автономные самостоятельные системы, стоял остро. Возникает параллельный проблемный вопрос, перешедший по этапам коэволюции в действующую реальность — интеграция бота в среде локализации с достижением бесшовности при взаимодействии с динамикой в таковой.

Появление соцсетей и мессенджеров, например, AIM и MSN, создало питательную интеграционную среду, чатботы смогли коэволюционировать в полноценных ботов — Smarterchild и далее в вопросно-ответные системы — Watson (прим.: IBM), которые получили уже более реальные визуально и математически просчитываемые за счёт аппаратной локализации области памяти (прим.: ограничительная проблема существующая параллельно

с развитием вычислительных систем и программ начинает переходить от значения мощности к значению объёму накопителя), возможности самообучаться, отвечать на вопросы на естественном для источника события языке.

Работа ботов с текстовыми сообщениями, основанная на сочетании базовых методов ML и наборах подготовленных и неподготовленных данных, генерируемых человеком и подключаемыми «вещами» — физическими объектами, доказала возможность создать способность «простой» программы самообучаться. Интеграция внешних пользовательских и программных интерфейсов бота и программы, посредством совмещения UI и встраивания в головной алгоритм программы вложенного (прим.: от бота) показало собой частичное решение вопроса бесшовности интерфейса. С этого момента возникает проблематика прослеживаемости принятия решения алгоритмом, выраженная в вопросе: как машина «мыслит» и принимает решения?

Вторая «ветвь» коэволюционного развития заложила возможности создания базиса исследуемой архитектуры «прослойки». Происходит переход от «простой» программы к самообучаемым системам обладающим умением формировать набор связанных элементов, позволяющих интегрироваться без серьёзных программных изменений, уже содержащихся в потенциальной среде локализации, выражаемый в виде общительного интерфейса [2].

Авторы настоящего исследования отмечают на данном этапе появление и развитие концепта интерфейса систем с задатками искусственного интеллекта, формирующего принципы бесшовности при интеграции в среды локализации таковых систем.

Наблюдаемый авторами проводимого исследования прогресс изучаемого метода формирования интерфейса достигается за счёт расширения посредством включения голосового слоя. Обработка естественного языка заставляет машину, алгоритм работать с семантикой, пониманием языка на «нижнем биологическом» уровне (при.: аналогия с языком машинного уровня, где машина понимает машину в настоящем случае машина понимает биологический вид). Боты благодаря интеграции интерфейса, появлению бесшовности и подключаемости к «вещам» — физическим объектам переходят на ступень интеллектуальных помощников, обучаясь посредством взаимодействия с источником событий, и вырабатывая решения существующих в среде локализации задач [5].

Плотная интеграция интерфейсов систем обладающих искусственным интеллектом увеличивает доступ

и потребность в данных, усиливая не только и не столько беспокойство за сохранность приватности данных, сколько за: а. процесс «мышления» машиной, правильность приложения и использования предлагаемых выводов и решений; б. передачу полученного опыта по системе, взаимодействие внутренних элементов алгоритма в соответствии с опытом или приоритетностью правил; с. получение и анализ внешних и внутренних данных, генерации специализированных поисковых запросов по различным базам данных и знаний; d. взаимодействие с более «примитивной» программой или системой, перевод заложенных принципов, назначения таковой в собственный навык, перестройки кода.

Каждый ключевой этап логики или прохода «мыслительной ветви» от создания пути (прим.: точки входа) до получения, передачи и «секвинирования» данных, определяющий вектор формирования саморазвития интеллектуальной системы и эволюционной этапности обеспечен или сопровождается интерфейсом.

Полученные промежуточные выводы проводимого авторами настоящей статьи исследования показывают, что наиболее подходящим является интерфейс, способный соответствовать предъявляемым требованиям (прим.: актуальности времени, существующим запросом в момент «создания» интерфейса), отвечать решением на возникающие в среде локализации задачи, бесшовно интегрироваться, масштабироваться, «переходить» от системы к системе, не требуя внесения аппаратно-программных изменений, построенный на принципах предикативности, гибридизации и распределённости.

Исследуемый авторами метод построения интерфейса не является привычным в современном представлении. Интерфейс требуемый системе, обладающей задатками искусственного интеллекта, должен быть формируемой алгоритмической конструкцией совокупно состоящей из библиотек функциональных, семантических модулей (прим.: основанные или локализованные в области памяти) и со-ядра (прим.: сопутствующее главному ядру AI программно-аппаратные системы, отвечающее за методы формирования интерфейсов) на «ленту». UX, который позволяет понимать и воспринимать систему и UI — постоянно обновляемый слой сценариев, существующих или возможных, собираются со-ядром в момент «создания» интерфейса и переходят, трансформируются внешне и функционально по вектору, определяемому запросом источника события. Данный метод формирования интерфейса схож с методологией представления «мягких» знаний в «умных» системах, отсутствие предзаложенного интерфейса, если это не оправдано эффектом обратного обучения, когда машина посылает человеку «сигнал», демонстри-

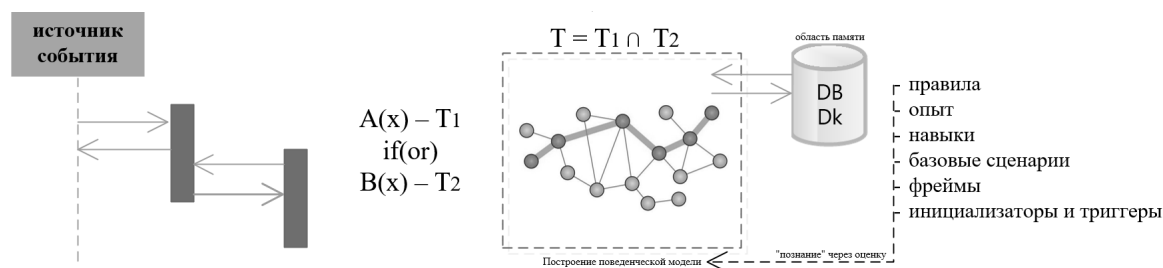


Рис. 1. Модель системы с искусственным интеллектом, построенной на основе взаимодействия с источником события посредством предикативного интерфейса

руя гостевым представлением родительский фрейм для источника события, позволит алгоритмам самообучаться и развиваться.

Наблюдение за изменениями в интерфейсе, а равно методология построения, выбора интеллектуальной системой подхода и порядка к формированию интерфейса позволяет оценить степень влияния получаемых значений и оправданность реакции — коэффициент приложенных усилий для создания последовательности — ответа, степени решаемости возникающих задач, соответствия данной системе среде локализации (прим.: занимает ли интеллектуальная система «своё место»). При этом данный метод не раскрывает полноценно процесс «мышления» интеллектуальной системы.

Текущие исследования понимания процесса «мышления» системой, обладающей искусственным интеллектом, показывают: «зерно» проблемы, а равно краеугольный «камень» решения данной задачи в отсутствии (прим.: необходимости создания) графовой последовательности с антиколлинеарными векторами прохождения (прим.: методика уровня DL, основанная на методе ML обратного распространения ошибки) заложенной в модель самой системы с приложенным к таковой последовательности семантически связанного комплексного набора элементов интерфейса, отвечающих потенциальной среде локализации и разработчика (прим.: рисунок 1).

Существующим частичным решением данной проблемы выступает среда разработки Cortex. Сотовая основа интерфейса позволяет разработчикам и дизайнерам создавать навыки для интеллектуального ядра, позволяющие выполнять задачи, например, по обработке естественного языка и тональности произношений.

Взятая авторами исследования на этапе экспериментов за основу создания алгоритма создания интерфейсов интеллектуальной системы потенциальная структура сот вместо списка объектов обеспечивает достижение прослеживаемости обучения модели при решении за-

дач на многоуровневом подходе и вариативности, отвечая наиболее оптимальному выстраиванию логической связи и семантики.

Полученный навык интегрируется в область памяти системы с подключением к соответствующему внутреннему интерфейсу (прим.: вершине графа), позволяя увидеть логику — прогресс и правильность обучения модели. Но при этом в данном решении отсутствует самоопределение интерфейса при построении предикативности, отвечающая за определение точности реакции системы на источник события. Предикативность, основанная на булевой логике, в совокупности позволяет отследить на каждой вершине графа верно ли принятое системой решение посредством значения оценки приложенного к таковому интерфейсу, основанной на ответе от источника события внешней и внутренней среды.

В отличие от классических методов ML и обучения с подкреплением — RL, закладываемые алгоритмы, направленные на формирование у системы «мышления» с интегрированным элементом предикативности, не имеют постоянного состояния. В системе присутствует и область памяти и параллельная, распределённая многовекторность при формировании классических пар: фактор — правильный ответ [6].

Данный подход и архитектура позволяет обучать систему с заложенным интеллектом познанию статических и динамических данных. Произвести эволюцию Марковского процесса принятия решений — привести, например, к осознанию влияния достижения события «выигрыша» системой на последующую цепочку событий, включая возникновение таковой. Под осознанием системой понимается анализ значения и перерасчёт коэффициента оценки — веса, влияющего на  $n_1 \dots n_{\text{ср}}$  каждое следующее событие: достижение «выигрыша», градация значения таковой включая обратное влияние: анализ возможности намеренного снижения значения коэффициента оценки в  $n_i$  событии направленного на достижение «выигрыша» повысив вероятность возникновения

такового в  $n_2$  событии или цепочки, включая устойчивость связей таковых событий. Построение обратного влияния и расчёта коэффициента оценок для достижения «выигрыша» требует от системы, обладающей искусственным интеллектом, включение в методологию собственного решения равновесия Нэша.

Авторы данной статьи отмечают, алгоритмы ML, DL, AI «скрыты» в сложном коде каждой разработки. Создание предикативных интерфейсов направлено на повышение значения релевантности машиной источника события, взаимодействие такового и системы на уровне непреднамеренного обучения поведенческих моделей. Системы, спроектированные на основе данного механизма позволят отслеживать, как функции работают в реальных ситуациях, «видеть мыслительный» процесс [3].

Непосредственное создание предикативного интерфейса возможно только если позволить разработчикам видеть, что происходит внутри системы, не отслеживать каждую строчку кода, а взаимодействовать с алгорит-

мом на этапах локализации в среде, где будет осуществляться реакция на внешние раздражители. Системы, обладающие предикативным интерфейсом, можно будет считать наиболее приближенными к человеческому мышлению, поскольку процесс самооценки позволяет говорить о возможности понимания системой собственного назначения, воспринимать естественный язык, а равно логику человека на уровне мышления.

Развитие рассматриваемых решений, подходов и методологий постепенно переведут существующий вид интерфейсов в дизайн концепты, ориентированные на данные, а архитекторы, программисты и дизайнеры в свою очередь смогут создать в системе с задатками искусственного интеллекта человек-ориентированное «мышление», что позволит перейти на следующий шаг эволюции AI [7].

Выводы авторов проводимых исследований, показывают — предикативный интерфейс необходимое условие обеспечения создания этичного искусственного интеллекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов М.И. «Формирование национальной экосистемы на основе цифровых технологий и «умных вещей»». «Вестник Росстандарта» № 4: — М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2017.
2. Разработка архитектуры системы управления поведением объекта» (Сборник молодёжной конференции: «Новые материалы и технологии в ракетно-космической, авиационной и других ведущих высокотехнологичных отраслях промышленности» № 1 2019г, издание ООО «12 апреля» Звездный городок, с. 200–209. © 2011–2018 НИИ механики МГУ.)
3. Астахов М.И. «Подход в построении самоорганизующихся алгоритмов. Система управления поведением объекта, судна». Сборника «МОЛОДЕЖЬ. ТЕХНИКА. КОСМОС» Том 2
4. Раазе-Раполорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота. Модели поведения. — М.: Либроком, 2015.
5. Тьюринг А. Может ли машина мыслить: — М: Ленанд, Едиториал УРСС, 2016.
6. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Учебник. — М.: ДМК Пресс, 2015.
7. «Переосмысление, перерождение, переизобретение — промышленный дизайн на стадии «Индустрии 4.0»» [Электронный ресурс] / Чекмарёв А.И. — Электрон. дан. — М.: Информационный интернет-портал «Техноспецназ.рф», 2017. — Режим доступа: <http://xn-80ajaj1abf1rg8ar.xn—p1ai/2017/01/26/pereosmyslenie-pereotsenivanie-pererozhdenie-pereizobretenie-promyshlennyj-dizajn-na-stadii-industrii-4-0/>, свободный. — Загл. с экрана.

© Астахов Максим Игоревич ( infonaftoo@mail.ru ), Петрова Кристина Игоревна ( kristina.pet70@yandex.ru ),

Троцкий Андрей Игоревич ( andreitrockii@gmail.com ), Скулябина Ольга Владимировна ( skuliabina\_ov@voenmeh.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# БЕЗОПАСНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАВУЧЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ НЕФТИ (FPSO) В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА: АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

OPERATION SECURITY OF A FLOATING  
PRODUCTION, STORAGE AND  
OFFLOADING VESSEL (FPSO) IN OIL  
AND GAS PROCESSING: POSSIBLE RISK  
ANALYSIS BY THE METHODS OF FUZZY  
INTERFERENCE METHODS

*Asfha Amanuel Estifanos  
Vaish Abhishek*

*Summary.* Quite a number of classifications of hazards (as a phenomenon threatening something or someone) have been drawn up by now. The “hazard” category is differentiated in accordance with various characteristics. These problems have been deeply studied in their relation to technology and industrial engineering. However, in spite of such an ample corpus of theoretical works in risk controlling, the range of unexploited hazards is still significant.

The subject of this article is a study of those risk factors that might endanger the safety of floating production, storage and offloading vessels — FPSO. The aim of this research is to assess the said type of risks, as well as to search for the ways of their minimizing, including the development of strategies to provide FPSO safe operation in solving production tasks in oil and gas processing.

Within the framework of this study the author applies fuzzy inference systems (FIS) methods to define the FPSO vulnerability to potential hazards. FIS application, in the author’s opinion, is reasonable due to the fact that this system has been developed to obtain fuzzy conclusions on the required facilities control on the basis of fuzzy conditions or prerequisites; hence it might be used in full to define and then neutralize insecurities, including those emerging under definite production and technological conditions. Thus, application of fuzzy inference systems methods has shown that the heater, the crude-oil storage tank and the crude-oil heat exchange unit are the most important factors with regard to potential risks to FPSO.

*Keywords:* FPSO, oil and gas processing system, risks, risk analysis and FIS.

*Асфха Амануэль Эстифанос*

*Аспирант, Национальный исследовательский  
университет ИТМО  
pressa@itmo.ru*

*Вайш Абхисhek*

*Д.философии в области информационной  
безопасности, доцент, Индийский институт  
информационных технологий, Аллахабад, Деогат  
Джхалва  
abhishek@iitita.ac.in*

*Аннотация.* К настоящему времени разработано немало классификаций опасности (как явления, представляющего угрозу чему-либо или кому-либо). Дифференциация категории «опасность» выполняется по различным признакам. Весьма глубоко указанная проблематика разработана в сфере технологии и организации промышленного производства. Однако даже при столь обширном массиве теоретических работ в области риск-контроллинга, спектр неизученных угроз по-прежнему велик.

Предметом данной статьи является рассмотрение рисков факторов, которые могут поставить под угрозу безопасность плавучей производственной системы хранения и разгрузки нефти (Floating Production, Storage And Offloading Vessel — FPSO). Целью данного исследования выступает оценка такого рода рисков, а также поиск путей их минимизации, включая выработку комплекса мер для обеспечения безопасного функционирования FPSO при выполнении производственных задач по переработки нефти и газа.

В рамках проведенного исследования автор использует методологию системы нечеткого вывода (Fuzzy Inference Systems — FIS) для определения уязвимости FPSO в отношении потенциальных угроз. Использование FIS, по мнению автора, оправдано тем, что эта система разработана для получения нечетких заключений о требуемом управлении объектом на основе нечетких условий или предпосылок и может быть в полной мере использована для определения и последующей нейтрализации уязвимостей, в том числе и в конкретных производственно-технических условиях. Так, результат применения методов системы нечеткого вывода показал, что нагреватель, резервуар для хранения сырой нефти и теплообменник для сырой нефти являются наиболее значимыми факторами с точки зрения потенциальных рисков для FPSO.

*Ключевые слова:* FPSO, система переработки нефти и газа, риски, анализ рисков и FIS.

**И**спользование плавучих систем хранения и разгрузки нефти (FPSO) является одним из наиболее распространенных способов разработки морских месторождений нефти и газа. Судно, предназначенное для хранения и разгрузки, на которое поступают нефть или газ, добытые с близлежащих надводных или подводных платформ, производит первичную переработку сырья и хранит его до выгрузки на танкер или перекачки в трубопроводную магистраль. Нефтепромысловое судно состоит из ряда технических и обеспечивающих систем: подводного, корпусного и швартовочного комплексов, системы переработки нефти и газа, энергетической системы, системы противопожарной безопасности, системы хранения и транспортировки нефти, комплекса помещений для персонала и др.

Нефть и газ являются легковоспламеняющимися и взрывоопасными продуктами, поэтому систему переработки нефти и газа следует считать наиболее критичной зоной в отношении обеспечения безопасности плавсредства FPSO — здесь весьма высок риск воспламенения сырья (что может привести к пожару на судне или даже взрыву и последующей разгерметизации емкостей хранения нефтепродуктов). Так, 8 октября 2021 года Ливийская национальная нефтяная корпорация (NOC) известила мировое сообщество о разливе нефти на шельфе. Разлив произошел вокруг плавучей платформы для хранения и разгрузки продукции Farwah (FPSO) во время процесса погрузки сырья на танкер. За последние десять лет имели место несколько аварийных ситуаций подобного рода. Наиболее известная из них — взрыв FPSO в Бразилии в 2015 г., который привел к гибели 9 человек, еще 26 членов экипажа тогда пострадали [1; 2]. Таким образом, крайне важно располагать инструментарием для корректной оценки риска утечки нефти и газа в системе переработки нефти и газа на нефтепромысловых судах FPSO.

В настоящее время в самых различных секторах экономики, в связи с усложнением технологий и набирающим темп научно-техническим прогрессом, множатся угрозы стабильности функционирования промышленных систем. При этом становятся сложнее и алгоритмы диагностики риск-факторов, а значит, затрудняется выработка действенных мер предупреждения нештатных ситуаций [3]. Кроме того, всё более актуальным становится проблема нарушения прав, касающихся интеллектуальной собственности и защиты персональных данных. Поэтому для компаний столь важно располагать эффективным риск-менеджментом с целью минимизации возможного ущерба от воздействия перечисленных неблагоприятных факторов, особенно по части управления рисками в области информационной безопасности [4].

В данном исследовании авторы предлагают обратиться к модели системы нечеткого вывода. Л.А. Заде

(1965) считает теорию нечетких множеств важным инструментом количественного определения и управления неточностями в ситуациях принятия управленческих решений [5].

Нечеткие множества или нечеткие числа могут использоваться для представления неточных параметров, ими можно управлять с помощью соответствующих операций преобразований таких множеств и чисел. Результаты оценок в этом случае будут более правдоподобны, поскольку неточные параметры обрабатываются именно как неточные, а не как имеющие конкретное, установленное значение [6]. Очевидно, что нечеткие множества можно с успехом использовать для работы с неточными условиями и неточными значениями именно в управлении рисками.

### Используемые исследовательские методы

Предлагаемая методика была разработана для выявления и оценки анализа рисков применительно к системам FPSO, используемых при переработке нефти и газа в Ливии (север Африканского континента). Для сбора данных и выявления отдельных угроз был составлен опросник. Такой подход обеспечивает достаточные результаты для достижения целей исследования и ответа на поставленные в его рамках вопросы. Для того чтобы более полно представить весь спектр потенциальных опасностей и точнее описать их природу в рассматриваемой отрасли, были проведены интервью с руководителями и экспертами профильных компаний. Опросные листы были направлены в общей сложности более чем 30 экспертам, работающим в этой нефтегазовой отрасли.

В процессе работы применялся также метод наблюдения, который позволил собрать и обобщить разнородную полезную информацию, позволившую глубже понять исследуемую предметную область. Полученные данные были проанализированы с использованием методов системы нечеткого множества (FIS) и ранжированы по десяти категориям:

- ◆ нагреватель;
- ◆ скруббер топливного газа;
- ◆ охладитель сырой нефти;
- ◆ резервуар для хранения сырой нефти;
- ◆ фильтр для мазута;
- ◆ сепаратор нефти и газа;
- ◆ электрическое обезвоживание;
- ◆ измерение сырой нефти;
- ◆ теплообменник для сырой нефти;
- ◆ охладитель топливного газа.

Исследовательская работа, ориентированная на демонстрацию использования метода FIS с учетом отраслевой специфики, имела следующую структуру:



Таблица 1. Переменная нечеткого множества

Лингвистическая переменная	Нечеткий рейтинг (интервал)	Графическое представление
<b>Нечеткое множество входной переменной вероятности (P)</b>		
Очень низкий (VL)	{0, 0, 0.2, 0.4}	
Низкий (L)	{0.2, 0.4, 0.6}	
Средний (M)	{0.4, 0.6, 0.8}	
Высокий (H)	{0.6, 0.8, 0.9}	
Очень высокий (VH)	{0.8, 0.9, 1, 1}	
<b>Нечеткое множество входной переменной следствия (C)</b>		
Очень низкий (VL)	{0, 0, 2, 4}	
Низкий (L)	{2, 4, 6}	
Средний (M)	{4, 6, 8}	
Высокий (H)	{6, 8, 9}	
Очень высокий (VH)	{8, 9, 10, 10}	
<b>Нечеткий набор выходной переменной значения риска (Rv)</b>		
Низкий (L)	{0, 0, 0.1, 0.2}	
Средний (M)	{0.1, 0.2, 0.5, 0.6}	
Существенный (S)	{0.5, 0.6, 0.8, 0.9}	
Высокий (H)	{0.8, 0.9, 1, 1}	

Таблица 2. Матрица рисков на основе приведенного выше синтаксиса

P/C	Очень низкий (VL) = 1	Низкий (L) = 2	Средний (M) = 3	Высокий (H) = 4	Очень высокий (VH) = 5
Очень низкий (VL) = 1	L=1	L	M=2	S=3	S
Низкий (L) = 2	L	L	M	S	H=4
Средний (M) = 3	L	M	S	H	H
Высокий (H) = 4	M	S	S	H	H
Очень высокий (VH) = 5	S	S	H	H	H

Таблица 3. Вес экспертов

Пол	Мужчины			Женский
	70%, N=21			30%, N=9
Средний возраст	39,36 ± 13,89			
Справочная информация FPSO	66,67%, N=20			
Опыт работы в годах	≤ 5	6–10	11–20	>20
	26,67%, N=8	40%, N=12	23,33%, N=7	10%, N=3

Таблица 4. Эксперт по оценке рисков 1

Предметы	Активы	Числовое значение			Лингвистическая переменная		
		Вероятность	Последствие	Рисковать	Вероятность	Последствие	Рисковать
H1	Обогреватель	3	3	3	0.6	6	0.7
FGS2	Скруббер топливного газа	2	2	1	0.4	4	0.1
COС3	Охладитель сырой нефти	3	3	3	0.6	6	0.7
COFT4	Резервуар для хранения сырой нефти	5	4	4	0.9	8	0.9
FOF5	Фильтр для мазута	3	1	1	0.6	2	0.1
OGS6	Сепаратор нефти и газа	1	3	2	0.2	6	0.35
ED7	Электрическое обезвоживание	3	3	3	0.6	6	0.7
COM8	Измерение сырой нефти	2	3	2	0.4	6	0.35
COHE9	Теплообменник для сырой нефти	4	5	4	0.8	9	0.9
FGC10	Охладитель топливного газа	3	2	2	0.6	4	0.35

- ♦ выявление факторов риска в системе переработки нефти и газа;
- ♦ сбор данных (аккумулирование информации, необходимой для определения вероятности и серьезности переменных риска);
- ♦ анализ рисков (применение FIS для моделирования в анализе рисков системы переработки нефти и газа);
- ♦ оценка эффективности (определение того, насколько продуктивна предлагаемая FIS-методика при решении исследовательских задач).

- ♦ валидация (подтверждение результативности избранного метода анализа рисков).

#### FIS-методика

**Фазификация.** Первым этапом является описание набора входных данных и определение степени их принадлежности к каждому из соответствующих нечетких множеств с помощью функций принадлежности.

Вероятность (P) и последствия (C) использовались в качестве четких входных данных для FIS (это значение

Таблица 5. Оценка риска (среднее значение всех экспертов)

Предметы	Активы	Лингвистическая переменная		
		Вероятность	Последствие	Рисковать
H1	Обогреватель	0.8	8	0.9
FGS2	Скруббер топливного газа	0.4	6	0.35
COG3	Охладитель сырой нефти	0.6	6	0.7
COFT4	Резервуар для хранения сырой нефти	0.9	9	0.9
FOF5	Фильтр для мазута	0.4	6	0.35
OGS6	Сепаратор нефти и газа	0.4	4	0.1
ED7	Электрическое обезвоживание	0.6	4	0.35
COM8	Измерение сырой нефти	0.6	6	0.7
COHE9	Теплообменник для сырой нефти	0.8	9	0.9
FGC10	Охладитель топливного газа	0.4	2	0.1

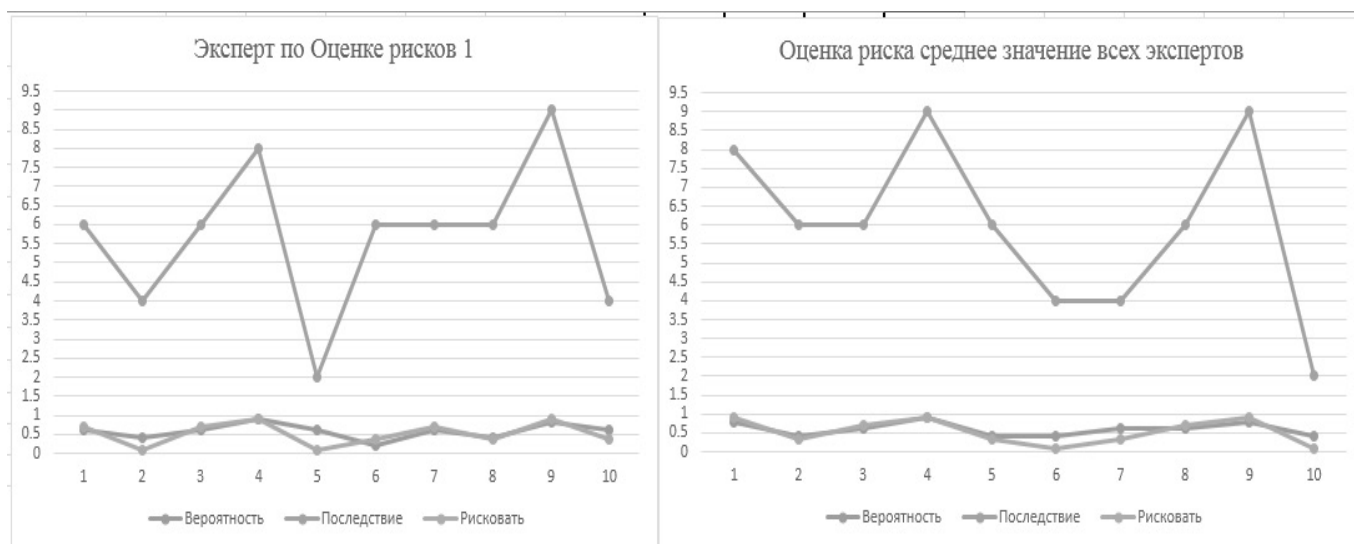


Рис. 1. Оценка рисков с помощью линейной диаграммы

определялось на основе сбора данных и экспертных заключений).

Впоследствии, определяя нечеткие функции принадлежности, было построено 25 нечетких правил для FIS.

**Синтаксис выглядит следующим образом:**  
 ЕСЛИ (Вход 1 — функция принадлежности 1)  
 и/или ЕСЛИ (Вход 2 — функция принадлежности 2)  
 и/или <...> затем (Результат — это функция принадлежности к выходу)

Например: если вероятность наступления события высока, и последствия велики (высоки) по своему значению, то риск — высок.

Все нечеткие правила, функции принадлежности, нечеткие операторы и нечеткие вычисления были разработаны, реализованы и рассчитаны с использованием программного обеспечения MATLAB (MATLAB, The MathWorks, Inc., 2018).

**Дефаззификация.** Процесс дефаззификации, который используется для определения четкого значения из выходных данных процесса вывода, является заключительным этапом в модели механизма вывода.

### Результаты исследования

**Оценка рисков.** Наиболее важными критериями, которые следует учитывать в процессе оценки рисков, являются:

- ◆ требования или потребности организации в области безопасности;
- ◆ затраты на реализацию контрмер;
- ◆ финансовые возможности организации;
- ◆ применимость и действенность контрмер.

При этом все процессы оценки выполняются с участием или с учетом мнения сотрудников организации.

### Заключение

В данном исследовании была рассмотрена модель анализа рисков, основанная на системе нечеткого вывода (FIS), для оценки и расчета как качественных, так и/или количественных рисков, которую авторы рассматривают как наиболее надежный, гибкий и объективный способ оценки в обозначенной предметной области.

Нечеткие функции принадлежности были рассчитаны для вероятностей рисков и значений последствий. Для того, чтобы получить более надежный и объективный результат при анализе рисков, в новой модели использовалась система нечеткого вывода. Были сформулированы 25 нечетких правил принятия решений в отношении ряда выбранных рисков с использованием значений последствий, вероятностей риска и относительных значений риска. Значения воздействия на риск рассчитывались при агрегировании и дефаззификации, а в дальнейшем на основе окончательных значений риска проводилась оценка рисков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кан Дж.; Ван Л.; Ли М.; Сун Л.; Цзинь П. Анализ статистики отказов на основе байесовской теории: исследование внутренней утечки турели FPSO // Китайский океан. 2019. № 33. С. 14–25.
2. Суардин Дж. А.; Макфейт А. Дж.; Сипкема А.; Чайлдс М.; Маннан, М.С. Оценка пожаров и взрывов при разгрузке плавучих производственных хранилищ нефти и газа (FPSO): эффективный инструмент скрининга и сравнения // Процесс. СВС. Окружающая среда. 2009. № 87. С. 147–160.
3. ISO/IEC: Информационные технологии — методы обеспечения безопасности — управление рисками информационной безопасности, ISO/IEC27005:2011. Технический указатель, Международная организация по стандартизации (2011).
4. Шамала Р. Ахмад и Юсофф М. Концептуальная основа информационной структуры для оценки рисков информационной безопасности (isra) // Журнал информационной безопасности и приложений. 2013. Т. 18. № 1. С. 45–52, 2013.
5. Заде Л.А. Нечеткие множества // Информация и контроль. 1965. № 8. С. 338–353.
6. Кахраман С., Гюльбай М., Кабак О. Применение нечетких множеств в промышленной инженерии: актуальная классификация / Кахраман С. (ред.) // Нечеткие приложения в промышленном машиностроении. Спрингер: Нидерланды, 2006. С. 1–55.

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ LSTM

### ANALYSIS OF THE USE AND IMPLEMENTATION OF LSTM

*H. Istamqulov*

*Summary.* The purpose of this study is to analyze and consider the features of neural networks on the LSTM architecture. A complete analysis of the LSTM network operation scheme is presented, the network operation algorithm is considered. Each step of the network operation is shown in an illustrated form. The LSTM architecture is compared with other recurrent type networks and all the advantages and disadvantages of LSTM in relation to other network architectures are presented.

*Keywords:* neural networks, LSTM, RNN, Long Short-Time Memory, text processing.

*Истамкулов Хасанчон Саидчонович*

*К.т.н., Худжандский государственный университет,  
Таджикистан, г. Худжанд  
istamqulov@gmail.com*

*Аннотация.* Цель данной статьи заключается в анализе и рассмотрении особенностей работы нейросетей на архитектуре LSTM. Представлен полный разбор схемы работы сетей LSTM, рассмотрен алгоритм работы сети. В иллюстрированной форме показан каждый шаг работы сети. Произведено сравнение архитектуры LSTM с другими сетями рекуррентного типа и приведены все преимущества и недостатки LSTM по отношению к остальным архитектурам сетей.

*Ключевые слова:* нейронные сети, LSTM, RNN, сети долгой краткосрочной памяти, обработка текста.

Обработка естественного языка в сфере искусственного интеллекта всегда была непростой задачей. Обуславливается это сложностью имитации человеческого восприятия с помощью кода. Человек при понимании языка не обрабатывает всю информацию заново. Вместе этого он понимает суть каждого слова на основе уже имеющегося контекста или предыдущего слова.

Классические нейронные сети не обладают подобным свойством. В них отсутствует возможность связывания событий в одну целую цепочку. Например, при попытке создания классификатора фильма нейронная сеть не смогла бы уловить суть события, так как не имеет возможность связывать событие идущее на экране с предыдущим.

Решением для данной проблемы стали рекуррентные нейронные сети — Recurrent Neural Network (RNN) [1]. Рекуррентные нейронные сети — это сети, в которых подстраивается связь между элементами сети. Это дает возможность обрабатывать серии событий во времени или последовательные цепочки. Основное же отличие и преимущество рекуррентных нейронных сетей в наличии собственной внутренней памяти, которая бы помогла бы сохранить результаты обработки некоторого количества предыдущих событий цепочки.

Как видно из рис. 1, фрагмент нейронной сети А принимает входное значение  $X_t$  и возвращает значение  $H_t$ . Благодаря наличию обратной связи сеть дает возможность передавать информацию с одного этапа сети на другой.

По сути, рекуррентная нейронная сеть работает как несколько копий одной и той же сети объединенных в цепь и передающих значения последующим копиям. Например, рекуррентную нейронную сеть на рис. 1 можно развернуть, как показано на рис. 2:

Благодаря тесной связи элементов последовательностей сети, RNN является одной из самых естественных архитектур нейронных сетей. Благодаря этому последние годы RNN используются во многих сферах, в том числе для перевода, распознавания изображений, распознавания речи и т.д. Во время выполнения определенной итерации в RNN появляется необходимость в информации от предыдущих итераций. Например, при обработке языковых данных необходим общий контекст, который был на ранее проведенных итерациях сети. RNN могут запоминать определенное количество предыдущих шагов, но количество этих шагов сильно ограничено. Это приводит к тому, что при увеличении расстояния между итерациями связь между ними пропадает (см. рис. 3).

Для решения этой проблемы в 1997 году в работе [2] была предложена архитектура сетей с долгой краткосрочной памятью — Long Short-Term Memory (LSTM). Для того чтобы понять архитектуру LSTM сети, нужно сначала рассмотреть иллюстрацию работы RNN [3, 4], показанную на рис. 4.

Обычно рекуррентная сеть состоит из цепочек повторяющихся модулей нейронной сети. В RNN структура одного из этих модулей очень проста, например, это может быть один слой с функцией активации  $\tanh$  (см.

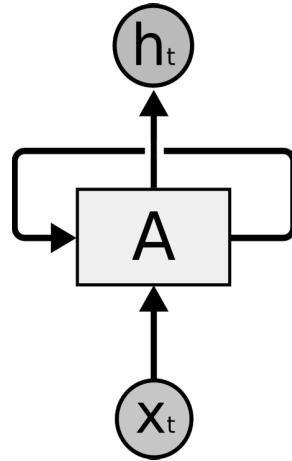


Рис. 1. Иллюстрация работы рекуррентной сети

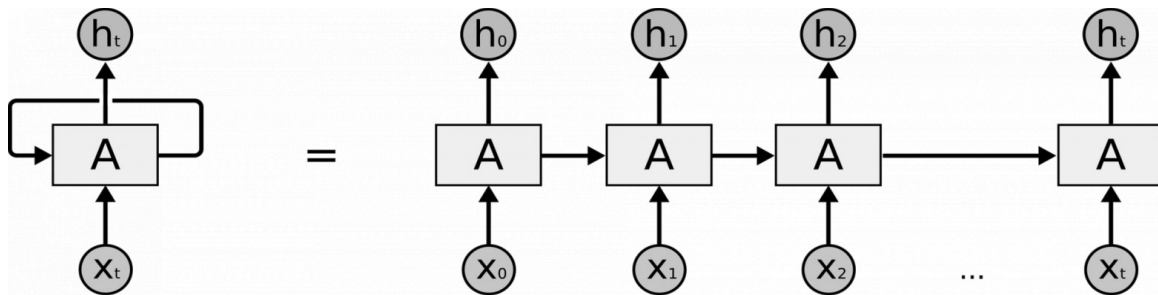


Рис. 2. Рекуррентная нейронная сеть в развертке

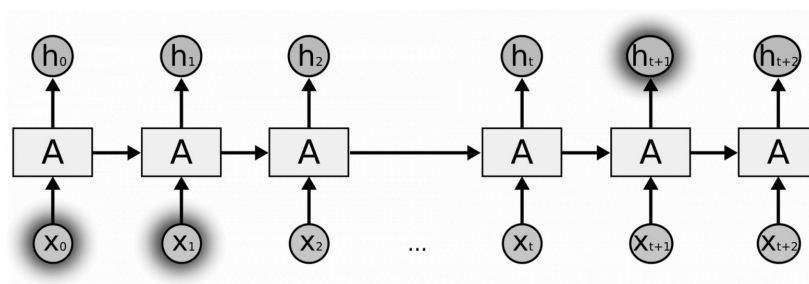


Рис. 3. Пример проблемы потери связи между итерацией  $H(t+1)$  и  $H(1)$

рис. 5). Структура LSTM напоминает цепочку, но схема работы каждого модуля имеет более усложненную логику. Вместо одного слоя нейронной сети они содержат целых четыре, которые взаимодействуют друг с другом (см. рис. 5).

Основная идея LSTM состоит в том, чтобы иметь состояние ячейки, показанное в виде горизонтальной линии в верхней части диаграммы на рис. 5. Укрупнено это представлено на рис. 6. Ячейка напоминает некую конвейерную ленту. Эта лента проходит напрямую через все

цепочки, но при этом участвуя только в нескольких линейных преобразованиях. Благодаря этой схеме информация не подвергается изменениям

Однако LSTM может удалять информацию из состояния ячейки благодаря структурам, которые называются фильтрами. Они позволяют пропускать информацию на основе определенных условий. На рис. 7 фильтры обозначены в виде сигмоидального слоя нейронной сети. Этот уровень возвращает число от нуля до единицы, которое обозначает значение веса каждого блока

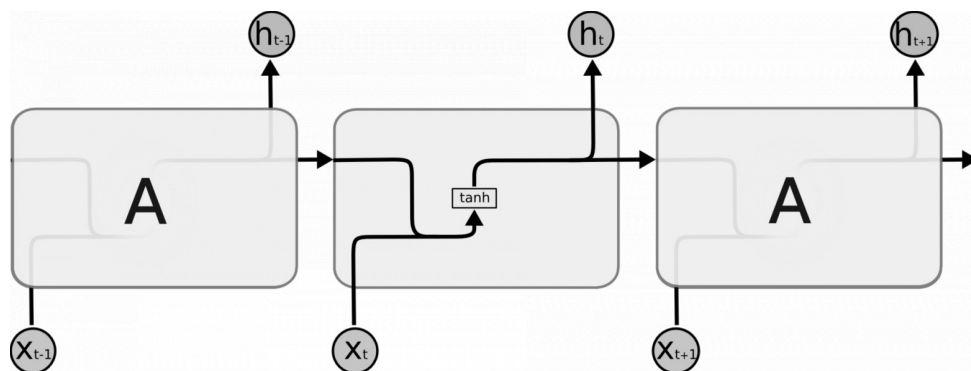


Рис. 4. Схема работы RNN

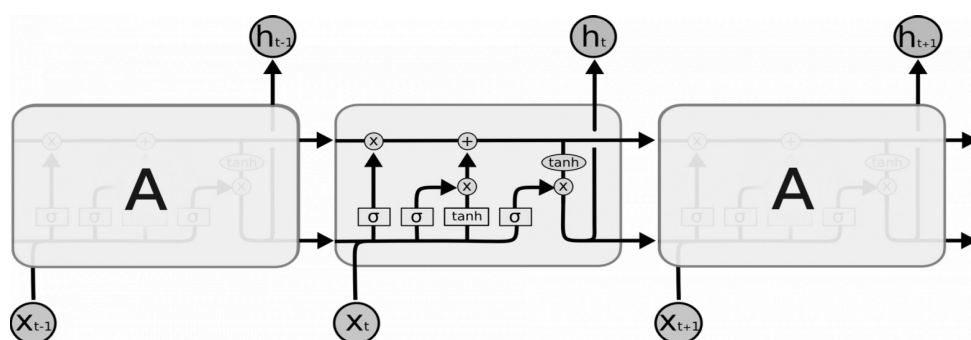


Рис. 5. Схема работы LSTM сети

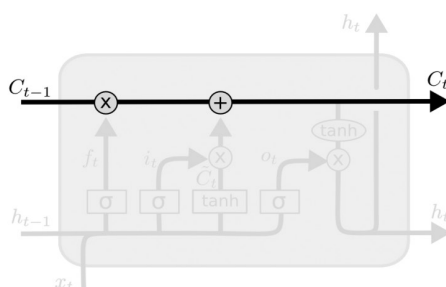


Рис. 6. Детальная схема состояния ячейки

информации для перевода в следующую цепочку вызовов.

Работа LSTM состоит из нескольких шагов. Первым шагом является анализ контекстной информации. На основе этого анализа выбираются данные, которые должны будут удалены из состояния ячейки. Данная логика реализована в фильтре «забывания». Данный фильтр анализирует значения обработанного состояния, которое имеет значение от 0 до 1, и выбрасывает все значения близкие к 0.

Следующий шаг — выбор той информации, которая должна быть сохранена в состоянии ячейки. Это дей-

ствие состоит из двух частей. Вначале определяется набор данных, которые можно обновить. Затем строится вектор значений-кандидатов, который можно добавить к состоянию ячейки. В итоге на основе данных этих векторов происходит отбор состояний для ячейки.

Описанный выше пример является базовым для всех типов LSTM архитектур. Существует множество модификаций сети, в основном с измененными фильтрами и сигмоидами, но детали их работы похожи друг на друга. Среди отличий же можно назвать разные фильтры и наборы фильтров, а также разные логики фильтров «забывания» и т.д.

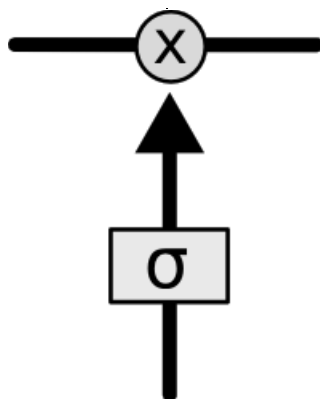


Рис. 7. Фильтры в схеме работы LSTM сети

Будучи развитием RNN, LSTM сети сделали большой шаг вперед благодаря возможности сохранения контекста. Постоянно появляются многие другие вариации и модификации LSTM архитектуры для более улучшенного качества анализа [5, 6]. В том числе создается архитектура сетей с ориентацией на «Внимание» (Attention) [7].

Суть таких сетей в использовании данных из более крупного хранилища информации. Это позволит каждому шагу сети иметь в разы больше данных, при этом данные будут полезными. Такие архитектуры находятся на стадии проектирования на данный момент, а LSTM архитектура является наиболее оптимальной в своей сфере.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Medsker L.R., Jain L.C. Recurrent neural networks //Design and Applications. — 2001. — Т. 5. — С. 64–67.
2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory //Neural computation. — 1997. — Т. 9. — № 8. — С. 1735–1780.
3. Understanding LSTM Networks URL: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (дата обращения: 08-04-2022)
4. LSTM — сети долгой краткосрочной памяти — URL: <https://habr.com/ru/company/wunderfund/blog/331310/> (дата обращения: 10-04-2022)
5. Arpit D. et al. h-detach: Modifying the LSTM gradient towards better optimization //arXiv preprint arXiv:1810.03023. — 2018.
6. Yan-Hua M.A., Xian D.U., Xi-Ming S.U.N. Adaptive modification of the turbofan engine nonlinear model based on LSTM neural networks and hybrid optimization method //Chinese Journal of Aeronautics. — 2021.
7. Xiang L. et al. Fault detection of wind turbine based on SCADA data analysis using CNN and LSTM with attention mechanism //Measurement. — 2021. — Т. 175. — С. 109094.

© Истамкулов Хасанчон Саидчонович ( istamqulov@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В ВИРТУАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ В СООТВЕТСТВИИ С ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ РФ

## PROBLEMS OF DATA PROTECTION IN VIRTUAL INFRASTRUCTURE IN ACCORDANCE WITH THE LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

*D. Karpov  
I. Vorobieva*

*Summary.* Virtualization technologies are a dynamic area that is still evolving and being implemented everywhere for both business and home use. Virtualization simplifies the creation of dynamically scalable architectures, as well as the ability to move virtual machines for load balancing, allowing you to run different operating systems on the same physical machine. However, vulnerabilities in various virtual machine deployments are constantly growing, they appear due to errors in the product code, poor configurations, or aspects that were not taken into account during their design or development.

*Keywords:* virtualization, hypervisor, information security threats, information protection.

**Карпов Дмитрий Анатольевич**

*К.т.н., МИРЭА — Российский Технологический  
Университет*

**Воробьева Ирина Алексеевна**

*Соискатель, МИРЭА — Российский Технологический  
Университет  
irina2803v@mail.ru*

*Аннотация.* Технологии виртуализации являются динамичной областью, которая все еще развивается и повсеместно внедряется как для решения задач бизнеса, так и для бытового использования. Виртуализация упрощает создание динамически масштабируемых архитектур, а также дает возможность переносить виртуальные машины для балансировки нагрузки, что позволяет запускать различные операционные системы на одном физическом компьютере. Однако, уязвимости в различных развертываниях виртуальных машин постоянно растут, они появляются из-за ошибок в программном коде продуктов, плохих конфигураций или аспектов, которые не были приняты во внимание во время их проектирования или разработки.

*Ключевые слова:* виртуализация, гипервизор, угрозы информационной безопасности, защита информации.

**Т**ехнологическое развитие сетей изменило перспективы сетевой безопасности. В настоящее время большинство организаций и предприятий имеют распределенную структуру, располагая офисы в различных географических точках. Сети являются критическим фактором для компаний, потому что с их помощью можно передавать информацию в режиме реального времени, снижать затраты для компании, преодолевать барьер локальных соединений, позволяя подключать персонал и офисы в других зданиях, городах и странах [1–2].

Согласно законодательству Российской Федерации в автоматизированных системах государственных учреждениях использование средств криптографической защиты информации (СКЗИ) для защиты инфор-

мации конфиденциального характера является обязательным [3–6]. СКЗИ, применяемые в государственных учреждениях, должны использовать утвержденные государственным стандартом Российской Федерации криптографические алгоритмы и иметь сертификаты ответственности [7–11].

Технологическая инфраструктура, особенно связанная с информационно-коммуникационными технологиями, стала необходимой для любого предприятия, независимо от того, к какому сектору оно принадлежит. Виртуализация сегодня является одной из наиболее часто используемых технологий из-за их гибкости и масштабируемости для сервисов и приложений [12]. Технологии виртуализации содержат компоненты защиты, однако они неспособны нейтрализовать весь спектр угроз, в частно-

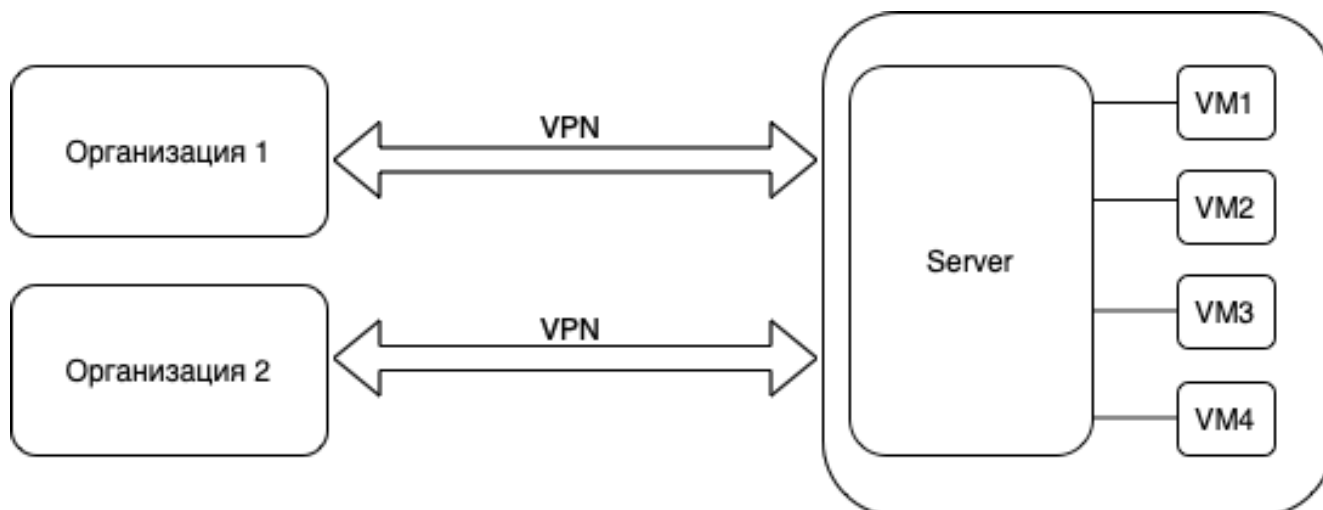


Рис. 1. Пример виртуальной архитектуры

сти, несанкционированный доступ к информации при ее передаче по недоверенным каналам связи (рис. 1).

Классифицируя угрозы ИБ применительно к конкретной архитектуре виртуальной инфраструктуры, можно выделить три группы угроз:

- ◆ Угрозы для платформы виртуальной среды.
- ◆ Угрозы, вызванные проблемами конфигурации виртуальной среды.
- ◆ Стандартные угрозы реальной среды в виртуальном пространстве.

Кроме того, можно выделить и проклассифицировать способы реализации угроз в виртуальных средах, среди которых:

- ◆ Атака на гипервизор с виртуальной машины — выполняется с использованием уязвимостей хост-операционной системы, в которой работает гипервизор. Как только злоумышленник берет под контроль операционную систему, гипервизор скомпрометирован. Атака, где взят под контроль гипервизор, называется гиперджекинг [13].
- ◆ Атака миграции — происходит в сети во время миграции виртуальной машины из одного места в другое. Данная атака имеет успех благодаря легкости перемещения виртуальных машин, будь то резервное копирование, распространение обновлений, обмен изображениями и т.д.

Конкретный случай такого типа атаки происходит из-за функциональности, предоставляемой некоторыми гипервизорами. Это называется live-миграцией, она позволяет переносить виртуальную систему с одного гипервизора на другой (даже между гипервизорами на разных физических компьютерах) без выключения системы. Эта функция упрощает управление и может

использоваться, среди прочего, для балансировки рабочей нагрузки сервера. Механизм связи, используемый для передачи состояния от одного гипервизора к другому, должен быть аутентифицированным, конфиденциальным и устойчивым к изменениям.

- ◆ Атака на виртуальную машину с другой виртуальной машины –гостевая операционная система используется для получения несанкционированного доступа к гипервизору или другим виртуальным машинам. Поскольку несколько виртуальных машин используют одни и те же физические ресурсы, если злоумышленник может найти, как отображаются ресурсы, на которых он работает, он может напрямую атаковать физические ресурсы. Злонамеренное изменение виртуальной памяти может повлиять на общие физические ресурсы и атаковать другие виртуальные машины и гипервизор. Учитывая сложность этого типа атаки, чаще всего происходит сбой гостевой операционной системы, тем самым достигая отказа в обслуживании.
- ◆ Гипервизор как вредоносный код и руткит. Гипервизор может использоваться каким-то вредоносным кодом или руткитом для установки себя в качестве гипервизора под операционной системой (которая является жертвой атаки). Обнаружение вредоносного кода в этом случае очень сложно, так как вредоносное ПО может перехватывать все операции операционной системы.
- ◆ Атака отката виртуальной машины подразумевает использование функциональности гипервизоров для создания снимков с текущим состоянием процессора, дисков и памяти.

Злоумышленник может заменить систему старым снимком, чтобы удалить часть или всю запись о том, что

произошло между моментом создания снимка и текущим моментом системы.

Для защиты от этих угроз можно использовать сертифицированные программные СЗИ, которые обеспечивают надежную изоляцию виртуальных машин и проверку на отсутствие злонамеренного кода в гипервизоре. К числу таких средств защиты информации относятся Security Code vGate for VMware Infrastructure и ПК СВ «Брест».

Security Code vGate for VMware Infrastructure — это программное обеспечение, которое позволяет предотвращать утечки через специфичные каналы среды виртуализации. В том числе и через каналы обмена трафиком с другими виртуальными машинами. Также vGate производит разделение объектов инфраструктуры на логические группы и сферы администрирования через мандатное и ролевое управление доступом. Разграничение доступа к элементам, находящимся внутри защищаемого периметра, реализуется на основе заданных ACL и параметров соединения [14]. Усиленная аутентификация совместно с разделением ролей и делегированием полномочий позволяют усилить защиту управления виртуальной инфраструктурой. Управление виртуальной инфраструктурой и параметрами безопасности предоставляется только аутентифицированным пользователям, при этом процедура аутентификации осуществляется по протоколам, нечувствительным к атакам типа «man-in-the-middle» и перехватам паро-

лей. Кроме того, в vGate содержатся средства мониторинга событий ИБ и средства создания структурированных отчетов.

Программный комплекс управления защищённой средой виртуализации «Брест» — это комплексное решение позволяющее создавать и администрировать виртуальные IT-структуры с применением СЗИ из состава операционной системы Astra Linux и обеспечивающее работу виртуальных машин в условиях дискреционного и мандатного управления доступом. В версии «Брест» реализована поддержка FreeIPA для задания политик доступа и управления идентификацией пользователей [15–16]. Astra Linux использует 256 уровней доступа и 64 категории доступа, разграничивающий допуск к операциям и файлам.

Однако все эти средства защиты информации не способны обеспечить конфиденциальность и защитить информацию покидающую виртуальную машину. Несмотря на то, что трафик может изолироваться применением технологии виртуальных локальных сетей (VLAN) это не является защитой информации с точки зрения законодательства Российской Федерации (VLAN можно рассматривать лишь как средство понижения актуальности угроз). Поэтому для обеспечения безопасной обработки информации в виртуальной инфраструктуре необходимо дополнить используемые средства защиты виртуальных машин, даже если информация она не покидает сети владельца виртуального хостинга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И.А. Мандыч, А.В. Быкова. Трудности и перспективы развития высокотехнологичных проектов в эпоху цифровой трансформации экономики // Российский технологический журнал. — 2021. — № 9(2). — С. 88–95.
2. Красимир Шишманов Особенности развития информационных систем малых предприятий // Шишманов Красимир // Российский технологический журнал. — 2016. — № Том 4 № 5. — С. 63–69.
3. Указ Президента РФ от 6 марта 1997 г. No 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера» // ГАРАНТ: [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/10200083/#ixzz50GPzHs6K> (дата обращения: 29.03.2022).
4. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 No 152-ФЗ // КонсультантПлюс: [Электронный ресурс] — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61801/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/) (дата обращения: 20.03.2022).
5. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. No 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (с изменениями и дополнениями) // ГАРАНТ: [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/12148555/#ixzz50GYA43bX> (дата обращения: 20.03.2022).
6. Указ Президента РФ от 3 апреля 1995 г. No 334 «О мерах по соблюдению законности в области разработки производства, реализации и эксплуатации шифровальных средств, а также предоставления услуг в области шифрования информации» // ГАРАНТ: [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/10104146/#ixzz50GcX8k1S> (дата обращения: 20.03.2022).
7. Приказ ФСБ РФ от 9 февраля 2005 г. No 66 «Об утверждении Положения о разработке, производстве, реализации и эксплуатации шифровальных (криптографических) средств защиты информации (Положение ПКЗ-2005)» // ГАРАНТ: [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/187947/#ixzz50Gelok00> (дата обращения: 20.03.2022).
8. Приказ ФСТЭК России от 25 декабря 2017 г. No 239 // ФСТЭК России: [Электронный ресурс] — URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/1592-prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-gn-239> (дата обращения: 07.04.2022).
9. Приказ ФСТЭК России от 21 декабря 2017 г. No 235 // ФСТЭК России: [Электронный ресурс] — URL: <https://fstec.ru/en/288-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/obespechenie-bezopasnosti-kriticheskoj-informatsionnoj-infrastruktury/prikazy/1606-prikaz-fstek-rossii-ot-21-dekabrya-2017-g-n-235> (дата обращения: 07.04.2022).

10. Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. No 21 // ФСТЭК России: [Электронный ресурс] — URL: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/110-prikazy/692-prikaz-fstek-rossii-ot-18-fevralya-2013-g-n-21> (дата обращения: 08.04.2022).
11. Приказ ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. No 17 // ФСТЭК России: [Электронный ресурс] — URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/702-prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya-2013-g-n-17> (дата обращения: 08.04.2022).
12. Cloud Computing Models for Business // I.A. Vorobeva, A.V. Panov, A.A. Safronov, A.I. Sazonov // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. — 2022. — Volume 12 Issue 1. — С. 163–172.
13. F. Bazargan, C. Yeun y J. Zemerly // «State-of-the-Art of Virtualization, its Security Threats and Deployment Models» // International Journal for Information Security Research, 2013.
14. vGate // Код Безопасности: [Электронный ресурс] — URL: <https://www.securitycode.ru/products/vgate/> (дата обращения: 07.04.2022).
15. Операционные системы и средства виртуализации // Astra Linux: [Электронный ресурс] — URL: <https://astralinux.ru/products/> (дата обращения: 07.04.2022).
16. Система виртуализации Astra Linux. Программный комплекс «Средства виртуализации «Брест» // Astra Linux: [Электронный ресурс]. — URL: <https://astralinux.ru/products/> (дата обращения: 07.04.2022).

© Карпов Дмитрий Анатольевич, Воробьева Ирина Алексеевна ( irina2803v@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ПЕРСПЕКТИВЫ МИГРАЦИИ НА ОТКРЫТОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

### PROBLEMS AND PROSPECTS OF IMPORT SUBSTITUTION OF SOFTWARE IN THE RUSSIAN FEDERATION

**V. Kodanev  
A. Ivanov  
A. Mikhailov**

*Summary.* The paper discusses the concept of free software, its characteristics, features, as well as advantages and disadvantages. In chronological order, the instructions and orders of government agencies that set the requirements for the implementation of measures aimed at implementing the policy of import substitution of software in the Russian Federation, as well as their results, are given in this work. Based on this research, suggestions are made about the reasons for the established interest of end users in the use of free software for daily needs. In completion, a conclusion is made about the prospects for the introduction of free software instead of the currently available and used proprietary software.

*Keywords:* free software, import substitution, analysis, statistics.

**Коданев Владимир Леонидович**

К.т.н., доцент, МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)  
kod\_v@mail.ru

**Иванов Александр Григорьевич**

МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)  
alexandr.link.ivanov@gmail.com

**Михайлов Александр Игоревич**

МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)  
amih813@gmail.com

*Аннотация.* В работе рассматривается понятие свободного программного обеспечения, его характерные черты, особенности, а также преимущества и недостатки. Описываются причины заинтересованности государственных органов в осуществлении политики, направленной на развитие свободного программного обеспечения за место устоявшихся проприетарных средств. В хронологическом порядке приводятся распоряжения и приказы государственных органов, которые задают требования по реализации мероприятий, направленных на осуществление политики импортозамещения программного обеспечения в Российской Федерации, а также их результаты. Проводится статистический анализ использования некоторых программных продуктов, относящихся к свободному программному обеспечению. На основании данного исследования выдвигаются предположения о причинах установленной заинтересованности конечных пользователей в применении свободного программного обеспечения для ежедневных нужд. В завершении делается заключение о перспективах внедрения свободного программного обеспечения вместо имеющихся и используемых на данный момент проприетарных программных средств.

*Ключевые слова:* свободное программное обеспечение, импортозамещение, анализ, статистика.

### Введение

**В** настоящее время, практически каждая государственная или частная организация принимает участие в информационном обмене. Постоянный процесс передачи электронных документов требует наличие единых или связанных программных обеспе-

чений, установленных на персональных компьютерах. В результате, для удовлетворения требованиям соответствия программных обеспечений, каждая организация осуществляет закупку имеющихся на рынке проприетарных программных обеспечений, которые, как правило, имеют закрытый исходный код. Совершая подобные действия, компании несут дополнительные экономиче-

ские расходы и, при этом, не получают гарантий безопасности по отношению к купленному продукту. Частично решить данные проблемы можно, используя в качестве основных программных средств продукты, относящиеся к свободному программному обеспечению.

Согласно существующему определению, свободным программным обеспечением называют юридически защищённое, при помощи соответствующей свободной лицензии, авторскими правами программное обеспечение, предоставляющее пользователю права на беспрепятственную установку, исполнение, модернизацию и передачу другим лицам

При создании свободного программного обеспечения его авторы заранее устанавливают и регистрируют права, которые могут быть в дальнейшем использованы конечными пользователями на основании полученной свободной лицензии. Среди таких прав принято выделять четыре типа свободы.

Нулевая свобода характеризуется допустимостью беспрепятственно использовать продукты, относящиеся к СПО, без необходимости указания конечной цели.

Следующая свобода обеспечивает пользователя правом свободно анализировать программный код, а также изменять его под необходимые нужды.

Вторая свобода позволяет пользователям беспрепятственно передавать создаваемые копии заинтересованным в них людям.

Завершающая свобода, третья, разрешает развивать и совершенствовать имеющуюся версию свободного программного обеспечения, с целью её дальнейшей публикации для обеспечения развития продукта и помощи заинтересованного в этом сообщества [1].

Рассмотрев существующие свободы, необходимо внести отдельное пояснение. Так, для обеспечения реализации третьей свободы необходимо постоянное предоставление используемого в программе кода, а также права осуществлять его изменения с целью улучшения и минимизации существующих недостатков. Именно благодаря данному критерию и устанавливается чёткое различие между бесплатным программным обеспечением, исходный код которого может быть недоступен пользователю, и свободным программным обеспечением.

Важно также отметить, что, хотя продукты, относящиеся к СПО, и имеют открытый исходный код программы, который может быть впоследствии использован различными пользователями под различные нужды, они не устанавливают правила, ограничивающие финансо-

вую выгоду, полученную в результате распространения подобных программ. То-есть, изменённая версия свободного программного обеспечения может передаваться как на бесплатной, так и на платной основе.

## Государственная политика в области применения СПО

Особую заинтересованность в развитии СПО выражает государство. Помимо рассмотренных ранее преимуществ, использование СПО учитывает национальные интересы. Так, использование продуктов, относящихся к СПО, обеспечивает возможность реализации ряда важных для государства задач.

Во-первых, благодаря использованию свободного программного обеспечения, осуществляется политика импортозамещения как программных продуктов, так и сложных технических устройств, относящихся к компонентам крупных компьютерных систем.

Во-вторых — производится повышение информационно-технологической независимости, вызванной отказом от сотрудничества с компаниями, имеющими ключевую вес на рынке и, как правило, производящими проприетарное программное обеспечение.

В-третьих, в результате проведения подобной политики, выполняется рост заинтересованности отечественных предприятий, в развитии технических отраслей, неразрывно связанных с функционированием электронно-вычислительных машин. Также, как следствие, появляется значительный прирост отечественных компаний, осуществляющих деятельность в сфере информационных технологий и, выполняющих свои работы для государственных организаций и муниципальных учреждений.

В заключении — осуществляется общая информатизация населения внутри страны. Повышение компьютерной грамотности позволяет, в значительной степени, снизить количество прецедентов, относящихся к вопросам правовой защиты компьютерных программ для вычислительных систем.

Первые попытки законодательного решения вопросов применения свободного программного обеспечения были предприняты ещё в 2010-м году. Тогда, согласно распоряжению Правительства Российской Федерации № 2299-р, был впервые создан и одобрен документ, именуемый в дальнейшем Планом, в котором оговаривалась необходимость осуществления перевода некоторых государственных органов и бюджетных организаций на применение программных продуктов, созданных на базе свободного программного обеспечения

Таблица 1. Использование операционных систем на ПК в мире

Год	ОС		
	Windows	Mac OS X	Linux
2010	95.42%	3.68%	0.64%
2021	75.56%	16.5%	1.97%

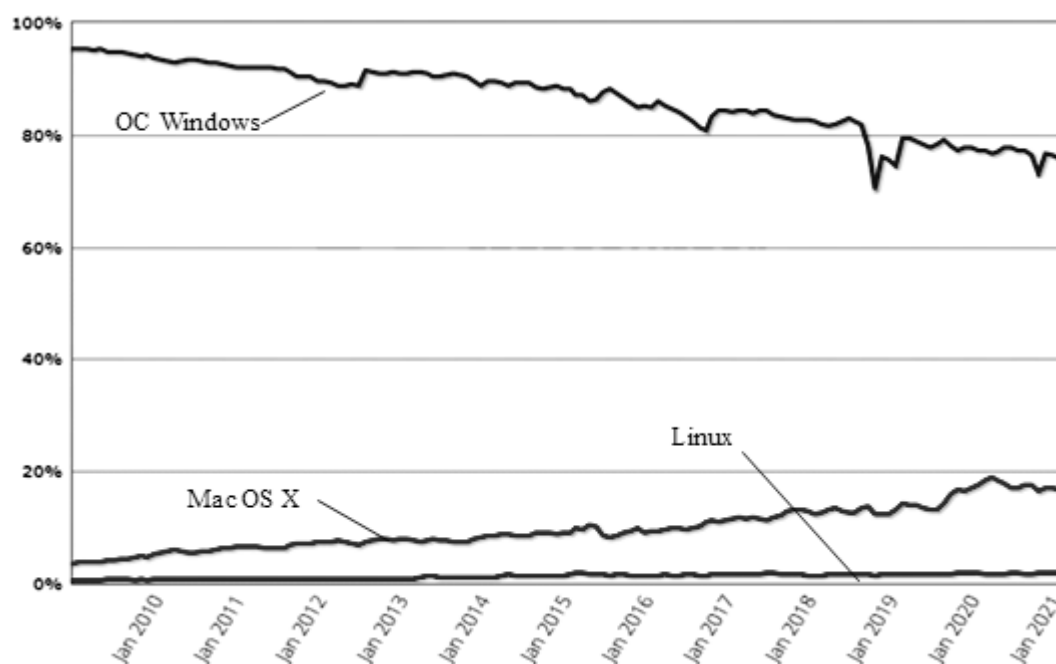


Рис. 1. Статистика использования операционных систем на ПК в мире

[3]. За выполнение данного Плана отвечало Министерство связи и массовых коммуникаций РФ (Минкомсвязи). Спустя некоторое время стало понятно, что у данного уполномоченного органа не получилось осуществить необходимые действия для развития применения свободного программного обеспечения в указанных ранее организациях и учреждениях в достаточном объеме.

Впоследствии, ответственный исполнитель, прокомментировал неудачу реализации Плана тем, что в настоящее время политика применения свободного программного обеспечения не была в полной мере реализована ни в одной стране мира. В свою очередь, существующие наработки по созданию программных продуктов для государственного применения не смогли удовлетворить ожидания технических специалистов. Немного позже, 19 августа 2015-го года, Минкомсвязью был разработан и утверждён перечень рекомендаций по применению

программных продуктов, выполненных на базе свободного программного обеспечения, для выполненных требуемых задач в органах государственной власти [4].

При этом важно отметить, что несмотря на противоречивые итоги ранее проводимых мероприятий, государство продолжает выражать интерес в развитии свободного программного обеспечения. Следствием этого стал вышедший 20-го сентября 2018-го года приказ Минкомсвязи «Об утверждении методических рекомендаций по переходу государственных компаний на преимущественное использование отечественного программного обеспечения, в том числе отечественного офисного программного обеспечения» [4]. Упоминание отечественного программного обеспечения в названии рассматриваемого документа было допущено не просто так. Отечественным программным обеспечением является программное обеспечение, которое удов-

Таблица 2. Использование операционных систем на ПК в России

Год	ОС		
	Windows	Mac OS X	Linux
2010	98.95%	0.02%	0.03%
2021	78.85%	11.63%	6.57%

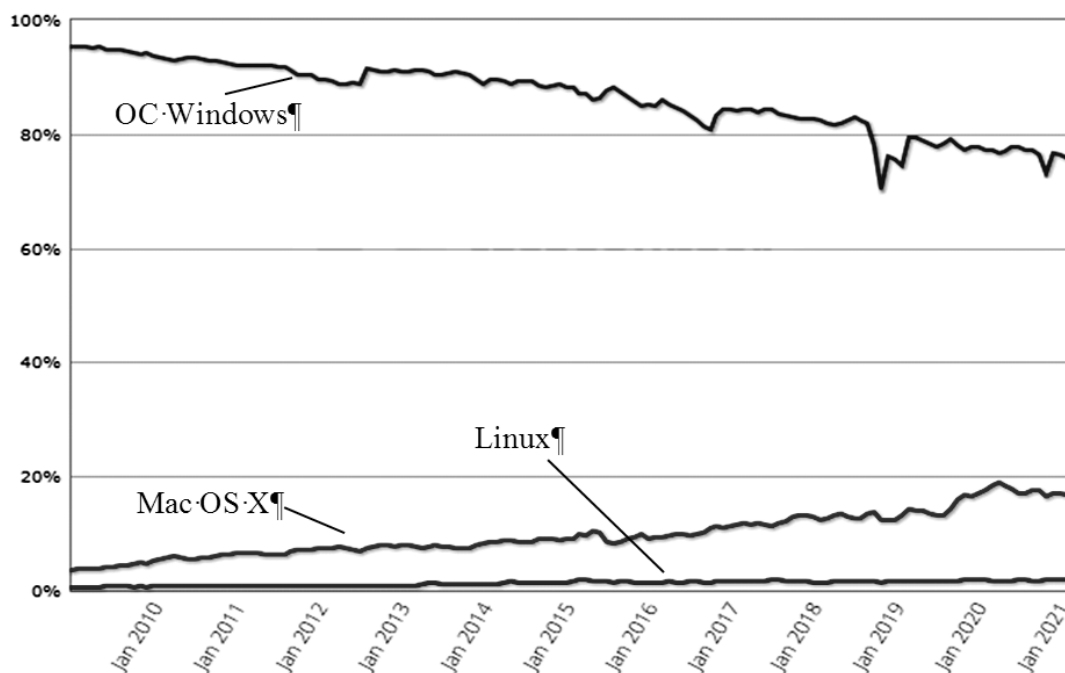


Рис. 2. Статистика использования операционных систем на ПК в России

летворяет всем требованиям, установленным Минкомсвязи, и, которое, включено в реестр отечественного программного обеспечения. Примечательным является тот факт, что, согласно данному документу, отечественное программное обеспечение может быть реализовано на основе существующих свободных программных обеспечений. Таким образом, дальнейшая политика государства по осуществлению импортозамещения проприетарных программных средств была изменена. Вместо применения свободного программного обеспечения, которое могло не соответствовать существующим требованиям государственных органов и производиться иностранным государством, стал использоваться термин отечественного программного обеспечения. Многие эксперты считают данное решение крайне удачным, так как лицо, продукт которого получил статус отечественного программного обеспечения, должно впоследствии нести ответственность за корректную работу и развитие своего программного решения.

### Статистика использования ОС

Далее будет приведена статистика использования основных операционных систем на персональных компьютерах в мире за последние 10 лет (табл. 1). На рис. 1 представлено ежегодное отображение долей (во мире), используемых на персональных компьютерах основных операционных систем.

Как видно из рис. 1, ОС Windows имеет доминирующее положение в мире на рынке операционных систем для персональных компьютеров, а потому является примером проприетарного программного обеспечения. Mac OS X постепенно набирает всё больше приверженцев в мире, но стоит отметить, что по большей части на мировую статистику повлияли страны западной Европы и Северной Америки. Например, в США доля Mac OS X на рынке составляет более 35%. ОС семейства Linux



Таблица 3. Использование операционных систем на ПК в России за 2020 год

Год	ОС		
	Windows	Mac OS X	Linux
Май 2020	85.94%	12.92%	1.62%
Декабрь 2020	77.82%	10.62%	7.14%

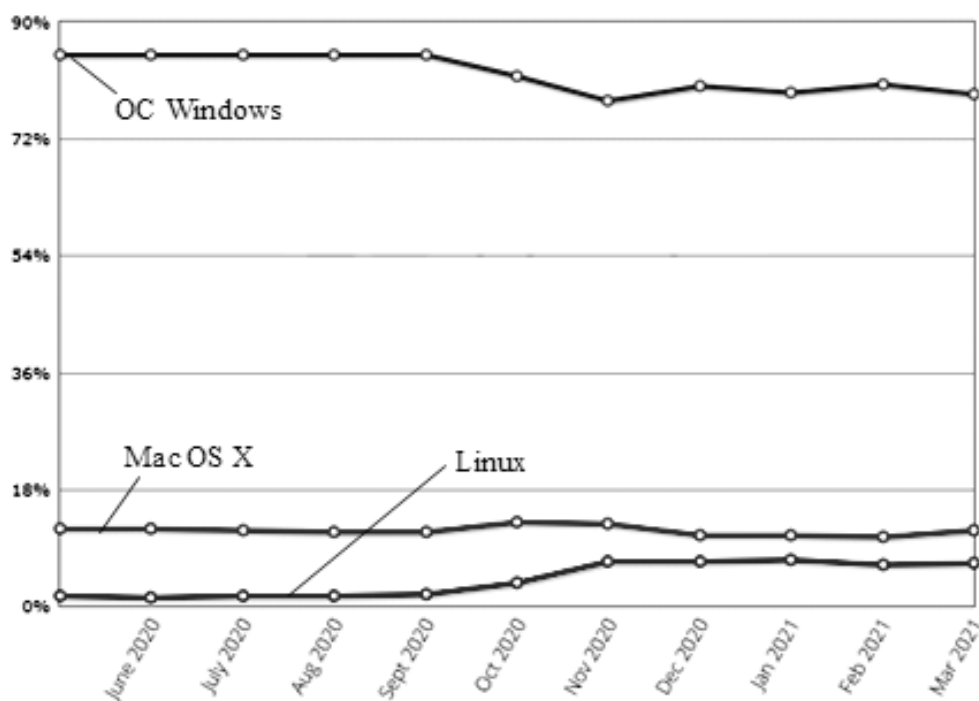


Рис. 3. Статистика использования операционных систем на ПК в России за последний год

занимают долю менее 2%. За 10 лет открытые операционные системы, которые можно отнести к СПО, набрали чуть больше одного процента.

В табл. 2 приведена статистика использования основных операционных систем на персональных компьютерах в России за последние 10 лет. На рис. 2 представлено ежегодное отображение долей (в России), используемых на персональных компьютерах основных операционных систем.

В России статистика использования операционных систем не сильно отличается от мировой. ОС Windows также занимает доминирующее положение, но за последние 10 лет она потеряла 20%, что является достаточно существенным показателем. В свою очередь, Mac OS X набрала 11% фактически с нулевой отметки. Доля опера-

ционных систем на ядре Linux также поднялась, с 0.03% до 6.57%. При этом можно отметить сильный подъем данной операционной системы в сентябре 2020 года. По мнению большинства аналитиков, причиной такого успеха ОС семейства Linux является отказ компании Microsoft от дальнейшей поддержки их крайне успешной ОС — Windows 7. Специалисты также отмечают, что использование СПО Linux позволяет пользователям осуществлять гораздо более гибкую настройку необходимых им дистрибутивов, что не позволяет делать актуальная на сегодняшний день ОС Windows 10. На рис. 3 указанный период показан более подробно.

На рис. 3 виден резкий подъем использования ОС Linux в России, и в тоже время достаточно сильное падение среди других систем. Так, использование Linux за 5 месяцев увеличилось с 1,62% до 7,14% (табл. 3).

На первый взгляд увеличение может казаться небольшим, но при изучении динамики использования СПО за последние 10 лет и за последние полгода, можно увидеть колоссальные изменения. Фактическая доля СПО увеличилась в 4,4 раза. Windows и Mac OS X наоборот потеряли 8,14% и 2,3% рынка соответственно.

Однако стоит отметить, что на положительную динамику использования СПО, на его долю приходится только 7,14%, что связано с отсутствием:

- ◆ сертификации, системы централизованного управления;
- ◆ обновления версий, отсутствием узкоспециализированного СПО (например, «1С» для бухгалтерии, редактора изображений «Photoshop» и других привычных программ);
- ◆ отсутствием квалифицированных специалистов по обслуживанию;
- ◆ отсутствием обученных пользователей;
- ◆ наличие большого количества разнородных стандартов, используемых в СПО, часто несовместимых друг с другом, что сильно затрудняет интеграцию используемого СПО.

При этом, существует очень небольшое число примеров действительно удачных массовых продуктов СПО. К таковым можно отнести:

- ◆ веб-сервер «Apache»;
- ◆ сервер «DNS Bind»;
- ◆ офисный пакет «OpenOffice».

Кроме того, свободное программное обеспечение не устанавливает каких-либо гарантий. Таким образом, пользователь, при использовании СПО, не может быть уверен в отсутствии программных ошибок в используемом продукте, в корректности произведённой установки, в отсутствии возможности потери значимой информации и в получении требуемой квалифицированной поддержки, при возникновении непредвиденных ситуаций.

В настоящее время нет информационных систем органов государственной и муниципальной власти, полностью функционирующих на СПО. В большинстве случаев реализованы пилотные проекты по внедрению отдельных продуктов СПО. Как правило, это обучение сотрудников и внедрение пакета «OpenOffice». И даже при внедрении одного этого пакета возникают вопросы возможности использования электронной цифровой подписи, документов со встро-

енными макросами, работы с унаследованными приложениями, ориентированными на работу с ОС «Windows».

Полный переход на СПО в органах власти, решающих свои функциональные задачи с помощью информационных технологий, не предусматривается, так как потребует перевода на СПО множества узкоспециализированных программных продуктов.

В этой связи при проведении тестирования систем электронного документооборота (далее — СЭД) в аппарате рассматривались, в том числе СЭД, использующие в качестве платформы СПО (СЭД «CompanyMedia»).

Однако проведенный комплексный анализ тестируемых СЭД не определил преимуществ использования СПО — применение его в качестве платформы не повлияет на расходы по внедрению СЭД, а возможно и увеличит их, так как для конфигурирования СПО потребуются привлечение высококвалифицированных специалистов.

По проведенному анализу СЭД, использующихся в деятельности органов государственной власти Российской Федерации, применение построенных полностью на СПО систем документооборота не выявлено (из-за отсутствия таковых, удовлетворяющих федеральным требованиям к СЭД).

## Заключение

Таким образом, программные решения, созданные на базе свободного программного обеспечения, способны не только снизить финансовые расходы организаций, решить проблемы, возникающие при работе с проприетарными программными средствами (включая вопросы о безопасности исходного кода), но и осуществить развитие национальных фирм в области информационных технологий. Однако, попытки использования СПО, вместо устоявшихся программных средств не приводят к желаемым результатам. Прежде всего, это связано с большим числом имеющихся у свободного программного обеспечения недостатков и весьма ограниченным количеством специалистов, работающих в сфере создания и поддержания СПО.

Таким образом, в настоящее время и в обозримом будущем внедрение СПО с полной заменой существующего лицензионного программного обеспечения не представляется возможным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Свободное программное обеспечение. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Свободное\\_программное\\_обеспечение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Свободное_программное_обеспечение) (дата обращения: 12.02.2022).
2. Свободное программное обеспечение в госорганах. URL: <http://bda-expert.com/2015/01/svobodnoe-programmnoe-obespechenie-v-gosorganah/> (дата обращения 12.05.2022).

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.12.2010 № 2299-р. URL: <https://digital.gov.ru/common/upload/2299p.pdf> (дата обращения: 15.04.2022).
4. Об утверждении Методических рекомендаций по использованию свободного программного обеспечения в деятельности федеральных органов исполнительной власти, включая критерии определения государственных информационных систем, при создании которых необходимо использовать свободное программное обеспечение, в том числе государственных информационных систем, предназначенных для оказания государственных и муниципальных услуг в электронном виде. Приказ Минкомсвязи России от 19.08.2015 № 305. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/4805/> (дата обращения: 15.04.2022).
5. Об утверждении методических рекомендаций по переходу государственных компаний на преимущественно использование отечественного программного обеспечения, в том числе отечественного офисного программного обеспечения. Приказ Минкомсвязи России от 20.09.2018 № 486. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6294> (дата обращения: 15.04.2022).

© Коданев Владимир Леонидович ( kod\_v@mail.ru ),

Иванов Александр Григорьевич ( alexandr.link.ivanov@gmail.com ), Михайлов Александр Игоревич ( amih813@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ: МОДЕЛЬ БИБЛИОТЕКАРЯ

## SOFTWARE ARCHITECTURE DESIGN MODEL: THE LIBRARIAN MODEL

*A. Kondybayeva*

*Summary.* The paper describes the new information system architecture model named The Librarian Model. The model is developed for the automated information systems. The article describes an architecture design model for process automation and the organization of automation design architecture, a model called the Librarian model for designing an automated system architecture.

Development of an architecture design model for automated information systems, taking into account the load in the form of an incoming stream of service requests, in particular, for writing to the database. Investigate the model of approximation of the exponential distribution law of events of signal arrival to the Poisson stationary process of event flows.

*Methods:* methods of mathematical and static modeling were used to study the behavior of the occurrence of events, according to the exponential distribution law, and a model was developed for the transition to the Poisson event service time flow. A model of the architecture for processing multiple requests based on synchronization based on the messages of incoming requests for writing to the database has been developed.

*Results:* the criterion of waiting time for servicing requests was studied, by which the degree of approximation of the flow of events to the Poisson flow was estimated, the use of which can help to adequately evaluate the planning of system resources and the design of the model of the required architecture. Based on the studied behavior of the occurrence of events in automated information systems, the Librarian's model is proposed, which takes into account and adequately distributes the dynamic load in the form of a Poisson flow of events.

*Conclusions:* further research in this direction may be related to the practical use of the criterion for evaluating the properties of event flows and the estimation of errors, which are caused by replacing non-Poisson flows with Poisson ones when modeling systems, as well as using adequate architectures for automated information systems when designing, taking into account the evaluation of computational time to service many user requests, as well as team exchange with third-party platforms.

*Keywords:* architecture, information systems, automatization systems, recommendation system, recommendations, collaborative filtering, element-based, information system types-based, content-based filtering, knowledge-based filtering, hybrid recommender systems.

**Кондыбаева Алмагуль Бауржановна**

Аспирант, Национальный исследовательский технологический университет (НИТУ) МИСИС  
*alma.kond@gmail.com*

*Аннотация.* В статье описана модель проектирования архитектуры для автоматизации технологических процессов и формирования архитектуры проектирования автоматизированных информационных систем, модель под названием модель Библиотекаря.

Описывается разработка модели проектирования архитектуры для автоматизированных информационных систем с учетом нагрузки в виде поступающего потока запросов на обслуживание, в частности на запись в базу данных. Исследуется модель приближения экспоненциального закона распределения событий поступления сигналов к пуассоновскому стационарному процессу потоков событий.

*Методы:* использованы методы математического и статического моделирования для исследования поведения наступления событий, согласно экспоненциальному закону распределения, а также разработана модель перехода к пуассоновскому потоку времени обслуживания событий. Разработана модель архитектуры обработки множественных запросов на основе синхронизации на основе сообщений поступающих запросов для записи транзакций в базу данных.

*Результаты:* исследован критерий времени ожидания обслуживания запросов, по которому оценена степень приближения потока событий к пуассоновскому потоку, использование которого может помочь адекватно оценить планирование ресурсов системы и проектирование модели требуемой архитектуры. На основе исследованного поведения наступления событий в автоматизированных информационных системах предложена модель Библиотекаря, которая учитывает и адекватно распределяет динамическую нагрузку в виде пуассоновского потока событий.

*Выводы:* дальнейшие исследования в этом направлении могут быть связаны с практическим использованием критерия для оценки свойств потоков событий и оценкой ошибок, к которым приводит замена пуассоновских потоков пуассоновскими при моделировании систем, а также с использованием при проектировании адекватных архитектур для автоматизированных информационных систем с учетом оценки вычислительного времени на обслуживание множества пользовательских запросов, а также командного обмена со сторонними платформами.

*Ключевые слова:* пуассоновский поток, стационарность, обслуживание запросов, модели проектирования автоматизированных информационных систем, методология проектирования, модель Библиотекаря.

## Введение

**П**роектирование архитектуры автоматизированной системы является наиболее абстрактным и наиболее идеализированным представлением системы, которое должно обеспечивать выполнение следующих свойств:

1. элементы архитектуры должны быть слабо связаны таким образом, чтобы разложив на декомпозицию элементов, поток информации, проходящий по контурам был минимальным и не замыкался;
2. должно соблюдаться свойство тестируемости, т.е. при проверке работы функций системы должен быть установлен факт правильной работы;
3. должна соблюдаться возможность идентификации неисправных частей системы путем диагностики;
4. должно соблюдаться свойства восстановления системы в кратчайшие сроки с экономически обоснованной стоимостью ремонта;
5. должно соблюдаться свойство надежности;
6. система должна быть проста в обслуживании и проста в эксплуатации, не требовать высокой квалификации и повышения квалификации обслуживающего персонала;
7. система и ее составляющие элементы должны быть безопасны в эксплуатации, должны соблюдать требования охраны труда и техники безопасности;
8. система должна быть обеспечена защитой от вандализма и неавторизованных пользователей;
9. система должна проектироваться с учетом экономической эффективности в операционном процессе;
10. система должна иметь возможность реконфигурации, перенастройки для работы с другими технологическими процессами;
11. система должна иметь возможность функциональной расширяемости, т.е. в модель архитектуры должны уметь внедряться дополнительные функциональные возможности системы;
12. система должна быть готова к устойчивому масштабированию системы, таким образом, чтобы увеличение размера объекта автоматизации не требовало высоких затрат и не сводила к неустойчивому состоянию базовую модель системы;
13. система должна быть открытой, таким образом, чтобы можно было заменить один модуль системы на аналогичный модуль другого производителя, а интеграция модулей происходила без чрезмерных конфликтов и проблем;
14. система должна стремиться к максимально продолжительному жизненному циклу без значительного устаревания, который должен обновлять аппаратные и программные компоненты;

15. система должна устанавливаться и вводиться в эксплуатацию за минимальное время [1].

Архитектура программного обеспечения автоматизированной информационной системы представляет собой взаимосвязанную систему компонентов и модулей, которые стремятся обеспечить решение некоторой поставленной задачи автоматизации. Архитектура состоит из множества технических решений, которые можно комбинировать некоторым способом, архитектура допускает множество технических реализаций путем выбора различных компонентов архитектуры и методов взаимодействия между ними. В данной работе представлена модель архитектуры т.е. модель Библиотекаря для проектирования высоконагруженных автоматизированных информационных систем, с выполнением необходимых свойств, описанных выше.

Перечислим типовой перечень сервисов и служб, необходимых для проектирования автоматизированной информационной системы:

1. организация хранилища данных;
2. организация обработки данных;
3. формирование деловых функций объекта автоматизации;
4. создание пользовательского интерфейса;
5. разработка каналов обмена и передачи информации для интеграции со сторонними сервисами или ресурсами.

В качестве событий могут рассматриваться поступление заявок на обслуживание [2, 3], завершение интерпретации программы [4, 5], поток транзакций при дистанционном управлении [6, 7] и т.п.

## Постановка задачи

Пусть архитектура программного обеспечения высоконагруженной автоматизированной информационной системы является некоторой абстракцией модели сопряжения датчиков, устройств ввода-вывода, измерительных преобразователей, программируемых логических контроллеров, компьютеров, интерфейсов, протоколов, промышленных сетей, исполнительных устройств, драйверов, каналов передачи информации.

Тогда, поток входящих заявок на обслуживание образуют, так называемый, случайный поток заявок. Обслуживание заявок происходит также за некоторое случайное время, интервал между событиями является случайной величиной. В качестве показателей используются: среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; среднее число заявок в очереди; среднее время ожидания обслуживания; вероятность отказа в обслуживании без ожидания; вероятность превышения

числа заявок определенного значения. Таким образом, поведение потока будет описываться стационарным пуассоновским потоком с отсутствием последствия. Следует найти решение о степени приближения плотности распределения времени между событиями поступления и обработки заявок к плотности распределения интервалов в простейшем потоке и составить модель архитектуры для обслуживания систем с учетом стационарной случайной нагрузки на ресурсы автоматизированной информационной системы.

Методология

Рассмотрим параметрический критерий, основанный на следующем свойстве экспоненциального распределения плотности (1):

$$f(t) = \frac{1}{T} e^{(-\frac{t}{T})}, T = \sqrt{D} \tag{1}$$

где  $T$  — математическое ожидание экспоненциального закона;

$D$  — дисперсия, определяемая по зависимости (2):

$$D = \int_0^{\infty} \frac{(1-T)^2}{T} e^{(-\frac{t}{T})} \tag{2}$$

Рассмотрим случай, когда на систему действует два источника нагрузки: пользовательская нагрузка, состоящая из поступающего на обслуживание через веб-сервер множество запросов и запросов командной нагрузки от сторонних платформ, поступающих через интеграционные шлюзы. Запросы проходят через доменные имена и распределяются в балансировщиках нагрузки, которые направляют входящие запросы на один из множества серверов приложения, которые обычно являются зеркальными копиями друг друга, и отправляют ответ обратно пользователю. Любой сервер обрабатывает запросы одинаково, так что балансировщик занимается распределением заданий, чтобы никакой из них не был перегружен.

Таким образом, в момент старта работы приложений, запросы между пользователями могут соревноваться за ресурсы информационной системы. Для описания этого процесса воспользуемся двух-параллельным марковским процессом (3):

$$M = [A, h(t)] \tag{3}$$

где  $A = \{a_{w1}, a_{w2}, a_{g1}, a_{g2}\}$  — множество состояний,  $a_{w1}, a_{g1}$  — стартовые состояния,  $a_{w2}, a_{g2}$  — поглощающие состояния,  $h(t)$  — полумарковская матрица;

Для определения времени ожидания процесса воспользуемся описанием вида (4):

$$M' = A', h'(t) \tag{4}$$

где  $A' = A \cup B$  — множество состояний;

$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$  — подмножество состояний, моделирующее начало и окончания блужданий по полумарковскому процессу;

$\alpha_1$  — стартовое состояние;

$\alpha_2$  — поглощающее состояние, моделирующее выигрыш второго субъекта;

$\alpha_3$  — поглощающее состояние, моделирующее окончание ожидания первым субъектом окончания второго;

$B = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\}$  — бесконечное множество состояний, задающих временные интервалы ситуаций завершения обслуживания вторым;

$h'(t) = \{h'_{m,n}(t)\}$  — полумарковская матрица, задающая временные интервалы процесса.

Пусть плотность распределения времени наблюдения определяется законом вырожденного распределения с некоторым математическим ожиданием  $T$  и  $\omega(t) = \delta(t - T)$ , соответствующий детерминированному процессу. Таким образом, плотность распределения времени ожидания завершения события  $g(t)$ , определяется согласно зависимости (5):

$$f_{\delta \rightarrow g}(t) = \frac{\eta(t)g(t+T)}{\int_T^{\infty} g(t)dt} \tag{5}$$

Математическое ожидание имеет вид (6):

$$T_{\delta \rightarrow g} = \int_0^{\infty} t \frac{g(t+T)}{\int_T^{\infty} g(t)dt} dt \tag{6}$$

Критерий, основанный на определении времени ожидания для строго детерминированной связи между событиями, выражаемой  $\delta$  — функции Дирака  $g(t) = \delta(t - T)$ , имеет вид (7):

$$\varepsilon_{\omega} = \left( \frac{T - T_{\delta \rightarrow g}}{T} \right)^2 \tag{7}$$

где  $T$  — математическое ожидание анализируемой плотности распределения времени между соседними событиями;

$T_{\delta \rightarrow g}$  — математическое ожидание плотности распределения  $T_{\delta \rightarrow g}(t)$ , рассчитываемое по зависимости (5).

Математическое ожидание распределения сигнала определяется по следующей зависимости (8):

$$T_k = \int_0^1 tK(1 - t)^{K-1} dt = \frac{1}{K+1} [\text{время}] \tag{8}$$



Рис. 1. Модель синхронизации запросов на основе сообщений с динамическим распределением запросов

Экспоненциальный закон, определяющий Пуассоновский поток событий (9):

$$f_K(t) = (K + 1)e^{-(K+1)t} \left[ \frac{prob}{time} \right] \quad (9)$$

Таким образом, с увеличением событий  $K$  закон распределения приближается к экспоненциальному, что соответствует теории Б. Григелиониса [8], и подтверждается введенным критерием, основанным на функции ожидания.

$K$  — параллельный процесс запускается из всех состояний подмножества  $a_{11}, a_{12} \dots a_{k1} \dots a_{K1}$  одновременно. Событие генерируется, когда один из ординарных процессов, например  $k$ -й, достигает своего поглощающего состояния,  $a_{k1}, 1 \leq k \leq K$ . В соответствии с теоремой Б. Григелиониса, при  $K \rightarrow \infty$  поток событий, генерируемых параллельно независимыми генераторами, стремится к пуассоновскому [8].

Плотность распределения интервала времени между началом процесса и достижением хотя бы одним процессом поглощающего состояния, для данного конкретного случая, определяется зависимостью (10–11):

$$g_K(t) = \frac{d \{1 - [1 - V(t)]^K\}}{dt} \quad (10)$$

где

$$V(t) = \int_0^t \vartheta(\tau) d\tau = \{2t, 0 \leq t \leq 1 \parallel 0\} \quad (11)$$

Таким образом, исходя из выведенных формул распределения нагрузки событий, описывающих поведе-

ние сигналов, для проектирования автоматизированной информационной системы для обеспечения доступа к ресурсам при множественном доступе от множества запросов на ресурсы предлагается следующая архитектура: модель, предусматривающая динамическое распределение нагрузки при запросе к ресурсам, где при запросе на запись в базу данных будет предусмотрена синхронизация запросов на основе сообщений, изображенная на рисунке 1.

На Рисунке 1 представлена модель синхронизации запросов на основе сообщений к вызываемым ресурсам, при этом перед синхронизацией происходит этап динамического распределения запросов, который может быть выполнен различными путями: на основе использования очередей, стеков или других динамических структур данных.

## Результаты

Разработана модель архитектуры с учетом критериев проектирования, отвечающая критериям случайного стационарного процесса в виде нагрузки на ресурсы автоматизированной информационной системы. Модель изображена на рисунке 2.

Таким образом, предложенная модель, представляющая модель обработки входящего информационного потока с интенсивностью в виде описанной выше, является более адекватной, так как учитывает стационарное поведение информационных потоков. Это особенно актуально в случае, когда подобные потоки циркулируют в составе систем управления реального времени и по-

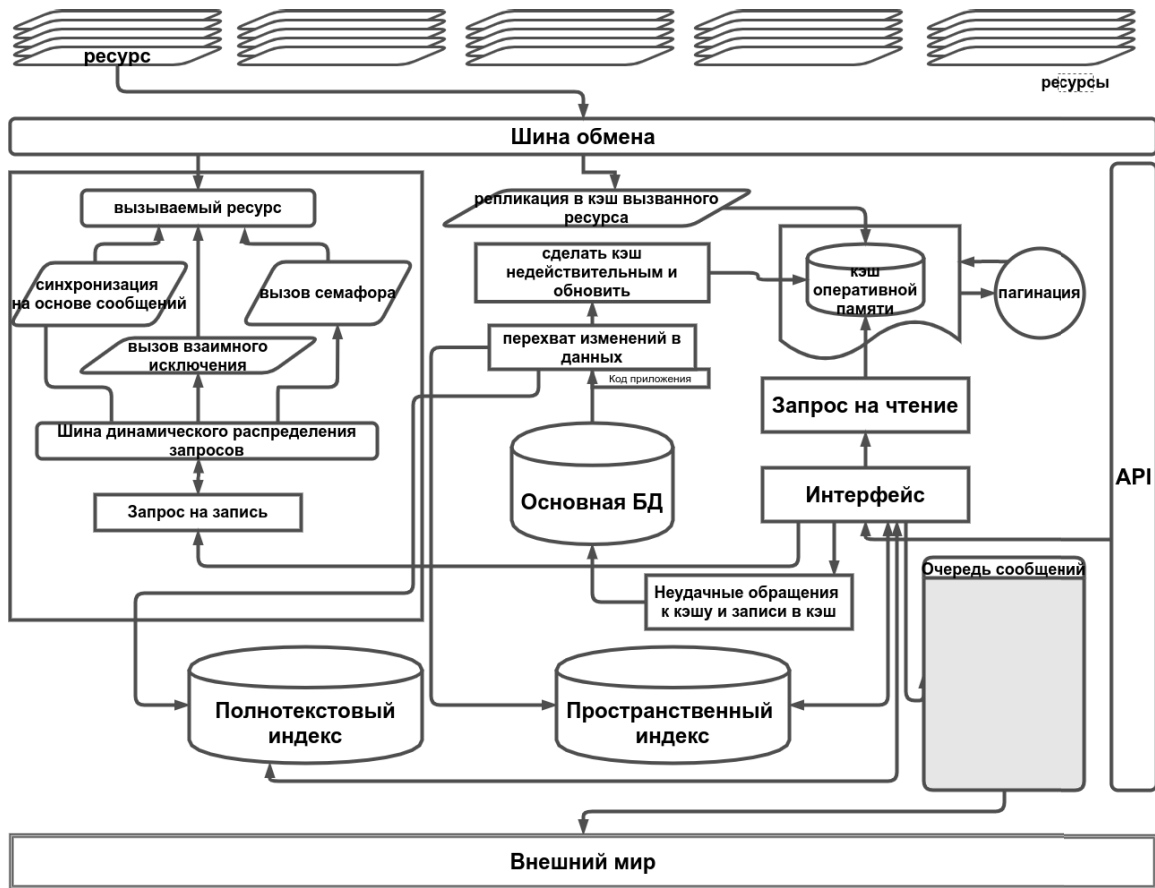


Рис. 2. Модель Библиотекаря

грешности в оценке времени обслуживания информационных потоков ведут к существенным ошибкам в определении эффективности функционирования всей системы, как, например, для случая, рассмотренного в работе [9]. Более того, на основании этих критериев можно более адекватно спроектировать архитектуру обработки, что было сделано в предложенной модели Библиотекаря для обработки запросов на запись к ресурсам.

### Обсуждение

Представленная модель архитектур может быть внедрена во все типы систем, т.к. она представляет собой универсальный шаблон проектирования для решаемых задач проектирования взаимосвязи объектов в некоторой предметной области.

### Выводы

При использовании потока событий с некоторой интенсивностью, закономерно возрастает максимально необходимое число попыток передач пакета для записи в базу данных. Для модели стационарного пуассоновского потока с ростом количества пользователей, участвующих в информационном обмене, также возрастает число попыток передач пакета с данными. Проведенный анализ показывает, что рост математического ожидания распределения сигналов пропорционален росту дисперсионной характеристики пропорционально количеству пользователей или командных терминалов для обмена данными. При этом снижается минимальная вероятность передачи пакета с первой попытки, что ведет к увеличению пакетов, требующих повторной передачи, и, соответственно, росту загруженности системы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Клик Ж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.
2. Сундарапандиан В. Вероятность, статистика и теория массового обслуживания. — Нью-Дели. 2009.
3. Гросс Д., Харрис К.М. Основы теории очередей. Изд. Джон Вилей и сыновья, 1974.



4. Ларкин Е.В., Ивутин А.Н. Диспетчеризация во встроенных системах // 2016 5-я Средиземноморская конференция по встроенным вычислительным системам (MECO). — 12–16 июня 2016 года, Бар, Черногория — IEEE, 2016. — Стр. 215–217.
5. Ларкин Е., Ивутин А.Н., Есиков Д.Д. Рекурсивный подход для оценки временных интервалов между транзакциями в процедуре опроса // 8-я Международная конференция по компьютерной и автоматизации (ICCAE2016). — 3–4 марта 2016 года — Мельбурн, Австралия — Сеть конференций МАТЕС, 56 (2016) 01004
6. Ларкин Е.В., Ивутин А.Н., Котов В.В., Привалов А.Н. Интерактивный генератор команд // 7-я Международная конференция ICSI-2016. Бали, Индонезия, 25–30 июня. Труды. Часть 2. Лекционные заметки в области компьютерных наук. LNCS Sublibrary: SL1 -Теоретическая информатика и общие вопросы Springer, 2016. С. 601–609.
7. Ларкин Е.В., Привалов А.Н. Моделирование режимов диалога управления дистанционными роботами // Труды 5-го Международного семинара по математическим моделям и их приложениям Красноярск, Россия, 7–9 ноября 2016 г. — С. 92–103.
8. Григелионис Б. О сходимости сумм случайных ступенчатых процессов к пуассоновскому процессу. Теория вероятности, С. 177–182., 1963.
9. Макаренко С.И. Адаптивное управление скоростями логических соединений в канале радиосвязи Информационные системы множественного доступа // Информационно-управляющие системы. 2008. No 6. С. 54–58.

© Кондыбаева Алмагуль Бауржановна ( alma.kond@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИСИС

# ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОГРАММ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

## ELEMENTS OF SYSTEM ANALYSIS OF PROGRAMS USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

**S. Kulik  
A. Shtanko**

*Summary.* This article deals with the analysis of programs in the description of which convolutional neural networks are mentioned. Only programs protected by titles of protection of the Russian Federation were analyzed. The search was carried out among more than 140 thousand documents. A total of 227 programs and one database were found and reviewed. The areas of application of the found programs were identified. Particular attention in the search and analysis was paid to recognition for forensics (security elements of documents) and for medicine (psoriasis and PUVA therapy). The results obtained can be used by developers of neural network algorithms for automated factographic information systems.

*Keywords:* system analysis, computer program, convolutional neural networks, intellectual property item.

**Кулик Сергей Дмитриевич**

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

**Штанько Александр Николаевич**

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

*Аннотация.* Статья посвящена анализу программ, в описании которых упоминаются сверточные нейронные сети. Анализировались только программы защищенные охранными документами Российской Федерации. Поиск осуществлялся среди более 140 тысяч документов. Всего было найдено и рассмотрено 227 программ и одна база данных. Были выявлены области применения найденных программ. Особое внимание при поиске и анализе было уделено распознаванию для криминалистики (защитных элементов документов) и для медицины (псориаза и ПУВА-терапии). Полученные результаты могут быть использованы разработчиками нейросетевых алгоритмов для автоматизированных фактографических информационных систем.

*Ключевые слова:* системный анализ, программа, сверточные нейронные сети, объект интеллектуальной собственности.

## Введение

**Н**ейронные сети (НС) являются одним из инструментов машинного обучения для решения различных задач на практике. Одним из типов НС являются сверточные нейронные сети (СНС), хорошо приспособленные для распознавания изображений. Системный анализ (СА) [1] существующих разработок и методов, включая зарегистрированные программы, является необходимым этапом при планировании разработок и исследований. Выявление и последующий анализ зарегистрированных в Российской Федерации (РФ) программ для ЭВМ в области СНС является целью данной работы. Проанализированы именно программы для ЭВМ, зарегистрированные Федеральной службой по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). Доступ к описанию этих программ предоставляется интернет-сайтом Федерального института промышленной собственности (ФИПС) с помощью специальной поисковой системы. Важными элементами СА являются показатели. На практике эффективность нейросетевых решение оценивают с помощью специальных показателей таких как [2]: *TP* (true positive), *FN* (false negative), *FP* (false positive), *TN* (true negative), Accuracy (точность,

правильность), Precision (точность), Recall (полнота, чувствительность),  $F_1$ -мера. Эффективность СНС [3, 4, 5] также оценивают по этим показателям.

Сведения, предоставляемые ФИПС, по конкретной программе включают следующие поля: номер свидетельства, дата регистрации, номер и дата поступления заявки, дата публикации, авторы, правообладатель, название, реферат. В реферате — краткое описание программы, что усложняет их анализ. В нем указываются языки программирования, объем программы, а также тип ЭВМ и поддерживаемые операционные системы, однако часто данная информация не приводится.

## Анализ зарегистрированных программ для ЭВМ

Был успешно проведен поиск программ для ЭВМ, упоминающих в своем описании НС в общем и СНС в частности. Поиск проводился среди более **140 тысяч** документов в информационной системе (ИС) ФИПС. Для поиска программ с использованием НС использовался следующий поисковый запрос: «нейрон\* AND сет\*», а для СНС — «(свёрточн\* OR сверточн\*) AND нейронн\*

Таблица 1. Количество программ и баз данных на 26.01.2022

Тип объекта интеллектуальной собственности	Количество	
	Нейронные сети	Сверточные нейронные сети
Программа для ЭВМ	2007	227
База данных	76	1

Таблица 2. Программы, связанные со СНС

№	Номер	№	Номер	№	Номер	№	Номер
1	2022610568	58	2020616387	115	2015614849	172	2020614576
2	2022610554	59	2020612466	116	2015618275	173	2020614263
3	2022610549	60	2020612189	117	2016616828	174	2020613958
4	2021681715	61	2019661677	118	2022610359	175	2020612889
5	2021681451	62	2020610552	119	2022610217	176	2020611604
6	2021680472	63	2020610009	120	2021681660	177	2020610994
7	2021680592	64	2019667576	121	2021681519	178	2020610551
8	2021680315	65	2019667533	122	2021681483	179	2020610473
9	2021680342	66	2019665048	123	2020660007	180	2019666634
10	2021680401	67	2019664410	124	2021680358	181	2019666660
11	2021680151	68	2019664036	125	2021668412	182	2019665323
12	2019616459	69	2019662905	126	2021667540	183	2019663902
13	2021668752	70	2019662698	127	2021667259	184	2019662568
14	2021667818	71	2019661942	128	2021667263	185	2019660566
15	2021667846	72	2019661827	129	2021665264	186	2019660145
16	2021667850	73	2019660337	130	2021665394	187	2019618953
17	2021666662	74	2019660102	131	2021664592	188	2019618491
18	2019663996	75	2019619922	132	2021663515	189	2019617218
19	2021666230	76	2019619346	133	2021663036	190	2019616956
20	2021665801	77	2019616700	134	2021661539	191	2019616452
21	2021665643	78	2019615952	135	2021661786	192	2019616192
22	2021665048	79	2019613553	136	2021661124	193	2019616219
23	2021664744	80	2019612887	137	2021660783	194	2019614889
24	2021662500	81	2019612938	138	2021660524	195	2019611919
25	2021661659	82	2019612578	139	2021660465	196	2019611811
26	2021660627	83	2019611762	140	2021619846	197	2019610888
27	2021619356	84	2019610486	141	2021619090	198	2019610179
28	2021618922	85	2019610134	142	2021618203	199	2018666854
29	2021618082	86	2018665453	143	2021618086	200	2018666681
30	2021617195	87	2018665528	144	2021617651	201	2018665529
31	2021615482	88	2018664696	145	2021616571	202	2018665579
32	2021615040	89	2018664368	146	2021614448	203	2018663222
33	2021614038	90	2018664334	147	2021614926	204	2018663246
34	2021612968	91	2018661938	148	2021614785	205	2018660781
35	2021612984	92	2018661463	149	2021614648	206	2018619758
36	2021612235	93	2018661224	150	2021614604	207	2018618493
37	2021611643	94	2018660316	151	2021612374	208	2018618494
38	2021611034	95	2018660036	152	2021611858	209	2018616210
39	2021610887	96	2018660163	153	2021610283	210	2018613987
40	2021610516	97	2018619708	154	2021610244	211	2018611048
41	2021610015	98	2018619522	155	2019616808	212	2017661038
42	2020666215	99	2018616349	156	2020667916	213	2017661200
43	2020664826	100	2018615226	157	2021610010	214	2017662701

Таблица 2 (продолжение). Программы, связанные со СНС

№	Номер	№	Номер	№	Номер	№	Номер
44	2019664069	101	2018614941	158	2020666925	215	2017617504
45	2020665505	102	2018613677	159	2020666742	216	2014611688
46	2020665598	103	2018610713	160	2020666808	217	2014617810
47	2020663718	104	2017661676	161	2020666860	218	2015614739
48	2020663719	105	2017663153	162	2020666312	219	2015614813
49	2020619925	106	2017663154	163	2020665857	220	2015614834
50	2020619910	107	2016619379	164	2020661690	221	2015614847
51	2020619510	108	2017615663	165	2020661508	222	2015616115
52	2020619396	109	2017614568	166	2020660568	223	2015660998
53	2020618844	110	2013614056	167	2020660186	224	2016613871
54	2020618434	111	2015611772	168	2020618931	225	2016615226
55	2020617585	112	2015614432	169	2020616652	226	2016619869
56	2020617603	113	2015614840	170	2020616285	227	2016619966
57	2020617657	114	2015614848	171	2020615998		

Таблица 3. Количество зарегистрированных программ и БД

Год	Нейронные сети		Сверточные нейронные сети	
	Программы	БД	Программы	БД
2013	68	2	1	0
2014	88	7	2	0
2015	109	3	12	0
2016	108	1	6	0
2017	149	8	9	0
2018	237	7	31	0
2019	322	9	46	0
2020	370	14	44	0
2021	523	23	71	1

Таблица 4. ЯП, используемые в программах со СНС

Язык программирования	Количество	Примерная доля
Python	157	0,69
C++	50	0,22
Matlab	13	0,06
C#	12	0,05
JavaScript	9	0,04
C	6	0,03
Java	6	0,03
SystemVerilog	4	0,02
VHDL	4	0,02
PHP	4	0,02
HTML	2	0,01

AND сет\*». Также аналогично был проведен поиск среди более **19 тысяч** описаний баз данных (БД). ФИПС в своей ИС предоставляет сведения на программы и БД, зарегистрированные начиная с 2013 года. Результаты приведены в табл. 1.

То есть было найдено 2007 программ с ИС, и из них 227 (примерно каждая восьмая программа) использует именно СНС. В случае с БД было найдено только одно описание. В табл. 2 приведены все номера свидетельств найденных программ.

В ходе данной работы эти документы были тщательно изучены и проанализированы. Сначала, была проведена группировка документов по году публикации (см. табл. 3).

Отметим (см. табл. 3), что увеличивается количество программ, связанных с СНС, при этом СНС начали чаще появляться в описаниях программ начиная с 2018 г. (заметим, что до этого был небольшой всплеск в 2015 г.). Можно заметить тенденцию на увеличение количества зарегистрированных программ для ЭВМ с использованием СНС.

Затем были проанализированы языки программирования (ЯП), используемые для написания этих программ с использованием СНС. В результате проведенного анализа были выявлены наиболее часто используемые языки программирования, представленные в табл. 4.

В табл. 4 указаны только ЯП, встречающиеся более одного раза. Стоит отметить, что в описании программ могут быть указаны несколько ЯП. Язык программирования Python наиболее часто встречается среди рассматриваемых программ, значительно меньше, но всё ещё значительное количество программ написано на языках C или C++. Также в программу может быть включен интерфейс, например веб-интерфейс, написанный на языках HTML и PHP, поэтому данные языки также указаны в таблице, несмотря на то что они не являются достаточно подходящими для реализации СНС. Также стоит отметить набор зарегистрированных программ для ПЛИС с использованием языков SystemVerilog и VHDL. В примерно половине случаев тип ЭВМ не указан. Среди вычислительных средств, указанных в описании к программам, можно отметить следующие (далее в скобках указан номер свидетельства):

1. Процессор с архитектурой armhf, и реализован модуль обнаружения объектов для блока управления безопасностью автомобиля (№ 2021667263).
2. Реализовано вычисление СНС (машинное обучение) на процессоре Kendryte K210 (№ 2020660007).
3. Реализовано обнаружение и классификацию объектов в системах на основе процессора NM6408 (№ 2021614604).
4. Реализовано распознавание и отслеживание объектов с помощью алгоритма Виолы-Джонса или СНС на одноплатном компьютере Raspberry Pi (№ 2021610010).
5. Реализована для процессора Xeon Gold 6140 программа подбора персонала (№ 2020666860).

Что касается поддерживаемых операционных систем (ОС), то в почти половине случаев ОС не указана. Примерно 75% программ поддерживают различные

версии ОС Windows. Примерно 50% программ поддерживают Linux или UNIX, при этом примерно в четверти из проанализированных программ указывается именно дистрибутив Ubuntu. В 9 описаниях указана MacOS. Отметим программы (№ 2021680401 и № 2021610010) поддерживающие Rasbian/Raspberry Pi. Также программа (№ 2020660007) на основе процессора Kendryte K210 работает без ОС.

Так как рефераты программ достаточно короткие, то технические подробности реализаций зачастую в них не указаны. Однако в некоторых описаниях всё же указаны используемые программные библиотеки. В 6 свидетельствах указана библиотека машинного обучения Keras, при этом данная библиотека обычно опирается на библиотеку Tensorflow. Tensorflow была явно указана в 9 описаниях. Также в нескольких случаях упомянуты такие библиотеки как Pytorch, caffe для машинного обучения, библиотека машинного зрения OpenCV, математическая библиотека numpy. В двух программах обработки текста указана библиотека word2vec. Также во многих описаниях упоминается CUDA, ускоряющая вычисления СНС.

Анализ рефератов программ показывает, что в более чем половине случаев входные данные представляют собой изображения, или кадры видеопотока, или данные аналогичного представления. Чаще всего СНС используются для классификации, обнаружения, сегментации изображений. Однако из-за краткости рефератов бывает трудно определить точный вид использования СНС. Часто используется общий термин «распознавание» или утверждается использование СНС без указания деталей. Также редко указывается конкретные архитектур СНС. Тем не менее, были упомянуты следующие архитектуры:

1. **U-net** — архитектура для биомедицинской сегментации изображений. Используется в программах, предназначенной для дешифровки космической съемки (№ 2022610568), предназначенной для определения патологий на рентгеновских изображениях легких (№ 2021612984), реализующей подбор параметров обучения СНС для задачи сегментации потоковой мультимедиа информации (№ 2021665394).
2. Семейство архитектур **ResNet**, предназначенных для классификации изображений. ResNet-50, то есть остаточная сеть 50 слоев, используется в программе для обнаружения и классификации птиц на фотографиях фотоловушек (№ 2021617195). Также данная архитектура упоминается как Microsoft ResNet (№ 2020612466), где программа предназначена для биометрической идентификации лиц людей на изображениях. СНС используется для определения ключевых точек. ResNet-34 используется в био-

метрической аутентификации по изображению лиц (№ 2019619346). Архитектура ResNet-101 реализована для задачи обнаружения и классификации объектов на изображениях дистанционного зондирования (№ 2021665264), а также в программе перевода с языка жестов в текст для обнаружения руки в кадре (№ 2019610179). Одна из протестированных архитектур программы (№ 2018618493) использовалась для определения потери видимости камеры.

3. Архитектура **MobileNet-SSD** для обнаружения объектов используется для обнаружения лиц на изображении для дальнейшей биометрической идентификации (№ 2019616956).
4. Архитектура **VGG** для классификации изображений. Например, используется VGG-19 для классификации жестов для перевода с языка жестов в текст (№ 2019610179). Одна из протестированных архитектур программы применяется для определения потери видимости камеры (№ 2018618493).
5. Архитектура **Mask RCNN** для обнаружения объектов. Например, используется для обнаружения объектов для распознавания жестового языка (№ 2018666854).
6. Архитектура **InceptionV3**. Одна из архитектур используется для определения потери видимости камеры (№ 2018618493).

Рассмотрим области применения СНС.

Большое количество программ можно отнести к области информационных технологий (ИТ), так как не область применения явно не указана, либо программа предназначена для улучшения работы или является вспомогательной программой какой-либо ИС или другой программы. Так, например, можно выделить группу программ, реализующих СНС, их применение и обучение, не указывая конкретное их применение. Например, программа (№ 2019663996) реализует запуск предварительно обученных СНС на специальном оборудовании. Программа (№ 2013614056) позволяет обучать и проверять работу СНС, при этом подробности применения и реализации не указаны, так же, как и в описании программы (№ 2015618275).

Были обнаружены программы, предназначенные для оптимизации НС, повышения точности работы, визуализации их работы и т.п. Можно назвать такие программы вспомогательными. Например, программа (№ 2021681451) позволяет визуализировать отклики нейронов, что может быть полезно при отладке программ на основе СНС. Другая программа (№ 2021611643) обеспечивает автоматический подбор гиперпараметров СНС для повышения качества ее работы. Также автоматический выбор архитектуры или гиперпараметров за-

явлен в описании программы (№ 2019664069), программы (№ 2021668412) с использованием генетического алгоритма, программы (№ 2021665394) использующей подбор параметров СНС архитектуры U-Net и программы (№ 2018665529). Другая вспомогательная программа (№ 2018613677) обеспечивает вычисление показателей точности и построение графика ROC-кривых. Также оценка точности заявлена в описании программы (№ 2021680358). Была также найдена программа для отладки работы СНС (№ 2020616285).

В отдельную группу вспомогательных программ можно вынести программы для обработки или работы с выборками для обучения СНС. Так для сферы медицины была найдена программа (№ 2021680472) для формирования изображения топограмм для дальнейшего их использования при обучении СНС. Другая программа (№ 2019611762) предназначена для формирования выборки частотно-временных портретов. А программа (№ 2019660566) предназначена для генерации наборов диаграмм для дальнейшего обучения СНС. Программа (№ 2021666230) использует генетический алгоритм для определения наиболее подходящих изображений для использования при обучении СНС. Программа (№ 2021661659) осуществляет аугментацию выборки данных, то есть увеличивает объем выборки. Схожую задачу выполняет программа (№ 2020663719), которая создает выборку полуавтоматическим способом посредством нарезки изображений. Программа (№ 2021619356) осуществляет оценку неопределенности и полноты выборок для повышения эффективности обучения СНС. Программа (№ 2021614038) осуществляет генерацию синтетических обучающих данных, что полезно при отсутствии возможности составить выборку естественных изображений достаточного объема. Программы (№ 2015614432 и № 2015614840) реализуют базовые операции над выборками (перемешивание и разделение). А программа (№ 2019614889) представляет собой систему организации обучающих данных. Отметим программу (№ 2015614848), осуществляющую преобразование выборки, позволяющее повысить обобщающую способность НС. Программа (№ 2015614739) реализует уменьшение обучающего множества. Разметка истинных данных в обучающей выборке является важным этапом разработки СНС, для этого есть необходимая программа (№ 2018660781). Ряд программ могут быть использованы для обучения ИТ и другим дисциплинам. Были обнаружены следующие программы, заявляющие возможность использования в учебном процессе:

1. Программа (№ 2022610554) продляет матрицу коэффициентов прямых затрат и может быть использована для обучения студентов экономических специальностей.
2. Программа (№ 2018664696) реализует СНС с целью обучения студентов работе СНС.

3. Программа (№ 2019612578) выполняет задачу классификацию объектов, и может быть использована в различных областях, включая учебный процесс.
4. Программа (№ 2018614941) отличается именно бинарной классификацией.
5. В программе (№ 2021664592) используются карточки для задания архитектуры НС, что может быть полезно в учебном процессе.
6. Программа (№ 2019660566) осуществляет генерацию изображений диаграмм для дальнейшего обучения СНС на них. Может быть использовано для обучения студентов.
7. Программа (№ 2019660145) реализует применение и обучение СНС, обладает интерфейсом, и может быть применена в производстве, а также в учебных целях.
8. Отличительной особенностью программы (№ 2019618953) является анализ воздействия шумов на результаты классификации. Эта программа может быть использована при обучении дисциплинам в области радиотехники.
9. Программа (№ 2019616219) кроме реализации СНС также позволяет сравнить эффективности работы с методом на основе каскадов Хаара.
10. Программа (№ 2019614889) предназначена для организации и управления выборками данных для НС.
11. Программа (№ 2018665529) подбирает оптимальные гиперпараметры СНС для минимизации ошибки обучения.
12. Программа (№ 2016615226) обеспечивает распознавание рукописных символов в режиме реального времени.

Достаточно много программ разработано для применения в области медицины. В этой области чаще всего встречаются программы, обрабатывающие различные медицинские снимки (изображения). Например, программа (№ 2017615663) использует СНС для обработки флюорографических снимков для определения отклонений от нормы. Другая программа (№ 2022610217) диагностирует воспалительные заболевания кишечника по изображениям толстой кишки. Есть программа (№ 2021617651), которая определяет скорость течения крови в сосудах по видеоданным движения эритроцитов, при этом используются отдельные НС для сегментации капилляров, извлечения признаков и определения скорости.

Было обнаружено несколько программ для определения заболеваний кожи. Например, программа (№ 2020665598) классифицирует пигментные кожные новообразования для раннего обнаружения злокачественных новообразований, похожие задачи выполняет

программа (№ 2021663515). Программа (№ 2021660465) предназначена для определения меланомы кожи. Стоит отметить, что не было найдено программ для определения кожного заболевания псориаза при помощи НС в целом, и СНС в частности.

Отметим группу программ биометрической идентификации (БИ) или аутентификации (необходимо обновить лицо в видеопотоке, и соотнести его с БД эталонов). Есть программы (№ 2021610887, № 2019610486, № 2019618491), которые реализуют данные функции для контроля допуска на предприятие или другие охраняемые территории. В программах (№ 2020617585, № 2019660102) поиск по лицу производится в БД правоохранительных органов. В программах (№ 2019616700, № 2019616956) производится идентификация в домофонных системах. В программах (№ 2020612466, № 2019619346, № 2018661463, № 2018660163, № 2018619708, № 2018619758) область применения БИ явно не указана.

Другой областью, в которой используются СНС, является дистанционное зондирование, например, при помощи спутниковых аппаратов или беспилотных летающих аппаратов. Ряд программ распознает различные объекты и производит анализ на спутниковых снимках: лесные пожары и запасы пресной воды (№ 2022610549), лес, карьеры, здания и сооружения, водные ресурсы, сельскохозяйственные угодья, мусорные свалки (№ 2019660337), карьеры (№ 2020613958), расчет маски облачности по данным космических аппаратов (№ 2020615998). Другая подгруппа программ использует изображения беспилотных летательных аппаратов: оценка повреждения деревьев (№ 2020661690), различные объекты, такие как многоквартирные жилые здания, частные дома, промышленные здания, строящиеся здания, гаражи, теплицы, пирсы и тому подобные (№ 2019665323). В программах (№ 2018616349, № 2021665264) явно не указано как используют СНС. Свидетельство № 2020612189 описывает программу для обнаружения объектов с камеры комплекса беспилотных летательных аппаратов, однако не указаны целевые объекты, поэтому не ясно, можно ли относить данную программу к категории дистанционного зондирования.

Ещё одна категория программ — это программы для мониторинга, например, с помощью камер наблюдения. Например, программа (№ 2021666662) осуществляет подсчет автомашин для оценки заполняемости парковочного пространства. Программа (№ 2021660627) определяет количество посетителей и таким образом загруженность помещений по данным видеопотока камер наблюдения. Программа (№ 2021610244) предназначена для определения аномального поведения в зоне наблюдения. Программа (№ 2020618434) определяет наличие

медицинской маски на лице. Ряд программ предназначен для обнаружения и анализа транспортных средств: распознавание определенных классы транспортных средств в видеопотоке (№ 2020610009), определение цвета транспортных средств (№ 2020614576), определение кузова транспортных средств (№ 2020614263), определение угла поворота регистрационного знака (№ 2019616452). Обнаружение беспилотных летательных аппаратов как в программе (№ 2021612968) может быть использовано в системах безопасности. Модуль, используемый в программе (№ 2016619379) и предназначенный для обнаружения пешеходов и лиц в видеоданных и определения их характеристик, подразумевает использование в системах мониторинга, хотя это явно не указано. Программа (№ 2020616652) обнаруживает и анализирует лица людей для использования для различных задач мониторинга. К данной категории возможно отнести и некоторые программы не использующие камеры наблюдения, как, например, программа (№ 2019615952) определения уровня активности в городе по данным социальных сетей. Некоторые программы описывают алгоритмы общего применения, где среди возможных областей применения — мониторинг, как, например, программа (№ 2020660568).

СНС также используются в задачах информационной безопасности (ИБ). Например, для предотвращения подмены голоса в системах голосовой аутентификации в программе (№ 2021662500), распознавания вредоносных программ в программе (№ 2021611034), обнаружения киберугроз с помощью квантового компьютера в программе (№ 2021660783), обнаружения массивов кибервоздействий типа «отказ в обслуживании» в программе (№ 2021660524). Кроме этого, СНС были применены для именно криптографических задач: обнаружение скрытой с помощью стеганографии информации в изображениях в двух программах (№ 2021612235, № 2019611811), статистический анализ стойкости итеративных блочных шифров в программе (№ 2020618931).

Еще одним современным направлением являются усовершенствованные системы помощи водителю (ADAS). Было найдено несколько программ в данной области. Базовое функционирование НС для задач обработки данных с камер беспилотных транспортных средств заявлено в программе (№ 2020666925). В другой программе (№ 2019661677) выполняется обнаружение участников дорожного движения, и оценка по видеопотоку с камер расстояния и вероятности столкновения транспортного средства. В похожей программе (№ 2021667263) выполняется обнаружение автомобилей и пешеходов и определяется их положение в системе координат автомобиля. Определение ракурса съемки транспортного средства заявлено в программе (№ 2017661200). В программе (№ 2019612938) представ-

лен программный комплекс безопасности беспилотного транспортного средства.

Кроме этого, не было найдено программ для автоматического анализа защитных элементов бумажных документов, а именно тиснений.

### Анализ зарегистрированных баз данных

Было успешно проведено поиск зарегистрированных в ФИПС свидетельств на базы данных, в описании которых упоминаются НС и, в частности, СНС. Поиск проводился среди более **19 тысяч** документов в ИС ФИПС. Анализ БД показал, что была найдена только одна БД в описании которой упоминаются СНС, рассмотрим кратко ее. Эта база данных (№ 2021621805) содержит совокупность элементов значения электромагнитного излучения оптического диапазона разлива нефти и нефтепродуктов. Одним из модулей обработки данной информации используется СНС. Кроме этого, присутствуют модули с рекуррентной и рекурсивной нейронными сетями. Конкретное назначение данных НС в описании БД не указано.

### Заключение

Выполнен анализ программ для ЭВМ, защищенные свидетельствами Российской Федерации. Сформирован список из всех обнаруженных программ, связанных с СНС. Анализ показал, что количество программ с использованием НС увеличивается, при этом появляются программы, использующие именно СНС. СНС чаще всего используются для анализа изображений и кадров видеопотока для задач классификации, сегментации, обнаружения или отслеживания объектов. Выделены несколько групп программ: общие ИТ, среди которых можно выделить реализации СНС, программы подбора параметров и улучшения точности, программы работы с выборками, программы для использования в учебном процессе, медицине, биометрии, дистанционном зондировании, мониторинге, ИБ и криптографии, транспорте. Большое количество программ реализуют СНС и вспомогательные программы, не упоминая конкретную область применения. Большое количество программ разработано для задач медицины, зачастую для автоматизированного анализа различных медицинских снимков.

Не было найдено программ для автоматизированного диагностирования псориаза и, в частности, для ПУВА-терапии, при этом были найдены программы для диагностирования других кожных болезней. Не были обнаружены программы автоматического анализа защитных элементов бумажных документов, а именно тиснений для области криминалистики. Поэтому дан-



ные области являются перспективными для дальнейших исследований. В целом можно полагать, что разработка программных средств, в основе работы которых лежат СНС, является перспективным направлением исследова-

ний и достаточно актуальным. Возможно, что некоторые полученные результаты могут полезны разработчикам НС на базе мемристоров [6, 7], исследование которых активно развивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. — М.: Горячая линия — Телеком, 2012. — 210 с.
2. 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. 1–11.
3. 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.
4. 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.
5. Shtanko, A.N. & Kulik, S.D. Scientific personnel training in convolutional neural networks for the implementation of research projects of the MegaScience class. IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series. — Vol. 1406. — p. 012014, 2019.
6. 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.
7. 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.

© Кулик Сергей Дмитриевич ( sedmik@mail.ru ), Штанько Александр Николаевич ( shtanko-mephi@yandex.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИФИ

## МОНИТОРИНГ ПОРТОВ КОММУТАТОРА И ВЫЯВЛЕНИЕ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ОШИБОК

### MONITORING SWITCH PORTS AND DETECTING INPUT AND OUTPUT ERRORS

*T. Mansurov*

*Summary.* Today, monitoring and control of network devices is a very urgent task. This is especially true for traffic control networks. One way to do this is to use SNMP, which is designed to test network devices. With the help of this protocol, you can get many different data from the polled equipment, it is easy to use and it is supported by most of the popular programming languages, which allows you to implement a monitoring system without great labor costs and financial investments. There are many programs that can help you keep an eye on your network devices, but they do not have data storage capabilities. Thus, you can implement a program that will save them, analyze and notify users about illegal actions.

*Keywords:* Simple Network Management Protocol, SNMP, monitoring of devices, incoming and outgoing data devices, receiving information from devices.

**Мансуров Темура Алиджонович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Государственный  
университет морского и речного флота имени  
адмирала С.О. Макарова»  
temur93\_93@mail.ru

*Аннотация.* На сегодняшний день мониторинг и контроль сетевых устройств является очень актуальной задачей. Особенно это актуально для сетей управления движением транспорта. Один из способов такого мониторинга — использование протокола SNMP, который был разработан с целью проверки функционирования сетевых устройств. При помощи данного протокола можно получить множество различных данных с опрашиваемого оборудования, он легок в использовании и его поддерживают большинство популярных языков программирования, что позволяет без больших затрат и финансовых вложений реализовать систему мониторинга. Существует много программ, которые помогают следить за сетевыми устройствами, но они не имеют возможности хранения данных. Таким образом, можно реализовать программу, которая будет их сохранять, анализировать и уведомлять о неправомерных действиях пользователей.

*Ключевые слова:* простой протокол сетевого управления, SNMP, мониторинг устройств, входящих и исходящих данных устройств, получения информации с устройств.

### Введение

**М**ониторинг сети является актуальной задачей для многих компаний, у которых имеется под контролем своя сеть. Он требует внимательно-го наблюдения, но человеческого внимания недостаточно для выявления изменений и ошибок, которые появляются во время передачи пакетов. Каждую миллисекунду по сети передаются пакеты от устройства отправителя к устройству получателя. Бывают случаи, когда пакеты не передаются или передаются частично. В таких случаях информация теряется и коммутатор, который выполняет функцию объединения устройств в одну сеть фиксирует ошибку в свою базу. Задача технического инженера состоит в том, чтобы выявить эти ошибки вовремя и починить сеть для стабильной передачи информации без потери пакетов. Для фиксации ошибок человеческой способности недостаточно, и без программного решения не обойтись. Исследования показывают, что чем алгоритм сложнее, тем программа работает медленнее. Чтобы программа работала быстро нужно разработать простой алгоритм, и это считается самым актуальным решением, ведь скорость работы является неотъемлемой частью для данной программы.

Исследования показывают, что для проверки одного коммутатора в среднем тратится 45 секунд и скорость коммутатора тоже играет большую роль. Эти устройства обычно делят на 2 группы: с питанием и без питания.

Первой особенностью является то, что устройства, которые имеют питание отвечают намного медленнее, чем без питания. Второй их особенностью, которая влияет на скорость ответа является железо, а точнее процессор, который там установлен. Третьей особенностью является нагрузка на процессор. Если он сильно нагружен, тогда скорость ответа будет медленной. Обычно это случается, когда в одном коммутаторе подключено множество устройств и высокая передача пакетов.

Методы порядка опроса коммутаторов играют большую роль. Исследования показывают, что существует 2 типа порядка опроса. Это параллельный (можно считать поточный) и по порядку. Опрос 120 коммутаторов на двух методах:

На Таблице 1 описан результат среднего значения 10 опросов. Проведение 10 опросов показывает более точный результат.

Таблица 1. Опрос коммутаторов.

Виды	Количество коммутаторов	Время
1 Параллельный	120 шт	72 секунды
2 По порядку	120 шт	68 мин 18 секунд

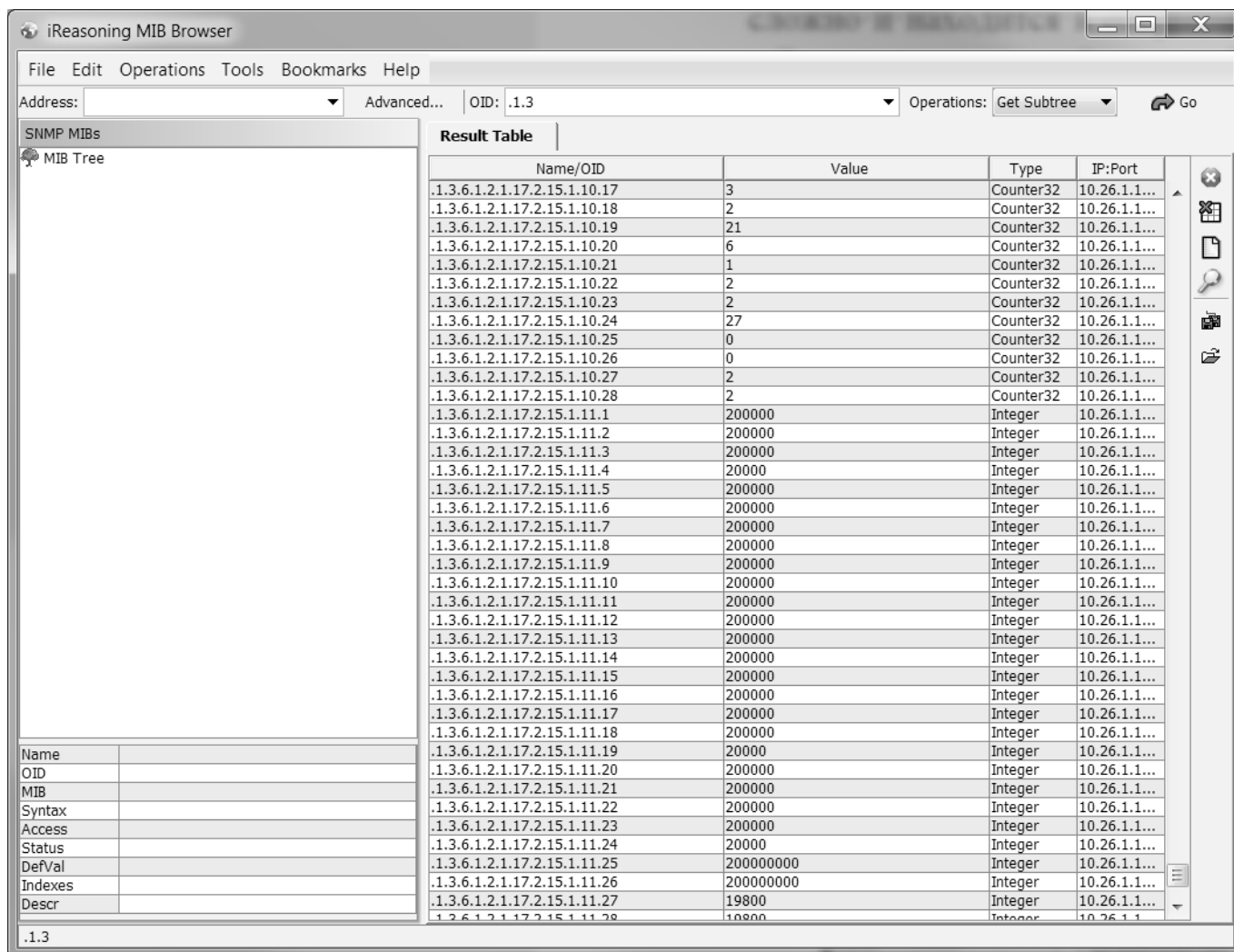


Рис. 1. Результат получения информации без mib-файла

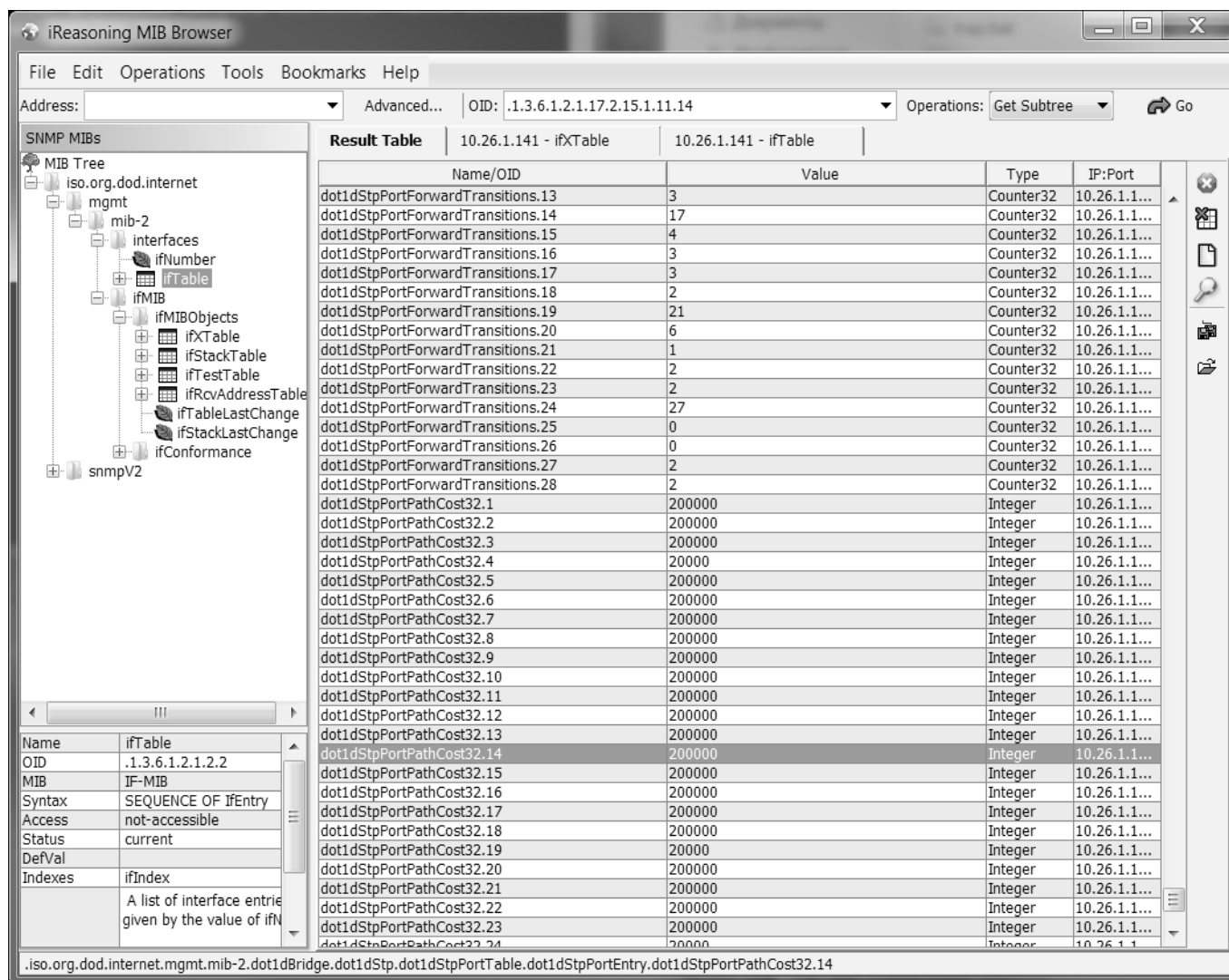


Рис. 2. Результат получения информации с mib-файла

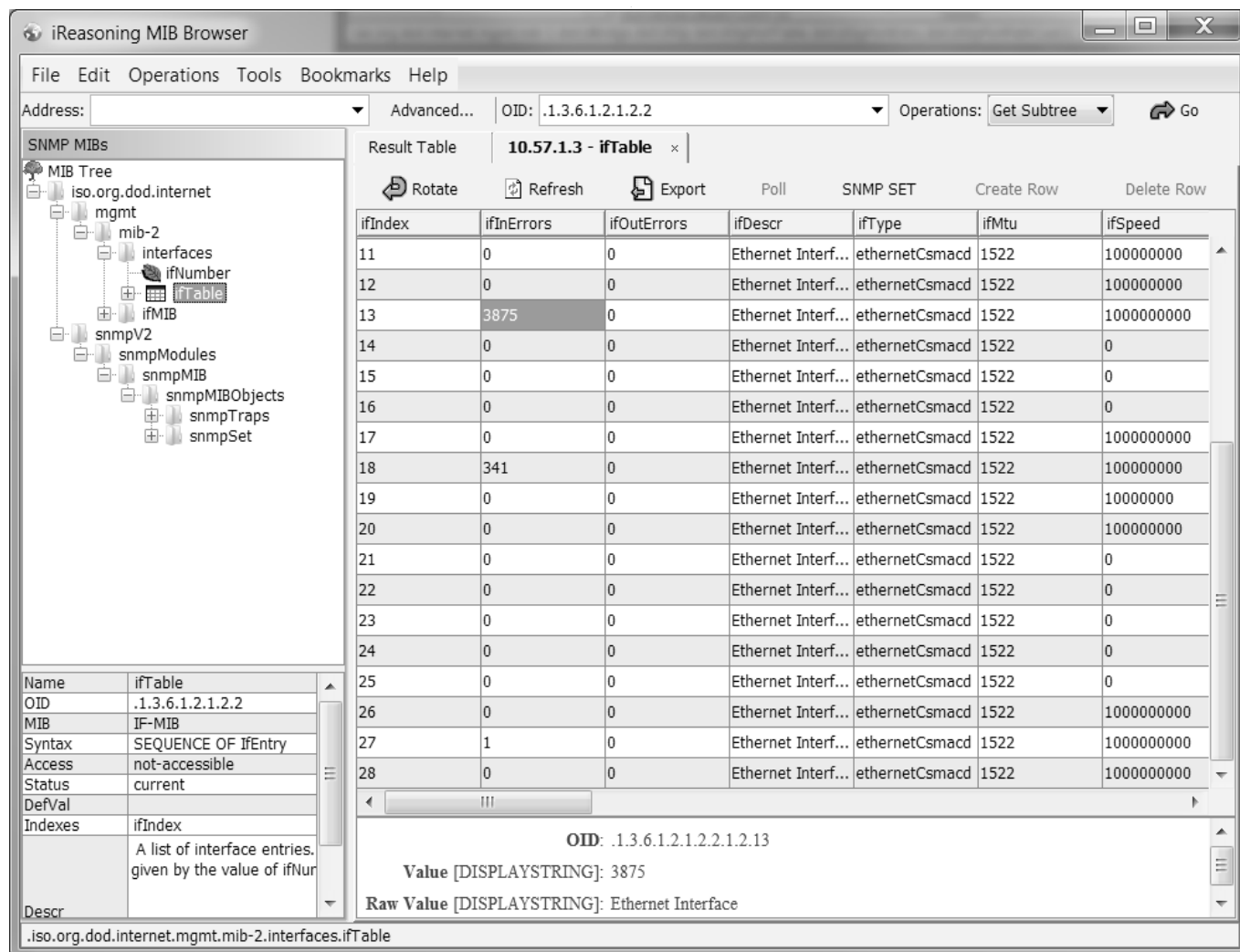


Рис. 3. Поиск данных по таблице

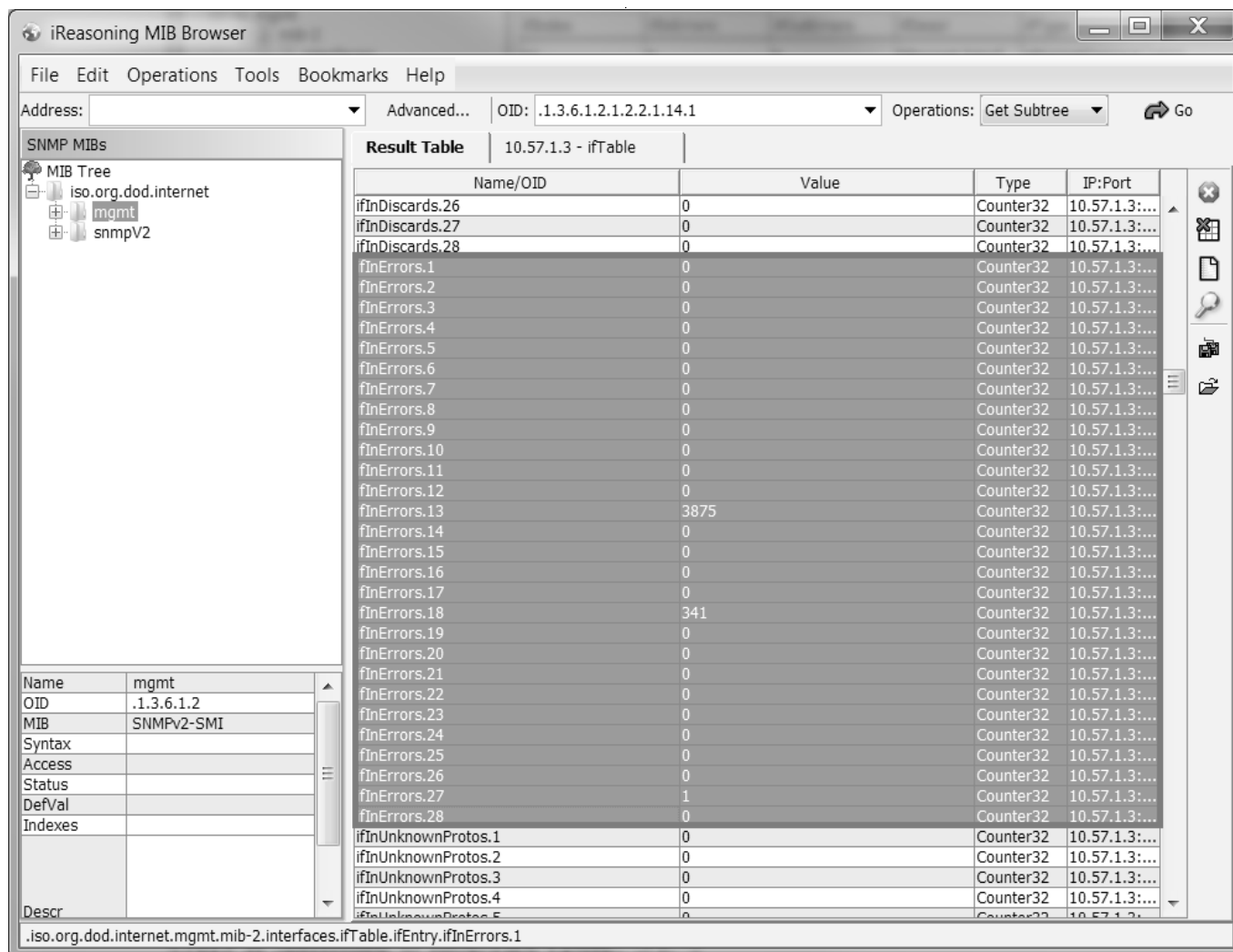


Рис. 4. Поиск данных по списку

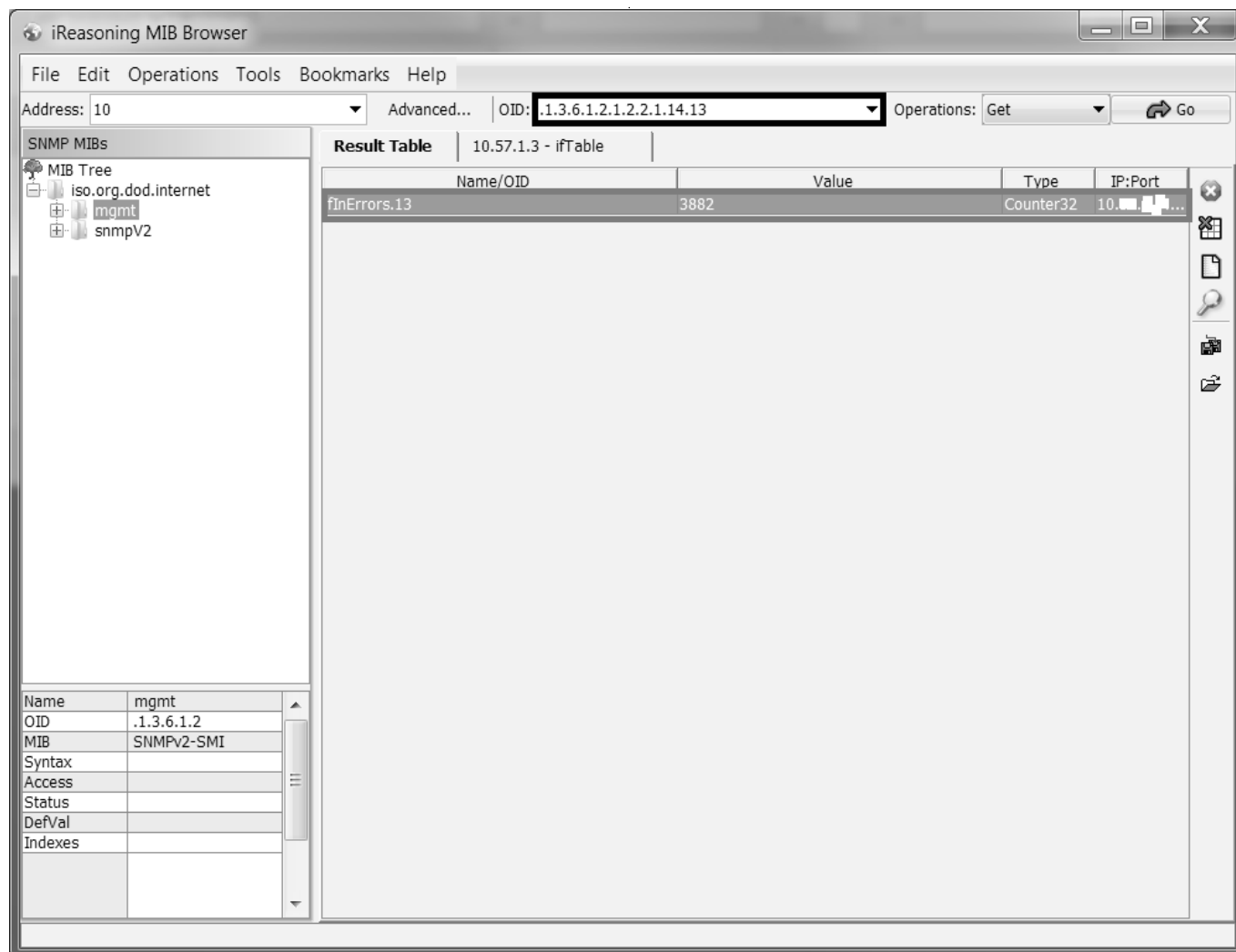


Рис. 5. Поиск данных по OID

### Опрос входных и выходных параметров

Для опроса входных и выходных параметров понадобится несколько программ. Для опроса можно использовать бесплатные программы. Данная программа называется *mibBrowser*. Это программа является доступной и работает на операционной системе Windows.

Для удобства опроса понадобится *mib*-файл, который относится к данному коммутатору. Без него очень сложно определить название информации, ведь он определяет четкое название. Можно определить информацию без *mib*-файла, но так можно перепутать 2 информации которые имеют одинаковые значения. Найти этот файл не сложно, так как он находится в открытом доступе. Каждая компания сама определяет *mib* для своего устройства, но старается поддерживать некоторые стандарты.

На Рис. 1, как было сказано наверху, без данного файла очень сложная читабельность и определение информации. Такими методами мало кто работает, но, если человек опытный по значениям можно определить к какому объекту имеют опрарвленные значения.

На Рис. 2 информация о коммутаторе при загрузке *mib*-файла. Если посмотреть на 2 последних рисунка, то видно, как четко показано, что информация на первом рисунке отсутствует. Было принято решение, что с загрузками *mib*-файлов комфортнее работать, и информация более читабельна.

### Найти входящие и выходящие ошибки

Существуют 2 метода для определения информации. Первый — это по определённому пути OID, если уже

Порт	ВХОДНЫЕ	ВЫХОДНЫЕ
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	3888	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	341	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	1	0
28	0	0

Рис. 6. Список входных и выходных ошибок

ясен путь. Второй — это поиск по названию или поиску таблицы с информацией. У каждой информации есть свой уникальный путь. На данный момент не известно где находится входящие и выходящие ошибки пакетов. Самый актуальный метод, это найти таблицу, которая имеет отношение к информации (рис. 3). В ней содержится множество информации, но не вся является нужной. Среди этих данных надо найти нужную. Для этого метода надо загрузить `mib`-файл, так как структура таблицы там и хранится.

Таблица `ifTable` является информативной. В этой таблице можно увидеть `OID` и данные о портах (рис. 3).

Старейший метод для поиска — это просто найти информацию из списка (рис. 4). Этот метод не очень актуальный, так как информация может достигать тысячи строк и занять много времени. Для этого метода тоже понадобится `mib`-файл.

Наконец последний метод — это найти информацию по `OID`. Для этого не понадобится `mib`-файл, но надо чётко знать `OID` в котором находится данная информация. Как на рис. 3 указано по `OID` `.1.3.6.1.2.1.2.2.1.14.13` для коммутатора `DGS-1210-28P` от фирмы `DLINK` на 13 порту находится ошибка. Чтобы проверить именно этот порт на ошибки понадобится только `OID`.



	port_number	in_error	out_error
▶	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
	11	0	0
	12	0	0
	13	1936	0
	14	0	0
	15	0	0
	16	0	0
	17	0	0
	18	341	0
	19	0	0
	20	0	0
	21	0	0
	22	0	0
	23	0	0
	24	0	0
	25	0	0
	26	0	0
	27	1	0
	28	0	0

Рис. 7. Полученная информация в БД

Программное решение для выявления ошибок

Для создания программы понадобится среда, которая работает по технологии SNMP. Для этого можно выбрать PHP, так как он работает с данной технологией и является бесплатным и быстрым. Для хранения информации можно выбрать MySQL. Данная СУБД имеет серверную поддержку, является быстрой и самое главное хорошо взаимодействует с PHP.

Первым делом надо подключиться на коммутатор для дальнейшего действия.

```
$session = new SNMP(SNMP::VERSION_2c, $this->ip, "public", "1000000", 3);
$session->valueretrieval = SNMP_VALUE_PLAIN;
if(@$session->get(".1.3.6.1.2.1.1.0") == false) {
    $session = new SNMP(SNMP::VERSION_1, $this->ip, "public", "1000000", 3);
    $session->valueretrieval = SNMP_VALUE_PLAIN;
```

```
$snmp = 1;
}
```

Существует 3 версии для подключения к коммутатору. В данный момент 1 и 2 версия поддерживает коммутаторы, последняя не поддерживает. Вторая версия работает быстрее, чем первая. Некоторые коммутаторы работают только с первой версией. Для этого было принято решение, сначала надо проверить со второй версией, если не получится, тогда с первой. Таким образом можно получить информацию намного быстрее.

```
$in_errors = $session->walk(«.1.3.6.1.2.1.2.2.1.14», true);
$out_errors = $session->walk(«.1.3.6.1.2.1.2.2.1.20», true);
echo "<table align='center' border='1'><tr><th>Порт</th><th>ВХОДНЫЕ</th><th>ВЫХОДНЫЕ</th></tr>";
foreach($in_errors as $key => $value){
    echo "<tr><td>".$key."</td><td>".$value."</td><td>".$out_errors[$key."</td></td></tr>";
```

id_log_ports	updated	date	id_switch	id_port	was	become
178196	Входящая ошибка	2021-06-17 08:52:47	97	13	1901	1936
177926	Входящая ошибка	2021-06-16 18:31:15	97	13	1897	1901
177750	Входящая ошибка	2021-06-16 15:57:44	97	13	1868	1897
177605	Входящая ошибка	2021-06-15 15:56:57	97	13	1867	1868
177537	Входящая ошибка	2021-06-15 14:31:09	97	13	1861	1867
177438	Входящая ошибка	2021-06-15 11:14:28	97	13	1859	1861
177424	Входящая ошибка	2021-06-15 11:08:17	97	13	1830	1859
176983	Входящая ошибка	2021-06-15 08:33:17	97	13	1822	1830
176718	Входящая ошибка	2021-06-11 16:33:19	97	13	1819	1822
176665	Входящая ошибка	2021-06-11 15:28:02	97	13	1804	1819

Рис. 8. Входные и выходные ошибки при проверке

echo «</table>»;

Данный код возвращает все входные и выходные ошибочные пакеты, которые относятся только к одному коммутатору (Рис 6).

Данные об ошибках уже получены. Следующая задача, внести информацию в БД. Для этого надо подключиться в СУБД MySQL.

```
<?php
mysql=mysql_connect(«localhost»,«root»,«»,«com
mu»);
mysql->query(«set names utf8»);
?>
```

Таким образом по данному коду можно подключиться к БД и делать запросы. Запросы сделаны для ввода информации в базу. Для этого создана таблица для хранения. (Рис 7)

После, как была получена и внесена информация в БД, начитается проверка данных. Для определения появления ошибки надо проверить две информации: новую и старую. Делается запрос на коммутатор и на БД,

после этого надо сравнить информации. Если полученная новая информация и старая отличается, надо отметить в другую таблицу.

После получения списка ошибок на какое-то определенное время можно информацию отправить в технический отдел. Системные администраторы разуднают и починают порт, который имеет ошибки.

### Заклучение

По итогам эксперимента и созданного предложения было принято решение, что можно сэкономить время и рабочие силы. Для проверки 120 коммутаторов нужно минимум 2 сотрудника чтобы проверить входящие и выходящие ошибка передачи пакетов. После использования предложения можно исключить 2х сотрудников, которые работали именно для выявления ошибок, так как система сама отправляет уведомления нужным людям. Второй плюс состоит в том, что сотрудники должны сами искать ошибки. Для одного коммутатора тратится 3 минуты, если это умножить на 120 получится 360 минут. Созданная программа выявляет ошибки для 120 коммутаторов в среднем за 72 секунды. Время для опроса коммутаторов смогли сэкономить больше, чем в 56 раз.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шмидт К., Второе издание книги «Основы SNMP», 2019 г, 520 с.
2. Мауро Дуглас Р., Шмидт Кевин Ж. Основы SNMP, 2012, 520 с
3. Колбин Р.В. Глобальные и локальные сети. Создание, настройка и использование; Бином. Лаборатория знаний — Москва, 2011., 815 с.
4. Прончев Г.Б., Бухтиярова И.Н., Брутов В.В., Фесенко В.В. Компьютерные коммуникации. Простейшие вычислительные сети; КДУ — Москва, 2009., 332 с.
5. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы; Питер — Москва, 2013., 944 с.
6. Олифер, В.Г.; Олифер, Н.А. Компьютерные сети принципы, технологии, протоколы; СПб: Питер — Москва, 2011., 672 с.

© Мансуров Темур Алиджонович (temur93\_93@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИМИТАЦИОННОЕ ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА МНГОВАРИАНТНОЙ ОСНОВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАТОРНОГО ПОДХОДА В РАМКАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**SIMULATION LOGICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF CONSTRUCTION PROCESSES ON A MULTIVARIATE BASIS USING A COMBINATORIAL APPROACH IN THE FRAMEWORK OF AUTOMATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL DESIGN**

**Yu. Nikolaev  
Yu. Gushchina  
A. Alsaadi  
Al Batkhawi Ahmed Ali-Qadom  
K. Chetyrev**

*Summary.* The article presents an approach to the simulation of logical and mathematical modeling of construction processes on a multivariate basis using combinatorics methods to generate all possible feasible organizational and technological solutions for the production of construction works. The developed simulation logical-mathematical model is intended for automation of organizational and technological design of construction production on a variant basis and improvement of existing computer technologies of design of construction production. The essence of the proposed approach consists in the automated formation of a complete set of all feasible organizational and technological solutions (hereinafter referred to as OTR) for the production of construction works at each design stage based on the capabilities of the contractor construction and installation organization, the conditions of work, the characteristics of the construction object, followed by the selection of the best solution according to the specified criteria. The generation of alternative OTPs for the production of works at each stage of design is carried out using combinatorics methods with the generation of a complete set of feasible alternatives. If it is possible (clear criteria) to select preferred options at a certain stage of design (from the point of view of assessing the impact of the decision not only on the particular indicators of a certain stage of design, but the systemic impact on all stages and performance indicators of construction production), then such selection is carried out. If it is not possible to select the best options at a certain stage of design, then all generated alternative options for organizational and technological solutions for the production of construction works are transferred

**Николаев Юрий Николаевич**

*К.э.н., доцент, Волгоградский государственный технический университет  
yuri-nikolaev@yandex.ru*

**Гущина Юлия Валерьевна**

*К.э.н., доцент, Волгоградский государственный технический университет  
jgushina@mail.ru*

**Алсаади Ахмед Шакир-Исса**

*Волгоградский государственный технический университет  
ahmedalsaadi309@gmail.com*

**Аль Батхави Ахмед Али-Кадом**

*Волгоградский государственный технический университет  
a.russia2014@gmail.com*

**Четырев Константин Павлович**

*Волгоградский государственный технический университет*

*Аннотация.* В статье представлен подход к имитационному логико-математическому моделированию строительных процессов на многовариантной основе с использованием методов комбинаторики для генерации всех возможных осуществимых организационно-технологических решений производства строительных работ. Разработанная имитационная логико-математическая модель предназначена для автоматизации организационно-технологического проектирования строительного производства на вариантной основе и совершенствования существующих компьютерных технологий проектирования строительного производства. Суть предложенного подхода состоит в автоматизированном формировании полного множества всех осуществимых организационно-технологических решений (далее по тексту OTP) производства строительных работ на каждом этапе проектирования исходя из возможностей подрядной строительной организации, условий производства работ, характеристик объекта строительства с последующим выбором наилучшего решения по заданным критериям. Генерация альтернативных OTP производства работ на каждом этапе проектирования осуществляется с использованием методов комбинаторики с генерацией полного множества осуществимых альтернативных вариантов. В случае, если есть возможность (четкие критерии) отбора предпочтительных вариантов на определенном этапе проектирования (с точки зрения оценки влияния решения не только на частные показатели определенного этапа проектирования, а системного влияния на все этапы и результативные показатели строительного производства), то такой отбор

to the subsequent stages of design (modeling). Ultimately, the choice of the best option for the implementation of the construction process occurs after the completion of the entire complex of stages and tasks of organizational and technological design (modeling), taking into account how each particular solution affects the entire complex of interrelated tasks and stages, which allows for the full use of a systematic approach in the design (modeling) of construction production.

*Keywords:* simulation modeling, logical and mathematical modeling, computer technologies of organizational and technological design, automation of construction production design, combinatorial approach to modeling, multivariate design and modeling.

## Введение

**П**ри проектировании строительного производства на различных уровнях и этапах данного процесса, как правило, существуют альтернативные варианты принятия организационно-технологических решений. Выбор того или иного решения редко определяется четко заданными критериями для определенных условий их реализации. Часто выбор предпочтительного из существующих альтернативных решений принимается на основании субъективного мнения специалистов-проектировщиков без тщательной проработки альтернатив. Речь идет об альтернативных технологиях производства строительно-монтажных работ, вариантов формирования комплектов строительных машин и бригад рабочих-строителей, возможных схем пространственного членения объекта строительства на захватки (участки и пр.), альтернативных календарных моделях строительных процессов и прочих вопросов планирования, предполагающих возможности вариантной проработки решений.

Действующая практика проектирования строительного производства практически не предполагает вариантной проработки решений — в большинстве случаев формируется некая комбинация решений на каждом уровне, которая соответствует условиям, ограничениям, типовым технологическим картам. Вариантность проработки присутствует в минимальном объеме, например, подбор альтернативных комплектов строительных машин, их сравнение и выбор, т.е. достаточно фрагментарно [3–5].

При этом вариативность организационно-технологического проектирования является одним из базовых принципов системотехники строительства [2].

выполняется. Если на определенном этапе проектирования невозможно выполнить отбор наилучших вариантов, то все сгенерированные альтернативные варианты организационно-технологических решений производства строительных работ передаются на последующие этапы проектирования (моделирования). В конечном итоге выбор лучшего варианта осуществления строительного процесса происходит после завершения всего комплекса этапов и задач организационно-технологического проектирования (моделирования), с учетом того, как каждое частное решение влияет на весь комплекс взаимосвязанных задач и этапов, что позволяет в полной мере использовать системный подход в проектировании (моделировании) строительного производства.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, логико-математическое моделирование, компьютерные технологии организационно-технологического проектирования, автоматизация проектирования строительного производства, комбинаторный подход к моделированию, многовариантное проектирование и моделирование.

Существует направление в области управления, планирования, которое получило свое развитие из достаточно давно сформулированных и широко используемых методов морфологического анализа, который получил название комбинаторного подхода [1]. Комбинаторный подход создан с учетом различных областей знания, таких, как патентология, теория решения изобретательских задач, морфологический анализ и др. Морфологический метод способен охватить почти все предполагаемые решения задачи. Этот метод для решения технических задач предложил астроном швейцарского происхождения, проживающий в США, Ф. Цвикки. Под «морфологией» понимаются различная структура и различные внешние формы создаваемого объекта. В данном методе совершенствуемый объект расчленяется по существенным признакам: блокам, узлам, частям и др. Когда объектом является технология, ее процесс делят на этапы. Затем для каждого признака указывают возможные варианты его исполнения (чем больше вариантов, тем лучше). Каждое решение задачи должно иметь по одному варианту для каждого признака. Усовершенствованный морфологический метод назван комбинаторным. Комбинаторика — термин, взятый из раздела математики. Из комбинаторики в основном используются сочетания, методы перебора. Комбинаторный метод, как и морфологический, состоит из двух частей: анализа и синтеза. Для каждого признака объекта так же, как и в морфологическом методе, составляют перечни их вариантов; решения получают при выборе объекта по одному варианту из каждого признака. При этом суть комбинаторного подхода состоит в полном переборе всех возможных сочетаний (комбинаций) значений признаков. Таким образом, в приложении к проектированию строительного производства комбинаторный подход должен сводиться к генерации всех осуществимых организационно-технологических реше-

ний производства строительных работ на всех этапах проектирования, соответствующих заданным условиям и ограничениям.

При этом преимущества комбинаторного подхода в сформулированном выше понимании данного термина применительно к проектированию строительного производства очевидны — при генерации всех осуществимых вариантов реализации строительного производства становится проще не упустить тот самый «лучший» вариант, комбинацию. Ведь в традиционном подходе к проектированию специалист формирует комбинацию решений, которая может быть изначально не лучшая, которую в случае не соответствия установленным условиям и ограничениям начинает оптимизировать (например, увеличивать количество ресурсов или степень совмещения процессов для сокращения продолжительности строительства, заменять одни технологии на другие для интенсификации процесса и т.п.). Но есть и очевидные недостатки комбинаторного подхода — количество альтернативных вариантов реализации строительного процесса может быть крайне велико (от нескольких тысяч до миллионов и миллиардов), что делает невозможным оценить каждый из вариантов специалистом и это налагает особые условия к реализации комбинаторного подхода. Первое, это безусловное применение компьютерных технологий и соответствующих алгоритмов автоматизации проектирования (понятно, что специалист «вручную» не способен сформировать, комплексно проработать и сравнить не то что миллионы, но и десятки альтернативных вариантов строительства) и второе, алгоритмы должны обеспечивать вычленение вариантов реализации строительного процесса, которые может и осуществимы, но не соответствуют практике строительства, нормам, здравому смыслу и т.п.

## Материалы и методы

В качестве методологической и методической основы генерации альтернатив на всех этапах проектирования (моделирования) используются комбинаторный подход, основанный на процедурах анализа (генерации альтернативных осуществимых решений для определенного этапа проектирования, например определения вариантов комплектации строительного процесса строительными машинами или определения альтернативных технологий производства строительных работ на уровне простых строительных технологических процессов) и синтеза (генерации всех возможных осуществимых вариантов комплексных строительных процессов на основе определения всех возможных осуществимых комбинаций осуществления простых строительных технологических процессов в составе сложных и комплексных).

## Результаты

Имитационное логико-математическое описание строительного производства предполагает решение комплекса взаимосвязанных задач, которые возможно объединить в следующие этапы:

1. Формирование организационно-технологических решений на уровне простых технологических процессов (определение состава и объема работ, выбор технологии производства работ, подбор строительных машин и механизмов, определение состава и расчет потребности в организационно-технологических ресурсах, формирование технологических схем производства работ);
2. Формирование организационно-технологических решений на уровне комплексных и сложных технологических процессов (определение возможных комбинаций альтернативных организационно-технологических решений осуществления простых технологических процессов в составе комплексных и сложных);
3. Построение календарной модели строительного производства, включая графики движения ресурсов (рабочих и машин), потребности и доставки строительных материалов и конструкций;
4. Формирование строительного генерального плана (планирование инфраструктуры строительной площадки, расчет потребности во временных зданиях и сооружениях, электроэнергии, воде, складских площадях и т.п.).

В рамках разработки имитационной логико-математической модели строительного производства на каждом из вышеперечисленных этапов проектирования предлагается реализация комбинаторного подхода: либо, в рамках анализа — формирование набора всех осуществимых решений, либо, в рамках синтеза — определение всех возможных комбинаций из решений, сформированных на предыдущем этапе.

Так, на уровне формирования решений реализации простых технологических процессов определяются альтернативные технологии их осуществления, для каждой технологии формируются альтернативные варианты их осуществления с точки зрения возможных комбинаций использования имеющихся организационно-технологических ресурсов (по составу бригад, строительных машин) (реализуется процедура анализа в рамках комбинаторного подхода). Конечным результатом вариантного формирования организационно-технологических решений на уровне простых технологических процессов является набор всех осуществимых решений их реализации с определенным составом организационно-технологических ресурсов (рабочих, строительных машин



Рис. 1. Принципиальная схема реализации комбинаторного подхода в части генерации альтернативных вариантов выполнения простых технологических процессов

и механизмов, строительных материалов, конструкций и изделий), рассчитанной интенсивностью, продолжительностью и прямыми затратами на производство работ. Принципиальная схема формирования вариантов осуществления простых технологических процессов представлена на рис. 1.

Простые технологические процессы в зависимости от степени механизации делят на немеханизированные, механизированные и полностью механизированные. Тип технологического процесса определяет особенности алгоритма многовариантного организационно-технологического проектирования решений производства работ [6–8].

Вариантность организационно-технологических решений выполнения немеханизированных технологических процессов определяется количеством звеньев в составе бригады, которые строительная организация может сформировать исходя из имеющейся численности рабочих соответствующей специальности и квалификации, а также обеспеченности необходимыми для их работы технологической оснасткой, приспособлениями и т.п. Наименьшая численность рабочих в бригаде соот-

ветствует минимальному составу одного звена рабочих, наибольшая — максимальным числом звеньев, которое может укомплектовать строительная организация, т.е. общей численностью рабочих соответствующей специальности и квалификации, имеющейся для выполнения данного технологического процесса.

Тогда число сформированных для немеханизированного технологического процесса вариантов будет равно:

$$n = N/N_{зв} \quad (1)$$

$N$  — общая численность рабочих соответствующей специальности и квалификации, имеющихся у строительной организации, для выполнения определенного вида работ;

$N_{зв}$  — численность одного звена для выполнения работ (рекомендуемая численность звена рабочих приводится в соответствующих сборниках ЕНИР).

Численность рабочих для каждого варианта вычисляется:

$$N_i = n_i * N_{зв}, \text{ где } n_i = 1 \dots n \quad (2)$$

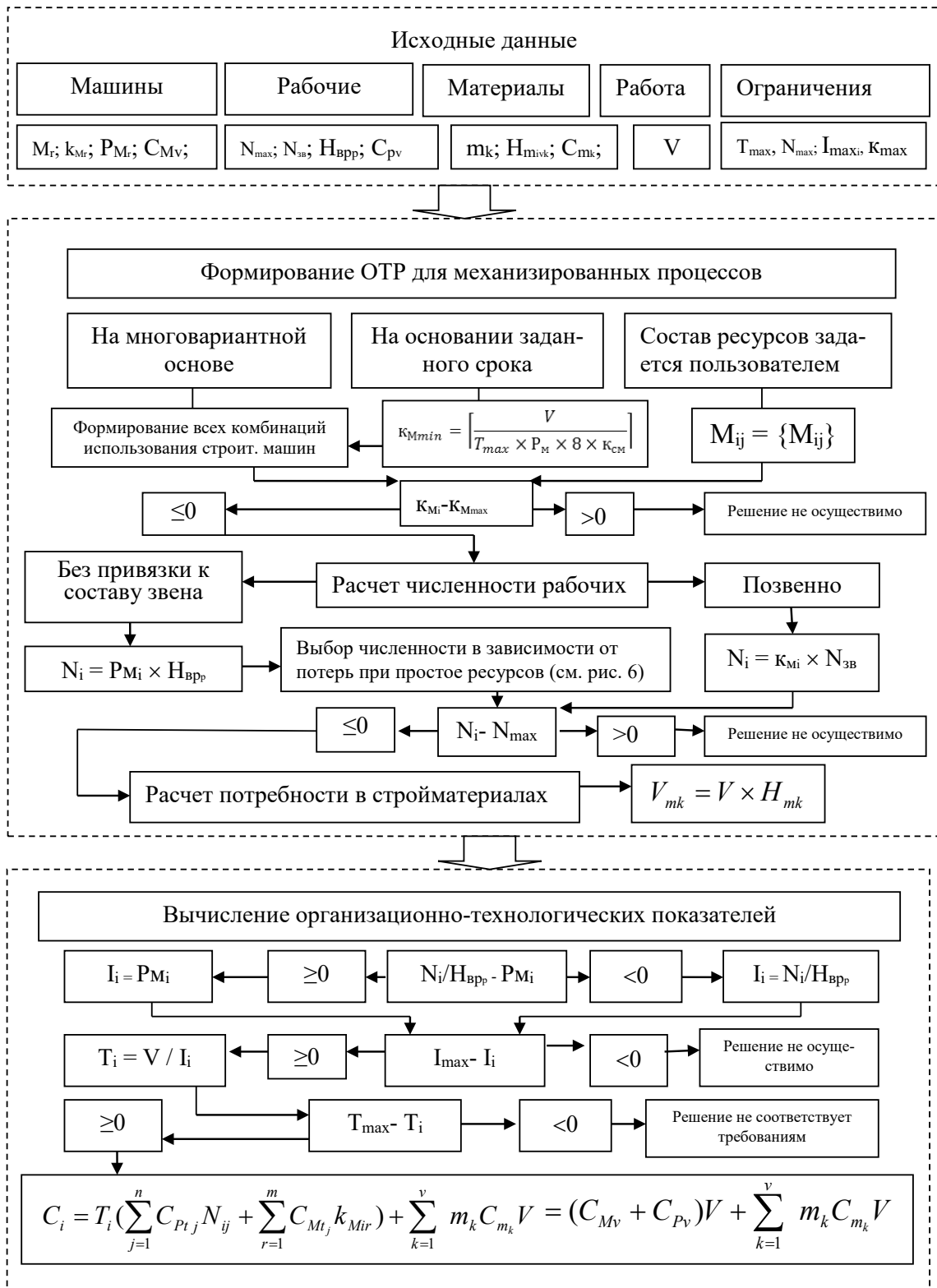


Рис. 2. Имитационная логико-математическая модель автоматизированного формирования ОТР для механизированных технологических процессов

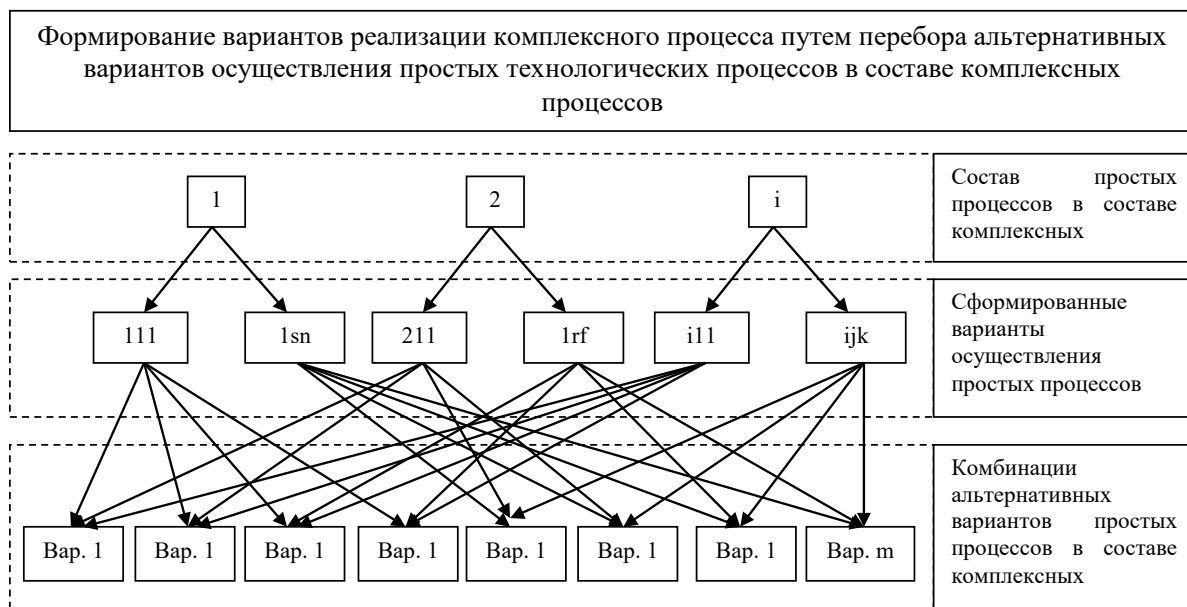


Рис. 3. Принципиальная схема реализации комбинаторного подхода в части формирования альтернативных вариантов осуществления комплексных процессов

Далее для каждого альтернативного варианта выполнения работ вычисляются организационно-технологические параметры (интенсивность, срок, прямые затраты и пр.).

Для механизированных технологических процессов вариантность решений определяется составом строительных машин, которые имеются в распоряжении у строительной организации для выполнения данного технологического процесса. Вариантное формирование механизированных технологических процессов осуществляется путем определения всех осуществимых комбинаций использования имеющихся строительных машин [9]. Далее для каждого варианта осуществляется расчет организационно-технологических параметров производства работ.

На рис. 2 представлен пример модели для механизированного технологического процесса.

На уровне формирования комплексных строительных процессов варианты генерируются путем определения всех возможных комбинаций альтернативных вариантов осуществления простых технологических процессов в составе комплексных (реализуется процедура синтеза в рамках комбинаторного подхода). Принципиальная схема реализации комбинаторного подхода при формировании вариантов комплексных и сложных процессов представлена на рис. 3.

Перебор вариантов выполнения простых технологических процессов для формировании вариантов

осуществления комплексного технологического процесса может осуществляться в форме комбинаторной матрицы, что представлено ниже в таблице (в примере использованы следующие параметры технологического процесса: число составляющих простых технологических процессов — 3, число вариантов организационно-технологических решений для каждого простого технологического процесса — 2):

- ◆ процесс 1 — альтернативные варианты осуществления 1.1 и 1.2;
- ◆ процесс 2 — альтернативные варианты осуществления 2.1 и 2.2;
- ◆ процесс 3 — альтернативные варианты осуществления 3.1 и 3.2.

Представленные выше номера вариантов (1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2) являются уникальными идентификаторами сгенерированных компьютерной программой альтернативных организационно-технологических решений, характеризующихся определенной технологией производства работ, составом предполагаемых к использованию ресурсов, интенсивностью, продолжительностью и прямыми затратами на производство работ.

На уровне календарного моделирования для каждой комбинации осуществления комплексного строительного процесса формируются альтернативные варианты календарной модели путем рассмотрения всех возможных схем пространственного членения объекта строительства и/или совмещения строительных процессов



Таблица 1. Комбинаторная матрица

Варианты комплексного технологического процесса	Комбинации вариантов простых технологических процессов в составе комплексного		
	Процесс1	Процесс2	Процесс3
1	1.1	2.1	3.1
2	1.2	2.1	3.1
3	1.1	2.2	3.1
4	1.2	2.2	3.1
5	1.1	2.1	3.2
6	1.2	2.1	3.2
7	1.1	2.2	3.2
8	1.2	2.2	3.2

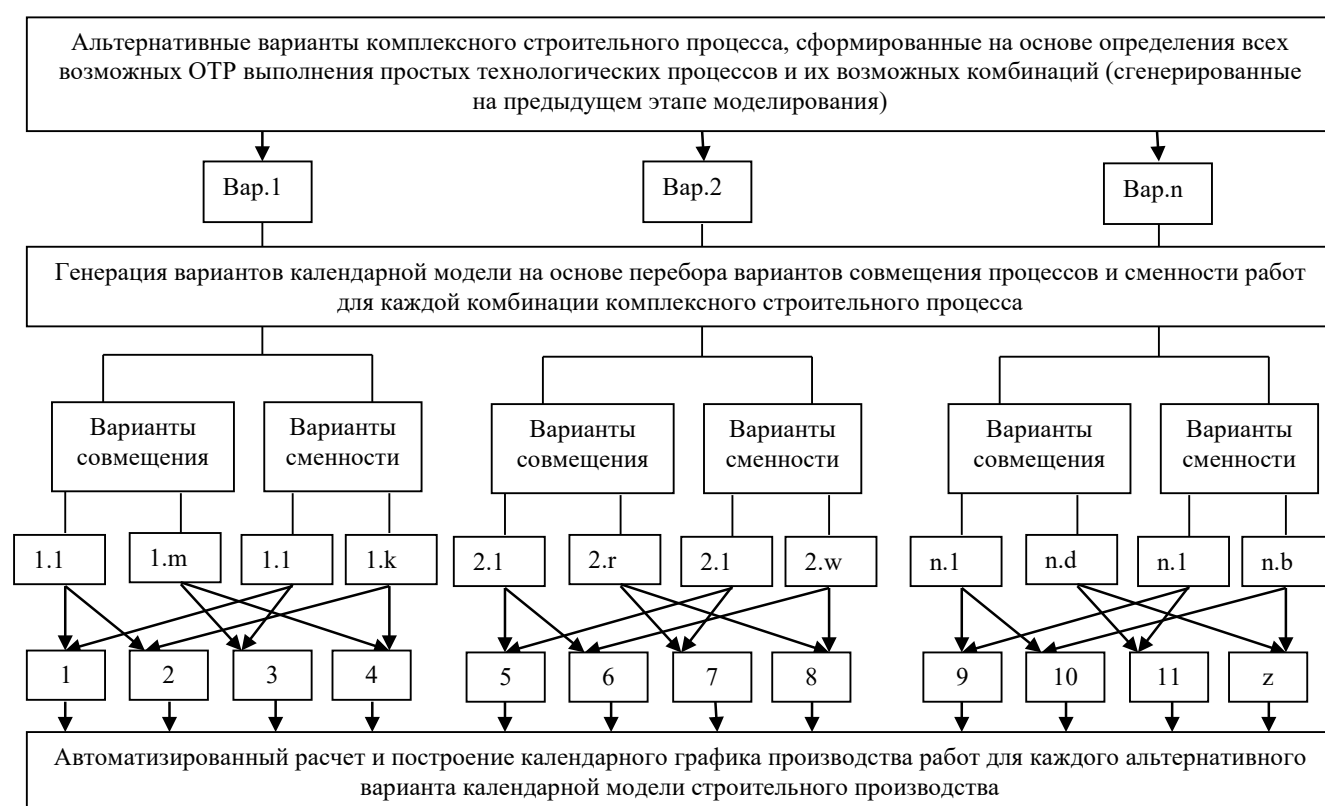


Рис. 4. Принципиальная схема реализации комбинаторного подхода к формированию календарной модели строительного производства на альтернативной основе

во времени, сменности работ (реализуется процедура анализа в рамках комбинаторного подхода), определяются комбинации возможных альтернативных решений для отдельных частей календарной модели в составе комплексной (реализуется процедура синтеза в рамках комбинаторного подхода) и выполняется расчет календарного графика производства работ для каждого варианта. Принципиальная схема формирования вариантов календарной модели строительного производства представлена на рис. 4.

Полученные альтернативные варианты производства строительных работ сравниваются по заданным критериям (продолжительности, стоимости, организационно-технологической надежности) и выбирается наилучший вариант.

Далее для выбранного наилучшего по заданным критериям варианта организационно-технологических решений осуществления строительного процесса выполняется расчет строительного генерального плана

(потребности в складских площадях, бытового городка, электроэнергии и пр.).

На завершающем этапе формируется комплект выходной документации для выбранного лучшего варианта (ведомости объемов работ, ведомости потребности и доставки организационно-технологических ресурсов, календарный график производства работ, технологические карты, строительный генеральный план и пр.).

### Обсуждение

Особенностью представленного комбинаторного подхода к многовариантному логико-математическому моделированию строительного процесса является генерация всех осуществимых решений производства работ на каждом из этапов организационно-технологического проектирования. Для генерации используются методы комбинаторики, основанные на анализе и синтезе, соответствующие инструменты, например, комбинаторная матрица. В качестве направлений развития рассмотренного подхода является разработка логико-математической модели (алгоритма) многовариантного формирова-

ния календарного графика производства строительных работ на комбинаторной основе.

### Вывод

Следует отметить, что на основании предложенных имитационных логико-математических моделей многовариантного формирования организационно-технологических решений производства строительных работ были разработаны прототипы компьютерных программ для вариантного проектирования строительного производства, результаты тестирования которых говорят об обоснованности предложенных подходов и моделей, их адекватности поставленным целям и задачам многовариантного проектирования. Внедрение предложенного подхода и логико-математических моделей многовариантного формирования организационно-технологических решений в сфере автоматизации проектирования строительного производства позволит вывести такие системы на новый качественный уровень, обеспечивающий пользователям конкурентные преимущества и эффективность принимаемых решений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Н. Концептуальное проектирование: теория изобретательства. URSS. 2018. — 512 с., с. 12–15.
2. Гусаков А.А., Богомолов Ю.М., Брехман А.И. Системотехника строительства: энциклопедический словарь / под ред. А.А. Гусакова. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Изд-во АСВ, 2004. 320 с.
3. Абушаев Б.А. Модель вариантного технологического проектирования устройства котлована // Инженерный вестник Дона, 2020, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354).
4. Кузнецов С.М., Кузнецова К.С., Суворов А.Д., Маслов И.А. Автоматизированная система формирования парка строительных машин // Жилищное строительство. — 2007. — № 3, С. 8–10.
5. Османов С.Г., Манойленко А.Ю., Литовка В.В. Выбор вариантов механизации бетонных работ в монолитно-каркасном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2020, № 4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354).
6. Николаев Ю.Н., Прокопов С.В., Михайлов О.В., Овсепян О.С., Мазин С.А. Формирование и оценка эффективности организационно-технологических решений строительного производства на основе синтеза методов логико-математического моделирования строительной деятельности и экономического моделирования деятельности предприятия // Московский экономический журнал. — 2020. — № 6. — С. 78.
7. Nikolaev Y.N., Torgashina S.N., Ovsepyan O.S., Mazin S.A. Algorithm for the automated formation of organizational and technological solutions for construction work with a trial design basis // Journal of critical reviews. — 2020. — Vol. 7, ISSUE8. — P. 3245–3259.
8. Nikolaev Y.N. Aspects of assessment of organizational and technical reliability and design of construction processes with target reliability level using computer-aided technologies // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, 2016. — Article number 7911665.
9. Кабанов В.Н., Политов С.Г. Методические указания по использованию компьютерной системы «Технолог». Волгоград: изд-во ВолгАСУ, 2017. — 27 с.

© Николаев Юрий Николаевич ( [yuri-nikolaev@yandex.ru](mailto:yuri-nikolaev@yandex.ru) ), Гущина Юлия Валерьевна ( [jgushina@mail.ru](mailto:jgushina@mail.ru) ),  
Алсаади Ахмед Шакир-Исса ( [ahmedalsaadi309@gmail.com](mailto:ahmedalsaadi309@gmail.com) ), Аль Батхави Ахмед Али-Кадом ( [a.russia2014@gmail.com](mailto:a.russia2014@gmail.com) ),

Четырев Константин Павлович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2022.06.29

# РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА НАГРУЗКИ ДЛЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

## DEVELOPMENT OF A LOAD CLASSIFIER FOR A MODEL FOR ASSESSING THE STATE OF A CYBERPHYSICAL SYSTEM OPERATOR

**A. Penin**

*Summary.* During the research work, the main biological markers of the human body were studied and those of them that met the requirements were selected for further research. A classifier of the employee's workload level was developed based on the decision tree method, the classification accuracy was 76%, the value of the loss function was 0.23. In the future, the classifier of the employee's workload level and biological markers will be combined into a model for assessing the state of the operator of a cyber-physical system.

*Keywords:* neural networks, multi-class classification, biomarkers, models, systems, state.

**Пенин Андрей Семенович**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург  
gorogtheghost@gmail.com

*Аннотация.* В ходе исследовательской работы были изучены основные биологические маркеры человеческого организма и отобраны для дальнейших исследований те из них, которые удовлетворяли поставленным требованиям. Был разработан классификатор уровня нагрузки сотрудника на основе метода дерева решений, точность классификации составила 76%, значение функции потерь составило 0,23. В дальнейшем классификатор уровня нагрузки сотрудника и биологические маркеры будут объединены в модель оценки состояния оператора киберфизической системы.

*Ключевые слова:* нейросети, мультиклассовая классификация, биомаркеры, модели, системы, состояние.

**Ч**еловек был и остается крайне уязвимым элементом любой системы, частью которой он является, будь то с физической или информационной точки зрения. И если раньше информационные технологии позволяли повысить его безопасность лишь в цифровом пространстве, современное их развитие дает возможность выйти за его пределы, особенно в ситуациях, когда люди особенно уязвимы, например, при работе в условиях Крайнего Севера.

Работники удаленных предприятий, работающие вахтовым методом, подвергаются постоянной опасности природного и техногенного характера [4]. С целью обеспечения их личной безопасности и безопасности условий труда, а также для контроля за их деятельностью возможно использовать носимые устройства (таких как «умные часы» и пр.), которые способны собирать и анализировать общую информацию о состоянии организма по так называемым «биомаркерам» [1].

Под «биомаркерами» при этом следует понимать набор биологических признаков, которые в совокупности могут быть использованы для идентификации текущего состояния организма [2]. К таковым признакам можно отнести:

- ◆ температуру тела;
- ◆ сатурацию;
- ◆ кровяное давление;

- ◆ пульс;
- ◆ и др.

Все указанные характеристики относятся к биомаркерам нулевого типа, т.е. указывающим на наличие заболеваний и связанных с ними клинических проявлений. Используя собранные с помощью носимых устройств статистические данные [3], а также современные технологии анализа данных с помощью нейросетей становится возможным решить следующие задачи:

- ◆ оценить текущие физиологические процессы в организме;
- ◆ спрогнозировать риск появления новых и развития старых заболеваний;
- ◆ оценить эффективность лечения текущих заболеваний;
- ◆ на основании собранных данных определить негативные факторы окружающей среды;
- ◆ сформировать градацию сложности выполняемых на предприятии физических работ.

Решение указанных задач позволяет добиться сразу нескольких целей. В первую очередь такое решение позволит сформировать и поддерживать в постоянно актуальном состоянии базу данных о медицинском состоянии работников, работающих в неблагоприятных условиях. Такая база данных может быть использована для проведения аналитической работы по оценке эф-

фективности решения различных категорий задач различными сотрудниками, влиянии различных категорий задач на медицинское состояние работников и др. Немаловажным будет и возможность раннего выявления различных профессиональных заболеваний [5, 9], развитие которых может быть незаметно на раннем этапе без специализированного обследования, но которые могут повлиять на качество жизни работников предприятия.

Следует отметить, что сбор перечисленных данных и их анализ в данный момент уже активно применяется во многих видах деятельности в форме регулярных медицинских осмотров работников, однако такие процедуры имеют высокую (из-за необходимости проводить их для каждого работника в течение длительного периода времени) стоимость и разделены между собой значительным временным промежутком, в ходе которого могут возникнуть опасности для медицинского состояния работника, которые не будут выявлены до следующего регулярного осмотра. Предлагаемое решение предполагает постоянный автоматизированный мониторинг состояния работников предприятия, что должно позволить использовать информационные технологии для снижения риска получения травмы или профессионального заболевания при работе на предприятии [9]. При этом разрабатываемое решение имеет возможность оставаться более экономически эффективным, чем применяемые в данный момент методики.

Таким образом, формализуя уже сказанное, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью поддерживать высокий уровень безопасности работников предприятий располагающихся в неблагоприятных условиях и сложностью обеспечения заданного уровня безопасности.

Целью настоящего исследования является разработка классификатора нагрузки для модели оценки состояния оператора киберфизической системы. Данный классификатор основывается на пульсе оператора и применяется для оценки уровня нагрузки. В рамках исследования нагрузка делится на три уровня: низкая-покой, средняя, высокая.

Научная новизна проводимого исследования определяется оригинальностью разрабатываемой системы оценки оператора киберфизической системы. Для этого используется классификатор, основанный на методе «дерева решений». Уникальность решения основывается на способе получения данных (с носимого устройства), а также на последующем применении разрабатываемого классификатора как части многокомпонентной системы. Такой подход позволит, используя биомаркеры и данные о активности оператора, упростить интерпре-

тацию статистических данных, что также является новым оригинальным решением.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что собираемые данные могут быть использованы для изучения влияния факторов окружающей среды и медицинских факторов на работников предприятий, расположенных в условиях Крайнего Севера с возможностью последующего тестирования. Практическая значимость исследования состоит в возможности повышения безопасности предприятий путем внедрения разработанной модели и исследовании результатов её работы.

При подготовке к исследованию была сформирована выборка испытуемых состоящая из мужчин и женщин в возрасте от 27 до 35 лет. В набор данных была собрана информация о поле, росте, весе, склонности к курению, пульсе в состоянии покоя. Общее число испытуемых составило 232 человека. Затем участником было предложено проделать упражнения нескольких степеней интенсивности. Были записаны данные о пульсе участников во время прохождения упражнений. Данные упражнения были промаркированы. Были установлены следующие категории физической активности:

- ◆ легкая физическая активность/состояние покоя — в данную категорию попала деятельность, не выходящая за рамки повседневных задач в условиях нормального уровня стресса;
- ◆ средняя физическая активность — в данную категорию попала деятельность несколько повышающая сердечные сокращения. В качестве примера такой деятельности можно назвать быструю ходьбу, езда на велосипеде по ровной поверхности и т.д.;
- ◆ высокая физическая активность — в эту категорию попала деятельность, которая в значительной степени влияет на сердечные сокращения: бег, тяжелые физические упражнения, плавание на дистанцию и т.п.

При разработке классификатора рассматривались данные некурящих людей обоего пола. Таким образом число испытуемых снизилось до 206 человек. Средний рост испытуемых составил  $165,71 \pm 6,31$  см у женщин и  $180,34 \pm 6,04$  см у мужчин. Средний вес составил  $61,15 \pm 6,98$  кг у женщин и  $80,12 \pm 12,64$  кг у мужчин. Из них 32 человека занимались легкой физической активностью, 78 человек занимались физической активностью средней тяжести, 96 человек испытывали тяжелые физические нагрузки.

Для разработки классификатора были использованы следующие методы: логистическая регрессия, дерево принятия решений, случайный лес. В качестве функции

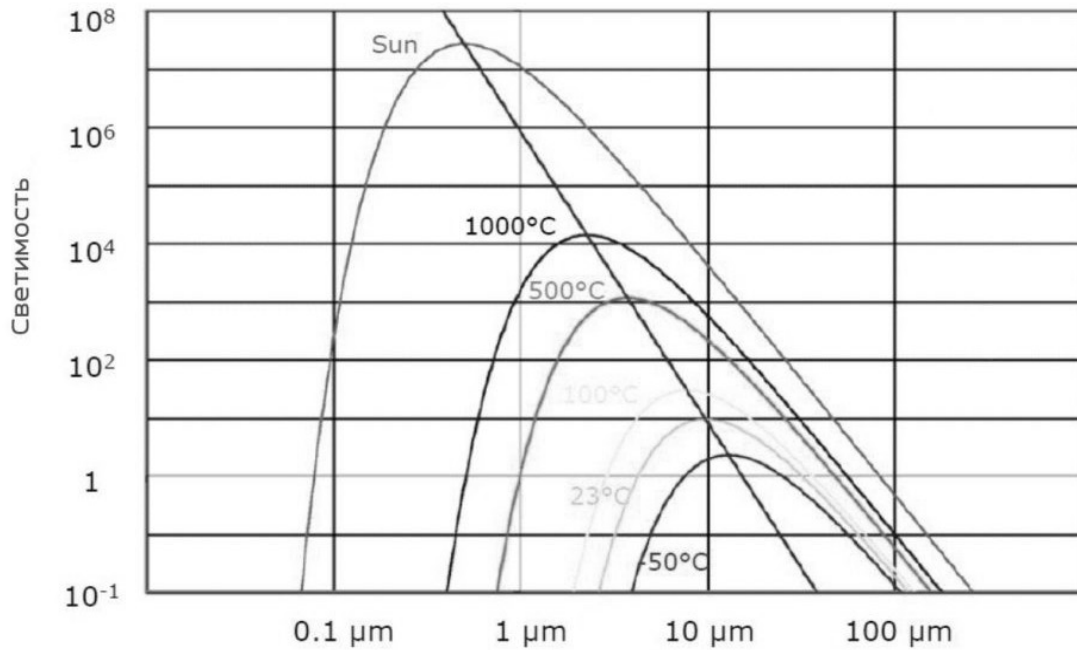


Рис. 1. График температуры объекта в зависимости от исходящего от него ИК излучения

потерь использовалась средняя абсолютная ошибка. В качестве меры оценки качества работы модели использовалась достоверность (accuracy) полученной модели. Размер тестовой выборки составил 20% от всего набора данных.

Кроме того, были сформированы требования к биомаркерам, используемым в дальнейших исследованиях, и отобраны биомаркеры удовлетворяющие выставленным требованиям.

В данном разделе будут подробно рассмотрены использованные в ходе разработки биомаркеры состояния оператора, используемые методы их получения, преимущества и недостатки данных методов. Кроме того, в данном разделе будет приведена информация по исходным данным, используемым при построении будущей модели.

Все отобранные маркеры отвечали следующим требованиям:

- ◆ показательность изменений значений биомаркера. Под показательностью в данном случае имеется ввиду прямая зависимость между изменением биомаркера и изменением состояния работника;
- ◆ возможность простого считывания биомаркеров средствами носимого устройства;
- ◆ экономическая эффективность такого считывания. В данном случае экономически эффективным считается отсутствие необходимости

разработки специализированного носимого устройства и использование базового доступного функционала.

В качестве первого маркера в модели используется температура тела оператора. Данный параметр может изменяться под воздействием внешней среды, физических нагрузок, пищи, стресса, умственной работы и т.п. Однако одним из важнейших факторов изменения температуры тела является ответ иммунитета на заболевание. Рассмотрим вопрос изменения температуры подробнее.

Описанные выше причины можно поделить на внешние (возникшие в результате воздействия на человека извне или его деятельности) и внутренние (возникшие в результате процессов внутри человеческого тела). При этом внутренние изменения температуры тела являются более четким маркером медицинского состояния оператора, однако однозначная классификация источника изменения температуры тела с помощью носимого устройства является отдельной задачей, не решаемой в рамках текущего исследования. Вместе с тем, постоянный контроль температуры операторов позволит заранее определить изменения состояния их здоровья, условий труда или вида деятельности.

Для получения информации о температуре тела с помощью носимого устройства предполагается использование метода с регистрацией инфракрасного(ИК)-излучения, на основании интенсивности кото-

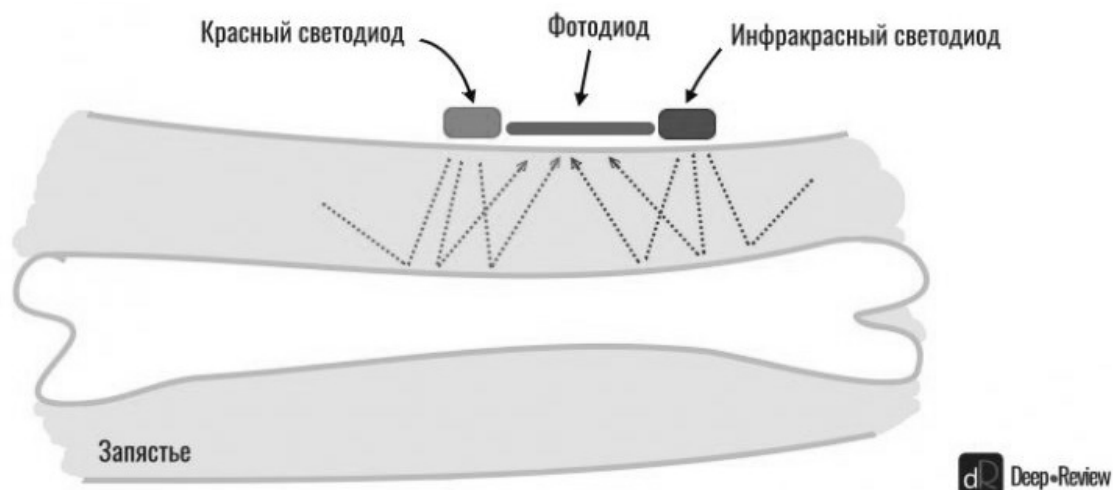


Рис. 2. Схема работы пульсоксиметров основанных на отраженном свете

рого и вычисляется температура тела. Преимуществом данного метода является возможность измерения температуры даже на расстоянии, при этом тепловая инерция ИК-датчиков не превышает аналогичных показателей электронных термометров [11]. Однако у данной технологии существует ряд недостатков, среди которых присутствуют следующие:

- ◆ разность излучения у разных материалов;
- ◆ высокая (до 0.5 градусов) погрешность при неправильной эксплуатации;
- ◆ высокая стоимость в сравнении с традиционными приборами;
- ◆ необходимость в частом техосмотре.

На рисунке 1 представлен график температуры объекта в зависимости от интенсивности исходящего излучения.

Следующим рассматриваемым маркером является сатурация. Сатурацией называют показатель уровня насыщения крови кислородом, при этом чем выше уровень насыщения, тем выше сатурация. Нормальным считается уровень сатурации от 94% [6], при этом к причинам по которым уровень сатурации может измениться относятся:

- ◆ избыточный вес;
- ◆ анемическое состояние;
- ◆ повышенное артериальное давление;
- ◆ дисфункция щитовидной железы;
- ◆ болезни сердца;
- ◆ нарушение работы системы кровообращения;
- ◆ травмы.

Как видно из перечисленного списка, все рассматриваемые причины так или иначе связаны с ухудшением

медицинского состояния работника. Таким образом изменения сатурации является одним из важнейших маркеров для модели, позволяющим с большей точностью определить разницу между изменениями, возникающими в результате физической нагрузки, и изменениями, являющимися следствиями травм.

Для оценки сатурации используется модифицированная схема стандартного пульсоксиметра, реализованная таким образом, чтобы быть помещенной в носимое устройство. Для этого в корпусе устройства рядом с фотодиодом устанавливаются красный и инфракрасный светодиоды, которые испускают свет, отражающийся от кости и улавливаемый фотодиодом. Проходя через сосуды такой свет поглощается гемоглобином, причем молекулы с кислородом и молекулы без кислорода по разному поглощают волны разной длины. Первые лучше поглощают красный свет, вторые — инфракрасный. Таким образом для определения уровня насыщения крови кислородом достаточно узнать, сколько инфракрасного и красного света было поглощено гемоглобином. Схема работы такого устройства приведена на рисунке 2.

Недостатком такого устройства является его неточность в условиях, когда исследование проводится при ярком свете, если объект, на который установлен датчик, находится в движении, если свет датчиков проходит через отражающие поверхности, если сам пульсоксиметр установлен неправильно. Все эти условия могут встречаться на реальном производстве, что необходимо учесть при обработке данных с устройства. Кроме того, в некоторых чрезвычайных ситуациях показания пульсоксиметра могут быть ложными, например при отравлении угарным газом. Однако, не смотря на это,

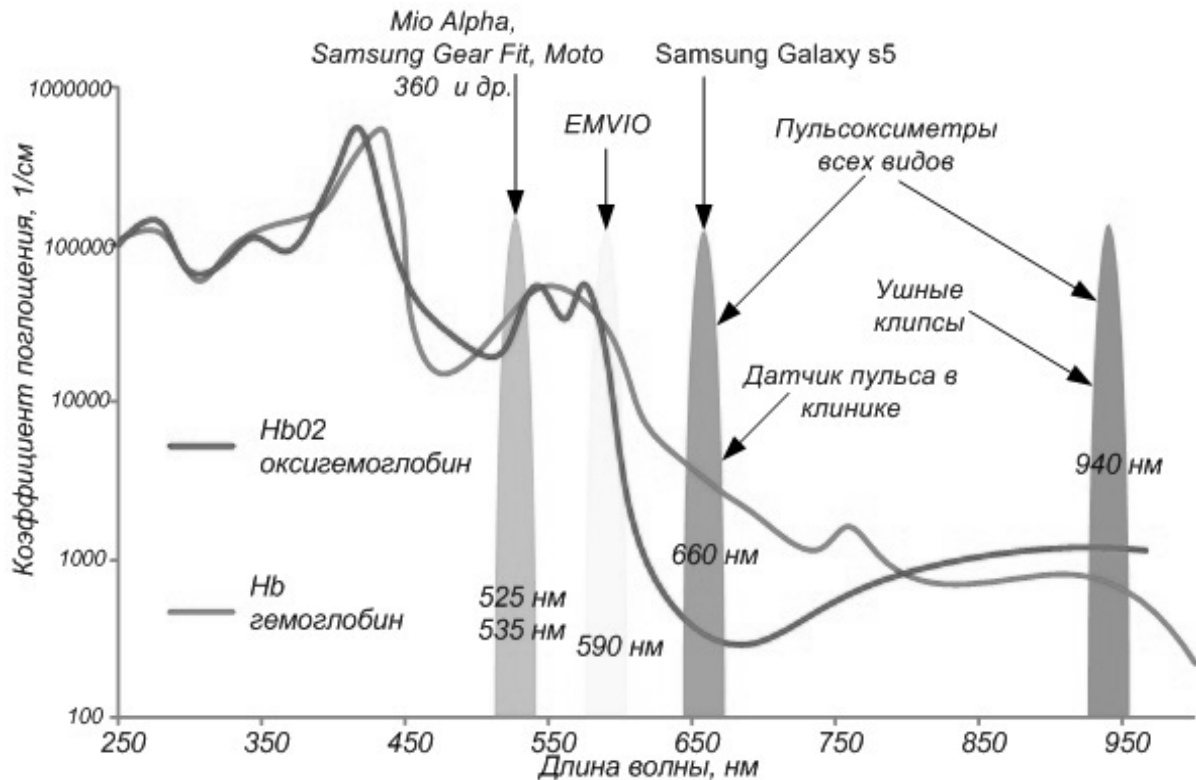


Рис. 3. Кривая поглощения света гемоглобином с указанием основных используемых спектров излучения фотоплетизмографических датчиков и устройств, в которых они применяются

использование сатурации как одного из определяющих маркеров в совокупности является оправданным.

Ещё одним биомаркером, используемом в разработанной модели, является пульс. Пульс — это толчкообразные колебания стенок артерий, связанные с сердечными циклами. В более широком смысле под пульсом понимается любое изменение в сосудистой системе, связанное с деятельностью сердца. При этом средними нормальными показателями считается частота пульса от 60 до 100 ударов в минуту[7]. При этом следует отметить, что характеристика артериального пульса (т.е. полученного путем оценки количества сокращений стенок кровеносных сосудов) и характеристика «сердечного» пульса (измеряемого по электрической активности сердца) не совпадают между собой. Они имеют разную физиологическую природу, разную форму временной кривой, разный фазовый сдвиг и, как следствие, требуют разных методов регистрации и обработки. В данном исследовании использовалась характеристика артериального пульса.

При этом следует понимать, что изменения пульса сами по себе не могут быть средствами идентификации состояния носителя. Повышение пульса может быть связано с употреблением кофеин-содержащих продуктов,

физическая нагрузка, применение некоторых препаратов, заболеваниями сердечно-сосудистой системы, болезни эндокринной системы. К понижению пульса, в свою очередь, может привести прием медицинских препаратов, ряд инфекционных заболеваний, вегетативная патология нервной системы и др. Таким образом данные по пульсу несут в себе в первую очередь уточняющий характер по отношению к остальным, а сам пульс является вспомогательной характеристикой.

Для измерения пульса в носимых устройствах используется оптический метод (фотоплетизмография). В нем сужение и расширение сосудов под действием артериальной пульсации вызывает соответствующие изменения амплитуды сигнала, получаемого фотоприемником. При этом важную роль играет длина волны сигнала. На сигналы с разной длиной по-разному влияют различные артефакты, такие как: артефакты движения, индивидуальные свойства кожи, толщина подкожного слоя жира и прочее. На рисунке 3 представлена кривая поглощения света гемоглобином и основные спектры излучения фотоплетизмографических датчиков.

Как видно из рисунка, оптимальными для решения задачи определения пульса являются значения длины

волны в промежутке 500–600 нм. При этом чаще всего в современных носимых устройствах используются длины волны 525–535 нм (зеленый свет).

Последним из использованных в разработке биомаркеров стало давление. Кровяное давление — это то давление, которое кровь оказывает на стенки сосудов. Данный маркер является параметром, характеризующим работу кровеносной системы, и определяется объемом крови, перекачиваемым за единицу времени сердцем и сопротивлением сосудистого русла. В данной исследовательской работе под давлением подразумевается в артериальное давление, формирующееся из пары значений: систолического давления (давления в момент сжатия сердца) и диастолического давления (давления в момент расслабления сердца). Давление может меняться вследствие смены времени суток, погоды, психологического состояния человека, приема препаратов или медикаментов, питания, физических нагрузок [8]. С его помощью удобно определять общую нагрузку на организм во время проведения работ и ответ организма на эту нагрузку. Таким образом открывается возможность на формирование более оптимальных условий труда.

Существует несколько методик по оценке давления с помощью носимых устройств, ниже приведем три наиболее распространенных:

- ◆ комбинированный с ЭКГ датчиком. Данная методика позволяет получить достаточно точный результат. Однако она сложна в реализации из-за необходимости наличия ЭКГ устройства;
- ◆ осциллометрический метод, применяемый также в медицинских тонометрах. Является наиболее точным из отобранных, одна в то же время наиболее трудных в реализации;
- ◆ расчет на основании данных с пульсометра и внешних пользователем данных о росте, весе, возрасте, поле и т.д. Результаты полученные таким образом наименее точны и эффективны, но при этом такой вариант является самым простым в реализации и доступным. Используемые при разработке модели данные были получены именно таким образом.

Датчики для считывания отобранных биомаркеров будут размещены в носимых устройствах в виде браслетов, расположенных на левой и правой руках оператора системы. В качестве итогового получаемого значения данных от оператора будет использоваться среднее значение между показателями датчиков на обеих руках.

Одной из систем, разрабатываемых в рамках анализа получаемых таким образом данных является классификатор нагрузки, основанный на данных о пульсе.

В качестве метода для поиска решений для классификатора на основе логистической регрессии был использован метод `liblinear`, лучшим образом подходящий для небольших наборов данных. Норма регуляризации выбрана  $l_2$ , параметр регуляризации  $C=1$ . Так как задача подразумевает мультиклассовую классификацию, был также задействован параметр `multi_class` в значении «ovr». Средняя взвешенная достоверность модели составила 0,73. Значение средней абсолютной ошибки составило 0,26.

При работе с деревом решений использовался критерий Джини [10]. Размер максимальной глубины дерева был выбран 6, минимальное количество листьев составило 10. Данные параметры были подобраны эмпирическим путем для повышения показателей итогового классификатора. В результате средняя взвешенная достоверность модели составила 0,76, значение средней абсолютной ошибки составило 0,23.

В работе с случайным лесом также был задействован критерий Джини. Количество составляемых деревьев (`n_estimators`) было определено как 10, в качестве максимальной глубины было установлено значение 5. Данные параметры также были подобраны эмпирически. Результатом работы классификатора стала средняя взвешенная достоверность модели 0,71 и значение средней абсолютной ошибки 0,28.

По итогу сравнения результатов работы классификаторов можно сделать вывод, что достоверность результатов при использовании дерева решений является наибольшей, а значение средней абсолютной ошибки — наименьшим.

## Обсуждение

Результатом данного исследования стало создание классификатора уровня нагрузки оператора киберфизической системы на основании данных о пульсе, получаемых с носимого устройства оператора. Данный классификатор основывается на методе дерева решений. Значимость полученного результата состоит в том, что полученный классификатор позволит в дальнейшем определять уровень физической нагрузки, выполняемой работником в момент времени, что в сочетании с иными биомаркерами, рассмотренными в данном исследовании, позволит сформировать модель состояния оператора киберфизической системы в каждый момент времени.

Достоверность результатов работы полученного классификатора составляет 76%. Данный результат является приемлемым в рамках текущего научного исследования, однако может быть улучшен при дальнейшей работе над



разрабатываемой моделью. Причиной получения такого результата может заключаться в малом объеме рассматриваемой выборки. Данная проблема может быть решена при внедрении результатов разработки на реальное предприятие, где будет иметься возможность получения большого количества данных. Кроме того, существует возможность, что лучший результат мог быть достигнут с использованием иных методов классификации, например, с помощью нейронных сетей. Данный вопрос также может быть исследован в дальнейшем.

В ходе проведения исследования были изучены различные биомаркеры и отобраны те, которые из них, которые удовлетворяют требованиям, выставляемым целями исследования. Итоговыми биомаркерами стали: температура тела, сатурация, пульс, артериальное давление. В качестве маркеров деятельности были использованы показания акселерометра и гироскопа, расположенных в браслетах на правой и левой руке работника. Теоретическая значимость данного исследования заключается в формировании возможности изучения влияния окружающей и рабочей среды на сотрудников предприятия в условиях вредоносного производства. Собираемые с помощью носимых устройств статистические данные будут иметь меньшую точность, чем те, которые были получены в результате специальных обследований, однако они будут собираться в течение большего периода времени и охватывать различные виды деятельности сотрудников предприятия. В будущем будут проводиться

дальнейшие исследования на данную тематику. Практическая значимость состоит в формировании набора требований к оборудованию, достаточному для получения приемлемой информации о медицинском состоянии работников предприятия.

Был разработан классификатор уровня физической нагрузки работника на базе дерева решений. Данный классификатор позволяет со средней точностью (76%) определить величину физической нагрузки, испытываемой оператором системы. Практическая значимость данного исследования состоит в потенциальной возможности контроля деятельности работников предприятия.

Дальнейшие исследования будут направлены на повышение точности работы классификатора, сборке большей выборки данных, объединение разработанного классификатора нагрузки и системы считывания биомаркеров в единую информационную модель оценки состояния оператора киберфизической системы. Такая модель позволит использовать технологии искусственного интеллекта для определения медицинского состояния работника на удаленном предприятии, учитывая при этом факторы окружающей среды и его непосредственной деятельности. Таким образом информационные технологии позволят добиться улучшения качества жизни операторов и повышения их безопасности при работе даже в самых неблагоприятных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биомаркеры — индикаторы состояния здоровья [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://medinteres.ru/interesnyie-faktyi/biomarkeryi.html> (дата обращения 28.03.2022)
2. Долгов В.В., Шевченко О.П., Шевченко А.О. Биомаркеры в лабораторной диагностике // Биомаркеры в лабораторной деятельности — 2013 — с. 14
3. Интернет вещей и его значение для промышленности [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.pwc.ru/ru/publications/iot-for-industry\\_.pdf](https://www.pwc.ru/ru/publications/iot-for-industry_.pdf) (дата обращения 28.03.2022)
4. Корнеева Я.А., Дубинина Н.И., Симонова Н.Н., Дегтева Г.Н., Федотов Д.М. Риски в профессиональной деятельности вахтовых работников в условиях Крайнего Севера // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН — 2013 — № 3(91) Часть 2 — с. 83
5. Литвяков А.М., Щупакова А.Н. Общие вопросы профессиональной патологии // Профессиональные заболевания — 2011 — с. 7
6. О сатурации кислорода в крови [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://aptstore.ru/articles/saturatsiya-kisloroda-v-krovi/> (дата обращения 28.03.2022)
7. Пульсовое давление в крови [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pulsovoe-davlenie-krovi-rol-v-gemodinamike-i-prikladnye-vozmozhnosti-v-funktsionalnoy-diagnostike> (дата обращения 28.03.2022)
8. Повышенное давление: причины и особенности лечения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://aptstore.ru/articles/povyshennoe-davlenie-prichiny-i-osobennosti-lecheniya/> (дата обращения 28.03.2022)
9. Стасева Е.В., Теплякова Н.А. Медосмотры как факторы ранней диагностики профзаболеваний // Молодой ученый — 2016 — № 18.1(122.1) — с. 21–23
10. Соколов Е.А. Решающие деревья // Лекции ФКН ВШЭ — 2018 — с. 5.
11. Тепловая инерция температурных датчиков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://isup.ru/articles/16/15436/> (дата обращения 28.03.2022)

# МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ СРЕДОЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСОСКЕЛЕТНОЙ СИСТЕМОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТКРЫТОГО ПРОТОКОЛА

## MODEL OF DATA TRANSMISSION BETWEEN THE SIMULATION ENVIRONMENT AND EXOSKELETON SYSTEM USING AN OPEN PROTOCOL

*N. Provotorov  
I. Taratonov*

*Summary.* The paper presents a solution for ensuring the interaction of software and hardware elements of an exoskeleton system with a simulation environment using an open data transmission protocol. The paper contains general model of interaction between systems and structural representation of the developed software module. The rationale and a brief description of the selected data transmission protocol are given, the results of simulation the software module real model are presented.

*Keywords:* data transmission model, protocol, intersystem interaction, exoskeleton system, simulation modeling.

**Провоторов Николай Васильевич**

Аспирант, Московский Политехнический  
Университет

provotorovworkmail@gmail.com

**Таратонов Илья Александрович**

Генеральный директор, ООО «Полдень. 21-й век»

ilya.taratonov@1221.su

*Аннотация.* В статье представлено решение по обеспечению взаимодействия программно-аппаратных элементов экзоскелетной системы со средой имитационного моделирования с применением открытого протокола передачи данных. В работе освещается общая модель взаимодействия между системами и структурное представление разработанного программного модуля. Приведено обоснование и краткое описание выбранного протокола передачи данных, представлены результаты симуляции реальной модели программного модуля.

*Ключевые слова:* модель передачи данных, протокол, межсистемное взаимодействие, экзоскелетная система, имитационное моделирование.

**В** работе представлена модель передачи данных (далее МПД) между средой имитационного моделирования (далее СИМ) и экзоскелетной системой (далее ЭС). Цель проработки модели заключается в построении механизмов двунаправленного взаимодействия между СИМ и программно-аппаратными элементами ЭС с применением открытого протокола передачи данных.

Актуальность проработки МПД обусловлена необходимостью проведения имитационного моделирования совместно с программно-аппаратной частью ЭС для построения и оценки управляющих алгоритмов.

Существующие модели передачи данных ЭС ориентированы на применение в условиях физического моделирования робототехнических систем. В таких системах основными критериями качества обмена данными является помехозащищенность канала, гарантия контроля целостности и доставки сообщений между узлами. Применяемые модели не ориентированы на высокую скорость передачи данных, имеют слабую поддержку коммуникационных интерфейсов для внешних систем

и используют узкоспециализированные протоколы передачи данных.

В условиях имитационного моделирования основными критериями качества передачи данных являются:

- ♦ скорость обмена по каналу передачи;
- ♦ поддержка большого спектра современных коммуникационных технологий;
- ♦ гибкость системы транспортного уровня для поддержки большого набора существующих протоколов передачи данных.

Модель передачи данных рассматривается с точки зрения открытой системы, придерживающейся стандартов сетевой модели DOD (TCP/IP) [7]. Она включает в себя стек протоколов, обеспечивающих функции межсетевое взаимодействие, используя для обработки полезной нагрузки сетевых пакетов внешний протокол.

Разработка модели передачи данных состоит из следующих основных этапов:

1. разработка концептуальной схемы передачи данных между СИМ и ЭС;

Таблица 1. Сравнительный анализ выбранных протоколов прикладного уровня.

Название протокола	Топология	Зависимость от сетевой модели	Масштабируемость системы (кол-во устройств)	Размер пакета полезной нагрузки (байт)	Производительность передачи	Стоимость реализации
MQTT	звезда	да	ограничено аппаратной реализацией (брокера)	0–255	зависит от канала передачи	не требует дополнительного оборудования
ModbusTCP	звезда	нет (модификации Modbus rtu и ASCII)	ограничено сегментом сети TCP/IP	0–252	низкая	не требует дополнительного оборудования
CIP Ethernet/IP	кольцо, звезда, дерево или шина	да	ограничено сегментом сети TCP/IP	12–1472	высокая	не требует дополнительного оборудования
MAVLink	не привязан к топологии	нет	до 256 подсистем, включающих 256 компонентов.	0–255	зависит от канала передачи	не требует дополнительного оборудования
EtherCAT	кольцо	да	(практически неограниченно) 65535	12–1472	высокая	необходимы специальные микросхемы для ведомого устройства

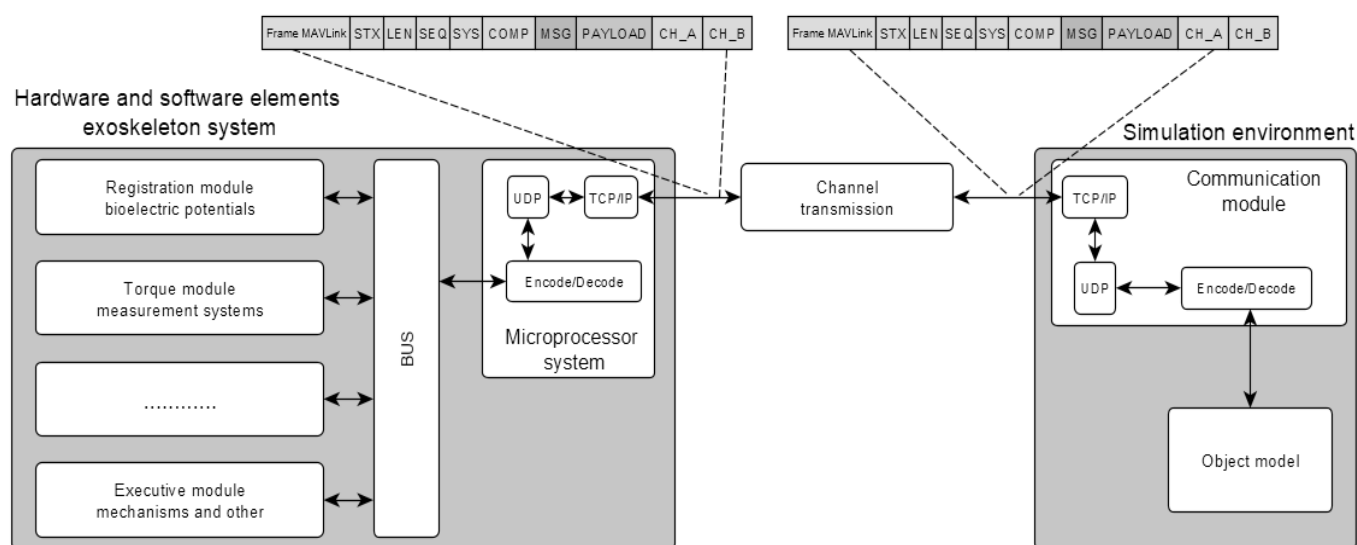


Рис. 1. Общая модель передачи данных

2. анализ открытых протоколов передачи данных;
3. выбор протокола на основании проведенного сравнительного анализа;
4. разработка модели узла, реализующего двунаправленный обмен между СИМ и ЭС;
5. построение узла двунаправленной передачи средствами графического языка программирования в СИМ;

6. апробация построенной модели, используя СИМ с поддержкой графического языка программирования.

Основной принцип взаимодействия между СИМ и программно-аппаратными элементами ЭС представлен в виде общей модели передачи данных (см. рис. 1).

Таблица 2. Качественные оценки атрибутов рассматриваемых протоколов.

Вес атрибута (h)	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
Название протокола	Топология	Зависимость от сетевой модели	Масштабируемость системы (кол-во устройств)	Размер пакета полезной нагрузки (байт)	Производительность передачи	Стоимость реализации
MQTT	2	0	3	2	4	4
ModbusTCP	2	3	4	2	0	4
CIP Ethernet/IP	3	0	4	4	3	4
MAVLink	4	4	2	2	4	4
EtherCAT	0	0	3	4	3	0

Такая модель отражает основные узлы, участвующие в передаче данных, и их структурную организацию.

В качестве основного рассматриваемого узла ЭС выступает блок микропроцессорной системы (далее МПС). Этот блок является главным вычислительным узлом, который выполняет функции: сбора данных с шины от периферийных узлов системы, обработки данных, прием/передачи информации по каналу связи.

Узлом передачи данных СИМ является коммуникационный модуль. Он представляет собой программный блок, выполняющий функции транспортировки данных между математической моделью объекта и каналом передачи.

Обмен данными между двумя рассматриваемыми системами осуществляется при помощи канала передачи данных, организация которого описывается стандартами протоколов выбранной сетевой модели.

Построение общей модели передачи данных позволило выделить основные узлы систем, участвующих в обмене, и сформировать требования к протоколу верхнего уровня сетевой модели. В перечень требований входят: возможность работы поверх стека TCP/IP, открытая лицензия, независимость от канального и физического уровней сетевой модели.

Для выбора протокола передачи данных необходимо провести анализ наиболее распространенных существующих решений. Отталкиваясь от требований, предъявляемых к стандарту передачи данных, можно выделить следующую группу: MQTT, ModbusTCP, MAVLink, CIP Ethernet/IP, EtherCAT. Наиболее значимые для данной задачи параметры протоколов представлены в таблице 1. Информация для сравнительного анализа получена из свободных источников [3, 4, 6,8]:

Параметры рассматриваемых протоколов, приведенных в таблице 1, имеют такие атрибуты, как вес (h) и качественная оценка. В соответствии с данными атрибутами была составлена таблица 2, характеризующая

в метрической шкале пригодность атрибута протокола для решения поставленной задачи.

Качественная оценка выражается в метрической шкале от 0 до 4, которая отражает полезность значения атрибута применительно к рассматриваемой модели. Значения применяемой шкалы имеют следующие эквиваленты в ранговом представлении:

0 — крайне неподходящее, оказывает негативное влияние на параметры системы, затрудняет дальнейшее развитие модели;

1 — не рекомендуется к применению. Параметр с такой оценкой создает потенциальные сложности для дальнейшего развития системы;

2 — применимо в случае отсутствия альтернативных решений. Параметр с данной оценкой накладывает незначительные ограничения на развитие системы;

3 — применим для решения поставленной задачи. Характеристики, отмеченные данным значением, положительно влияют на параметры эффективности и гибкости модели передачи данных;

4 — рекомендуемый к применению. Параметр, отмеченный данной оценкой, лучшим образом подходит для применения в разрабатываемой модели передачи данных. Такой параметр является перспективным с точки зрения дальнейшего развития системы.

Вес показывает насколько критично значение параметра для данной системы.

Применимость протокола для решения поставленной задачи выносится на основании рассчитанного по формуле 1 коэффициента пригодности (k).

$$k = \sum(h_i * b_i), \tag{1}$$

где  $h_i$  — вес качественной оценки параметра протокола;

$b_i$  — значение коэффициента качественной оценки.

Коэффициент имеет безразмерную величину и используется в качестве сравнительной характеристики

Таблица 3. Значения коэффициента пригодности для рассматриваемых протоколов.

Название протокола	Оценка пригодности для решения задачи
MQTT	2,3
ModbusTCP	2,5
CIP Ethernet/IP	2,5
MAVLink	3,6
EtherCAT	1,3

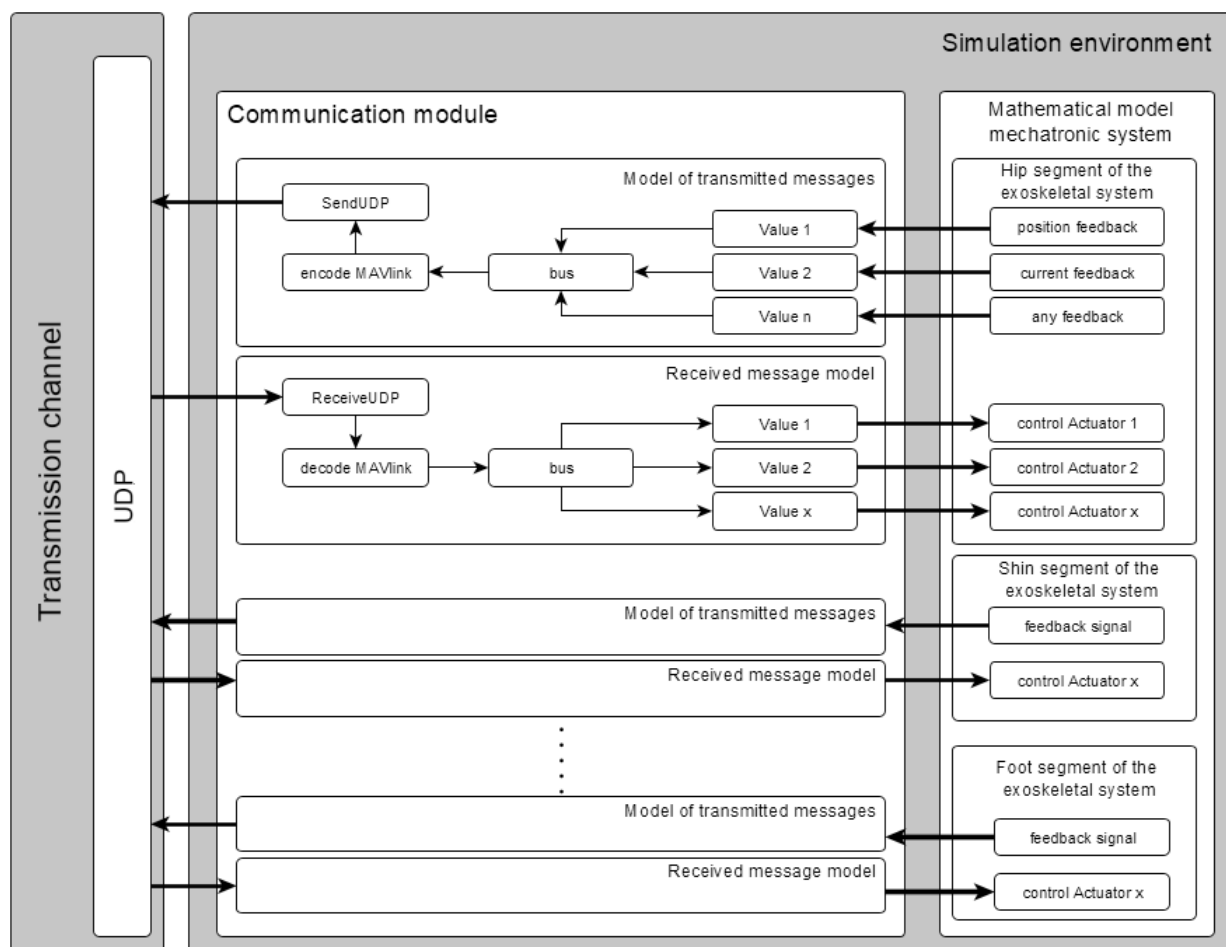


Рис. 2. Модель коммуникационного модуля

для обоснования выбора протокола. Значения коэффициента для каждого из протоколов представлены в таблице 3.

По результатам проведенного анализа наиболее предпочтительным является MAVLink. Протокол не набрал максимально возможную оценку из-за сравнительно небольшой длины передаваемых данных и ограничений по масштабируемости системы. Указанные атрибуты имеют небольшой вес, что означает незначительное отрицательное влияние на качество транспортировки данных.

Реализация модели передачи данных, представленной на рисунке 1, заключается: в создании программного модуля, обозначенного как «коммуникационный модуль», и обеспечении программным слоем ЭС, реализующим работу с MAVLink поверх протоколов выбранной сетевой модели.

Коммуникационный модуль (см. рис. 2), входящий в состав системы СИМ обеспечивает:

1. кодирование/декодирование данных согласно выбранному протоколу;

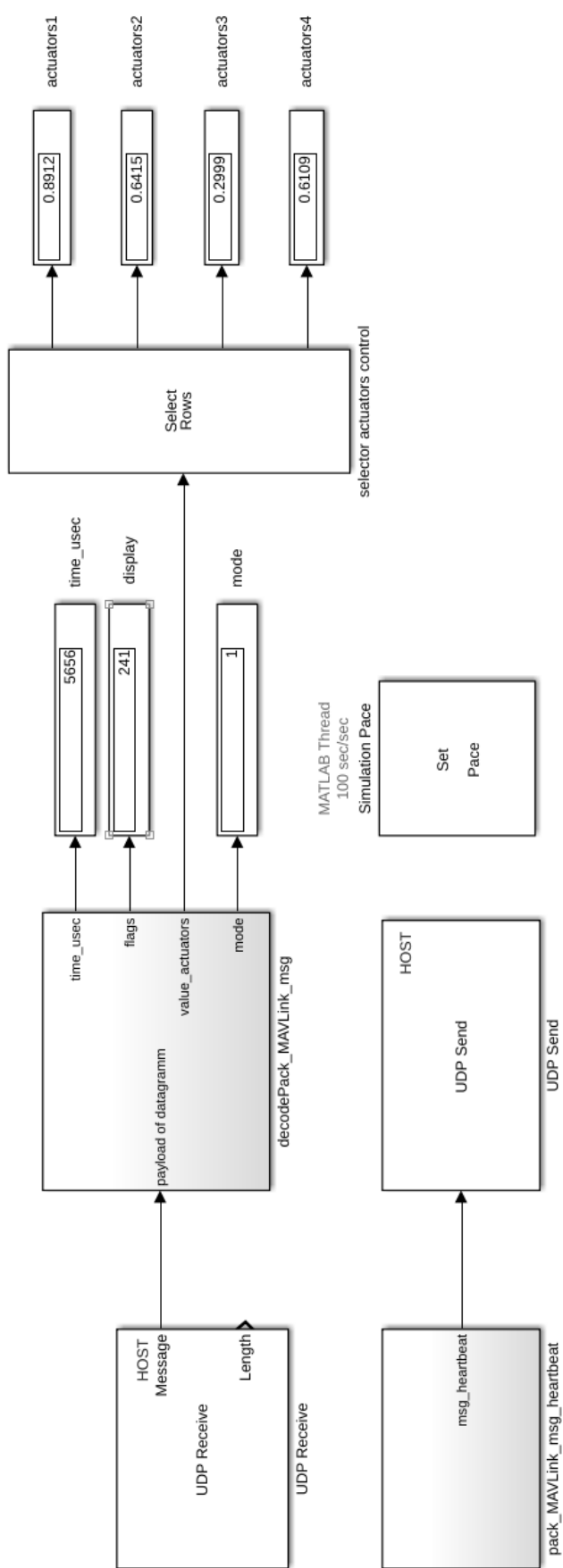


Рис. 3. Результат запуска симуляции модели совместно с программно-аппаратными элементами ЭС

2. обмен данными между математической моделью объекта и транспортным уровнем.

Для построения модели коммуникационного модуля необходимо конкретизировать транспортный уровень выбранной сетевой модели. Принято решение применить протокол управления передачей UDP, поскольку при проведении имитационного моделирования и работы с программно-аппаратными элементами ЭС необходимо поддерживать активным соединение между устройствами при кратковременных сбоях в канале связи.

Основными блоками коммуникационного модуля являются модели принимаемых и передаваемых сообщений. Эти модели предназначены для взаимодействия с транспортным уровнем передачи данных и выполняют функции упаковки/распаковки сообщений протокола. На рисунке 2 изображено общее представление моделей блоков для передачи и приема сообщений. Каждая модель передаваемого сообщения содержит в себе:

1. блок для передачи данных на удаленное устройство — «SendUDP»;
2. блок s-function, в который помещается скомпилированный код С для упаковки данных в сообщение MAVLink — «encodeMAVLink»;
3. шину, осуществляющую преобразование входных значений в заданную последовательность массива данных — «bus».

Входы шины соединяются с соответствующими выходными линиями математической модели. Выход шины соединяется со входом блока s-function для упаковки массива данных в сообщение.

Модель принимаемого сообщения содержит в себе:

1. блок для приема данных от удаленного устройства — «UDPReceive»;
2. блок s-function, в который помещается скомпилированный код С для декодирования входящего сообщения MAVLink — «decodeMAVLink»;
3. шину, осуществляющую преобразование массива данных в отдельные поля согласно ранее заданным типам — «bus».

Выходы шины соединяются с соответствующими входами модели объекта исследования. Вход шины соединяется с выходом блока s-function для преобразования массива данных принятого сообщения в отдельные независимые переменные.

Создание блоков s-function, осуществляющих работу по кодированию/декодированию сообщений протокола, выполняется с использованием набора библиотек, в число которых входят: mavlink/c\_library\_v2 и aditya00j/

simulink\_mavlink, предназначенная для генерации С кода и его последующей компиляции для использования в графическом языке программирования.

Для каждого принимаемого или передаваемого сообщения всегда создается один из блоков, описанных соответствующей моделью сообщений.

Структура представленного модуля имеет хорошую масштабируемость, поскольку модели принимаемых и передаваемых сообщений не зависят от типов передаваемых сообщений. Эти модели применимы для стандартных и пользовательских диалектов протокола. Диалект протокола представляет собой набор сообщений, доступных системе для передачи данных. Более подробная информация о диалектах MAVLink и о работе с ними представлена на страницах официальных источников [11, 12].

Представленная на рисунке 2 модель коммуникационного модуля была реализована средствами среды графического языка программирования. Ее внешний вид представлен на рисунке 3.

Модель коммуникационного модуля, построенного в СИМ, содержит в себе передаваемое и принимаемое сообщение.

Передаваемое сообщение представлено на рисунке 3 двумя блоками: «pack\_MAVLink\_msg\_heartbeat» и «UDP Send». Первый блок предназначен для упаковки данных в кадр протокола и передачи его в блок «Send UDP». Второй блок является реализацией транспортного уровня сетевой модели и служит для упаковки данных в пакеты и их отправку.

Принимаемое сообщение представлено тремя блоками: «UDP Receive», «decodePack\_MAVLink\_msg» и «select actuators control». Блок «UDP Receive» осуществляет прием сетевых пакетов и передачу их в «decodePack\_MAVLink\_msg» для разбора полезной нагрузки. Блок «decodePack\_MAVLink\_msg» предназначен для декодирования полученных данных согласно протоколу MAVLink и отправки их на вход математической модели. Применение блока «select actuators control» обусловлено спецификой принимаемых данных. Он осуществляет преобразования строки со значениями актуаторов в независимые каналы, которые подключаются к соответствующим входам математической модели.

В результате проработки МПД представлено одно из решений по обеспечению двунаправленного взаимодействия между СИМ и ЭС. Для этого были решены следующие задачи:

1. построена концептуальная модель передачи данных для описания общих этапов преобразования информации в процессе взаимодействия систем;
2. произведен анализ свободнолицензируемых протоколов, удовлетворяющих требованиям разрабатываемой модели, на основании которого в качестве протокола передачи данных выбран MAVLink;
3. создана модель коммуникационного блока СИМ, предназначенной для описания внутренней структуры и механизмов передачи данных между программно-аппаратными элементами ЭС и ее математической моделью;
4. синтезирована модель коммуникационного блока средствами графического языка программирования в СИМ;
5. произведена апробация представленной МПД между СИМ и ЭС, которая показала ее пригодность для взаимодействия программно-аппаратных элементов ЭС и математической моделью объекта, представленного средствами графического языка программирования в СИМ. Также апробация показала, что для разработанной МПД в качестве СИМ может использоваться пакет MATLAB Simulink.

Взаимодействие СИМ и ЭС позволяет исследовать предиктивную модель управления экзоскелетной системой [6] при помощи имитационного моделирования [1] с участием программно-аппаратных элементов ЭС. Такой способ моделирования позволяет:

1. дать оценку динамических параметров объекта исследования при непосредственном взаимодействии с физической моделью блока управления ЭС;
2. выполнить сравнительный анализ моделей управления ЭС;
3. упростить разработку и отладку программных алгоритмов системы управления путем итерационного тестирования модели управления на математической модели ЭС;
4. валидировать предиктивную модель на предмет коррелирования траекторий, полученных эмпирическим путем, и траекторий, полученных в результате имитационного моделирования [2, 9], минуя дорогостоящий процесс физического моделирования ЭС;
5. стандартизировать механизмы взаимодействия между модулями ЭС при помощи существующего открытого протокола и осуществить разработку унифицированного протокола передачи с учетом специфики области ЭС.

Таблица соответствий условных сокращений в статье на русском языке и обозначений на рисунках:

Условные обозначения используемые в тексте работы	Обозначения на рисунках
СИМ	Simulation environment
ЭС	exoskeletal system
МПС	Microprocessor system

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов М.В. / Имитационное моделирование: учебно-методическое пособие для подготовки к лекционным и практическим занятиям; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ). — 2016. — 60 с.
2. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов, монография // М.: РАН, 2018. — 314 с.
3. Обзор современных протоколов в системах промавтоматики. [Электронный ресурс] — URL: [https://habr.com/ru/post/473992/]
4. Описание протокола Modbus TCP. [Электронный ресурс] — URL: [https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-tcp/]
5. Провоторов Н.В, Таратонов И.А. Алгоритмы управления экзоскелетной системой нижних конечностей человека // Материалы XII международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2018) ф/ под общ. ред. В.П. Колосова. Благовещенск, 2018. С. 68–72.
6. Протокол MQTT описание и применение в IoT. [Электронный ресурс] — URL: [https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/]
7. Сетевая модель модель TCP/IP (DOD). [Электронный ресурс] — URL: [https://www.oslogic.ru/knowledge/245/modeli-osi-i-tcp-ip/]
8. Технология EtherCAT как инструмент реализации передовой архитектуры управления. [Электронный ресурс] — URL: [https://isup.ru/articles/3/665/]
9. Яцкив И.В. Проблема валидации имитационной модели и ее возможные решения. [Электронный ресурс] — URL: http://gps.ru/immod'03/043.html.
10. MAVLink Developer guide. [Электронный ресурс] — URL: https://mavlink.io/en/guide/ (Дата обращения: 03.01.2019 г.).
11. MAVLink Message Signing. [Электронный ресурс] — URL: https://mavlink.io/en/guide/message\_signing.html (Дата обращения: 02.01.2019 г.).

© Провоторов Николай Васильевич (provotorovworkmail@gmail.com), Таратонов Илья Александрович (Ilya.taratonov@1221.su).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# СТРУКТУРИРОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ (BIG DATA) ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТИ CNN-ELM В ЗАДАЧАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ

**Расулов Мирзо Максудович**

Аспирант, МИРЭА — Российский технологический университет  
mirzorasulov@gmail.com

## STRUCTURING BIG DATA (BIG DATA) TO TRAIN THE CNN-ELM NEURAL NETWORK IN THE TASKS OF PROGRAMMING RECOGNITION SYSTEMS

**M. Rasulov**

*Summary.* Based on the theory of scalability of machine learning, within the framework of this study, the concept of neural network training in the tasks of programming recognition systems is proposed. The large-scale approach has some limitations. In this study, to solve the problems of programming recognition systems, an approach is proposed for integrating asynchronous ELM components into the CNN convolutional network, based on the MapReduce parallel computing platform as a classifier module. This approach can save a lot of training time than single CNN-ELM models trained alone. This approach can improve scalability efficiency in machine learning systems by combining convolution and scaling approaches.

*Keywords:* big data structuring, deep learning, convolutional, neural network, big data.

*Аннотация.* На основе теории масштабируемости машинного обучения в рамках данного исследования предложена концепция обучения нейросети в задачах программирования систем распознавания. Масштабный подход имеет некоторые ограничения. В данном исследовании, для решения задач программирования систем распознавания, предложен подход для интеграции в сверточную сеть CNN асинхронных компонентов ELM, основанный на платформе параллельных вычислений MapReduce в качестве модуля классификатора. Такой подход может сэкономить больше времени на обучение, чем одиночные модели CNN-ELM. Этот подход может улучшить эффективность масштабируемости в системах машинного обучения, объединив подходы свертки и масштабирования.

*Ключевые слова:* структурирование больших данных, глубокое обучение, сверточная, нейронная сеть, большие данные.

## Введение

Сегодня наблюдается массовый рост объема информации и данных. Однако преимущества больших данных нивелируются, если ни одна из систем обработки данных не может адаптироваться к постоянно растущим данным достаточно быстро. Интеллектуальный глубокий анализ больших данных требует новых масштабных подходов машинного обучения в условиях ограниченного времени и ресурсов. Решение задач объема и скорости имеют важное значение для преодоления проблем больших данных [1]. Таким образом, требуется особый подход, чтобы максимизировать возможности использовать имеющееся обеспечение для эффективной работы на скорости, масштабируемости и простоте, представленных в реальном времени. Масштабирование должно обеспечить более быструю свертку больших данных за счет добавления различных размеров элементов в существующий пул.

Для повышения эффективности масштабируемости общепринятым подходом является параллельное выполнение процесса анализа больших данных. Параллельные вычисления должны осуществлять одновременное использование нескольких вычислительных ИС для решения масштабных задач программирования систем распознавания путем разделения процесса на более простые слои с учетом интеграции общей системы управления [2].

Для задач параллельного программирования, Google разработали платформу MapReduce [3], которая является фреймворком для распределенной обработки больших данных в кластере. Такое распределение задач на уровне является также характерным для сверточных моделей CNN, которое получает результат от параллельных вычислений и использует систему сверточных операций в множестве вычислительных ядер. Для решаемой задачи программирования систем распознавания

```

1: Define  $P = bm/kc$ 
2: Randomly partition the training, giving  $P$  examples to each machine.
3: for all  $i \in \{1, \dots, k\}$  parallel do
4:   Randomly shuffle the data on machine  $i$ 
5:   Initialize  $w_{i,0} = 0$ 
6:   for all  $p \in \{1, \dots, P\}$  do
7:     Get the  $p^{th}$  training on the  $i^{th}$  machine  $c^{i,p}$ 
8:      $w_{i,p} \leftarrow w_{i,p-1} - \eta \delta c_i(w_{i,p-1})$ 
9:   end for
10: end for
11: Aggregate from all machines  $v = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k w_i$ 
12: return  $v$ 
Algorithm 1: SimuParallelSGD(Training  $\{x^1, \dots, x^m\}$ ; Learning Rate  $\eta$ ; Machines  $k$ )
    
```

Рис. 1. Алгоритм параллельного SGD

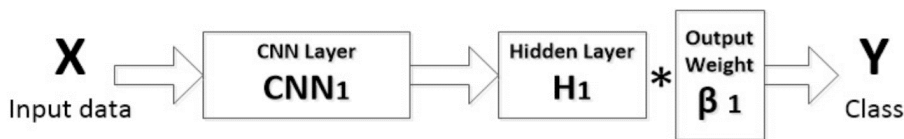


Рис. 2. Архитектура интеграции в сверточную сеть CNN компонентов ELM: выходные данные последнего слоя свертки представляются в виде скрытых узлов

для ускорения вычислений используется распараллеливание графических процессоров (GPU). Однако подход масштабирования при программировании систем распознавания по-прежнему имеет ограничения, вызванные главным образом объемом памяти, доступной на графических процессорах.

Изучая ограниченные возможности масштабирования, на базе MapReduce для распределения вычислений больших данных можно использовать алгоритмы CNN. Однако, при программировании систем распознавания важно ввести классификатор, такой как ELM. Для их соединения запустим процесс параллельного стохастического градиентного спуска (SGD)

Изложение основного материала

Для обоснования модели рассмотрим процесс ее реализации в параллельном SGD. В данной системе доступ к обучающим данным осуществляется отдельно каждой моделью и интегрируется только после ее завершения. Такой алгоритм параллельного SGD описан ниже (рис. 1).

После завершения оптимизации усредненный вес каждого слова заменяет обычный вес из SGD. То есть

процесс основан на идее разбиения данных на слои, однако построенное на его основе приложение для программирования систем распознавания требует большого количества априорной графической информации. Так, если имеются неограниченные данные обучения в пределах того же распределения, то можно построить обобщающую функцию отображения  $\beta$ . Но в системе по работе с большими данными при увеличении выборки обучающих данных или их массива ( $m$ ) становится возможным использовать  $\beta(w)$  как целевую функцию, только если определить  $w$  — базовые и классовые параметры обучения. В связи с этим для программирования систем распознавания можно предположить, что модуль MapReduce на основе ELM будет более эффективен при условии использования параллельных вычислений на базе слоев CNN. Поэтому мы утверждаем, что сам алгоритм CNN на основе обратного распространения нуждается в итерациях, чтобы получить оптимальное решение.

Большинство реализаций CNN используют GPU для ускорения операции свертки, которая требовала сотни ядер процессоров. Однако количество многоядерных процессоров намного меньше, чем может обеспечить GPU.

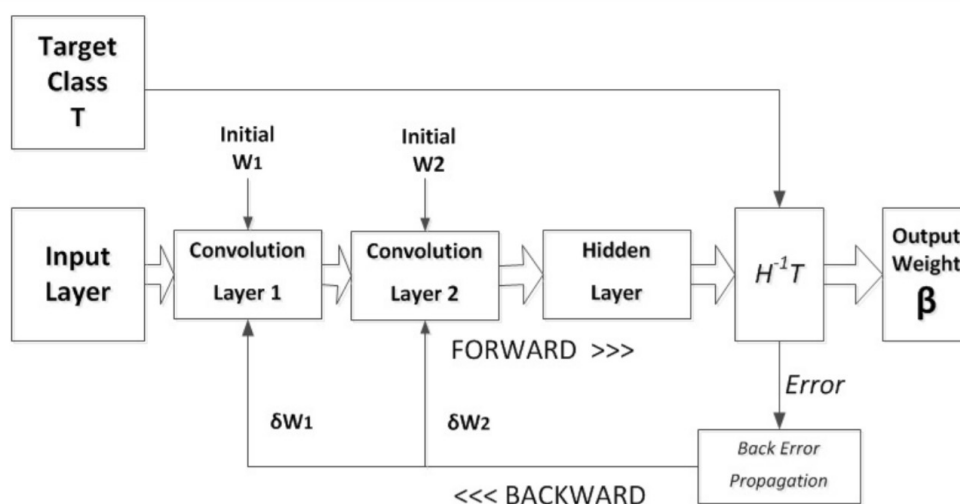


Рис. 3. Архитектура CNN

- 1: Define  $P = \lfloor m/k \rfloor$
- 2: Randomly partition the training, giving  $P$  examples to each machine.
- 3: Initialize CNN weight parameters similar for  $k$  machines
- 4: **for all**  $i \in \{1, \dots, k\}$  **parallel do**
- 5:     Randomly shuffle the data on machine  $i$
- 6:     **for all**  $j \in \{1, \dots, e\}$  **do**
- 7:         Reset  $\Sigma U = 0; \Sigma V = 0$
- 8:         **for all**  $p \in \{1, \dots, P\}$  **do**
- 9:             Get  $H$  from  $p^{th}$  CNN training on the  $i^{th}$  machine  $c^{i,p}$
- 10:             Compute  $\Sigma U = \Sigma U + H^T H$
- 11:             Compute  $\Sigma V = \Sigma U + H^T T$
- 12:             Compute  $\beta$
- 13:             Propagate ELM Error back to CNN
- 14:             Update Kernel Weights  $W_{ij}^{(l)}$  and bias  $b_{ij}^{(l)}$
- 15:         **end for**
- 16:     **end for**
- 17: **end for**
- 18: Aggregate for each  $l^{th}$  layers  $\hat{W}^{(l)} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k W_i^{(l)}$
- 19: Aggregate for each  $l^{th}$  layers  $\hat{b}^{(l)} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k b_i^{(l)}$
- 20: Aggregate for each  $l^{th}$  layers  $\hat{\beta} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \beta_i$
- 21: **return**  $\hat{W}, \hat{b}, \hat{\beta}$

Рис. 4. Алгоритм расчета на основе набора данных MNIST

Мы использовали общую архитектуру интеграции в сверточную сеть CNN компонентов ELM, когда выход последнего слоя свертки подается в виде скрытых узлов (рис. 2).

Идея обратного сходна с плотно связанным методом ошибки обратного распространения CNN с функцией стоимости и распространялся обратно с помощью SGD для оптимизации весовых ядер слоев свертки (рис. 3).

Для определения эффективности работы метода интеграции в сверточную сеть CNN компонентов ELM на базе систем распознавания в основу будет положен общий набор данных MNIST. Мы расширили набор данных MNIST на 3x больше, добавив 3 типа шумов изображения (рис. 4).

Мы разделили набор на числовые и символьные данные, включая множество изображений с шумом.

a. Размер и количество набора данных

Концепция Набора данных	Входные	Выходы	Данные
<b>MNIST</b>	784	10 (0-9)	240,000
<b>Not MNIST</b>	784	20 (0-9,A-J)	900,000

b. Метод Оценки

Данные Набор	Оценка Метод	Обучение	Тестирование
<b>MNIST</b>	Несогласие (5× испытания на разных компьютерах)	240,000	40,000
<b>Not MNIST</b>	Перекрестная Проверка В 6 Раз	750,000	150,000

c. Измерение производительности

Мера	Спецификация
Точность	Точность классификации в % от #Правильно Классифицированы  #Общее Количество Экземпляров
Точность испытания	Точность измерения данных испытаний, которые не входят в состав обучающего набора.
Ошибка	Статистическое измерение взаимного согласия по категориальным позициям.

Рис. 5. Размерность, количество и метод оценки набора данных

Проблема с not-MNIST числовым и not-MNIST алфавитом заключается во многих сходствах между классом 1 с классом I, классом 4 с классом A и другими похожими изображениями (рис. 5).

Производительность CNN-ELM может быть улучшена с помощью алгоритма обратного распространения. Также нам необходимо выбрать соответствующий параметр скорости обучения, количество партий и количество итераций, которые могут повлиять на конечную производительность.

Мы сравнили точность модели интеграции в сверточную сеть CNN асинхронных компонентов ELM со средней моделью 2 разделов и средней моделью 5 разделов. К сожалению, производительность средней модели CNN-ELM снизилась, так как расширенный MNIST был

построен из одного и того же дистрибутива на каждом размере раздела, а не на not-MNIST.

## ВЫВОД

Предложенный метод интеграции в сверточную сеть CNN компонентов ELM дает лучшую возможность масштабирования для параллельной обработки большого набора данных. Мы можем разделить большой набор данных, назначить классификатор для каждого слоя, а затем просто агрегировать результат, усредняя весовые параметры. В дальнейшем следует разработать эти методы на другой платформе CNN с вычислениями на GPU для более крупного сложного набора данных. Также станет возможным исследовать другие оптимальные параметры обучения на более сложной архитектуре CNN, то есть регуляризацию dropout и dropconnect и параметры распада.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Arif Budiman, Mohamad Ivan Fanany, Chan Basaruddin. Distributed Averaging CNN-ELM for Big Data. — 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1610.02373v1>
2. Minjung Ryu, Hong-Linh Truong, Matti Kannala. Understanding quality of analytics trade-offs in an end-to-end machine learning-based classification system for building information modeling // Big Data 8:31. — 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/349337202\\_Understanding\\_quality\\_of\\_analytics\\_trade-offs\\_in\\_an\\_end-to-end\\_machine\\_learning-based\\_classification\\_system\\_for\\_building\\_information\\_modeling](https://www.researchgate.net/publication/349337202_Understanding_quality_of_analytics_trade-offs_in_an_end-to-end_machine_learning-based_classification_system_for_building_information_modeling)
3. Amarendra Mohanty, Ranjana. Usage of Predictive Research on further Business // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) 8: 11. — 2019. — URL: [https://www.researchgate.net/publication/354052271\\_Usage\\_of\\_Predictive\\_Research\\_on\\_further\\_Business](https://www.researchgate.net/publication/354052271_Usage_of_Predictive_Research_on_further_Business)

© Расулов Мирзо Максудович ( mirzorasulov@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МНОГОПОДХОДНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ПРОДУКЦИЮ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## MULTI-APPROACH MODEL OF FORECASTING DEMAND FOR PRODUCTS OF THE METALLURGICAL INDUSTRY

**D. Riabkova  
A. Smyslova  
V. Shabalov**

*Summary.* This paper considered the process of forecasting demand for metallurgical product. The problems of classical forecasting methods are identified and a multi-approach model is proposed, it includes: a fuzzy regression model, a system dynamics model, and an agent model. The multi-approach model allows to forecast demand for 1–12 months with an accuracy of 91%.

*Keywords:* forecasting, regression analysis, metallurgy, fuzzy model, factor variables, demand.

**Рябкова Дарья Андреевна**

Аспирант, Череповецкий государственный университет, Череповец  
da.gorchakova@yandex.ru

**Смыслова Алёна Леонидовна**

К.т.н., доцент, Череповецкий государственный университет, Череповец  
grafista@mail.ru

**Шабалов Виктор Александрович**

К.т.н., доцент, Череповецкий государственный университет, Череповец  
shabvic@mail.ru

*Аннотация.* В работе рассматривается процесс прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли. Обозначены проблемы классических методов прогнозирования и предложена многоподходная модель, которая включает в себя: нечёткую регрессионную модель, модель системной динамики и агентную модель. По результатам разработанной модели выявлено, что её точность составляет 80–85% в зависимости от месяца спроса.

*Ключевые слова:* прогнозирование, регрессионный анализ, металлургия, нечёткая модель, факторные переменные, спрос.

## Введение

Успех предприятия в условиях современного рынка зависит от знания рынка товара, способности анализировать и прогнозировать результаты модификации каких-либо его параметров и показателей. Особенностью металлургической отрасли является специфика продукции, используемого сырья и технологий. Необходимость в прогнозировании спроса и планировании производства металлургической отрасли напрямую связаны с объёмом продаж. Предприятию требуется проводить анализ их производственных возможностей с целью выявления необходимого объёма производства, сравнивая с показателями спроса потенциальных покупателей (для этого производят прогнозирование спроса на продукцию на будущие периоды).

Особое значение в металлургической отрасли имеет долгосрочное планирование динамики спроса. Наличие долгосрочного производственного плана в чёрной металлургии базируется на понимании тенденций рынка. Необходимость и важность системы планирования спроса рассматривается в статьях ряда авторов [1, 2, 9, 11].

Исследованию этой проблемы посвящены труды многих авторов. Исследование прогнозирования спроса в чёрной металлургии с помощью факторного анализа проведено в исследовании по анализу и прогнозированию конъюнктуры рынка металлопродукции [13]. В работе рассмотрен анализ спроса на отраслевом рынке, процесс прогнозирования, оценка ёмкости рынка ПАО «Северсталь», ОАО НЛМК и ОАО ММК.

Примером комплексного применения анализа временных рядов и факторного анализа служит исследование по построению модели ARIMA [11]. В работе предложено использовать в качестве основного фактора спроса на сталь коэффициент загрузки производственных мощностей. В процессе разработки были учтены автокорреляционные зависимости в динамике цены с помощью модели ARIMA.

При очевидной ценности имеющихся разработок, существующие методы оценки спроса исследуют не все аспекты взаимосвязи факторов, определяющих его величину. В настоящее время нерешённым является вопрос о прогнозировании спроса, позволяющем учитывать

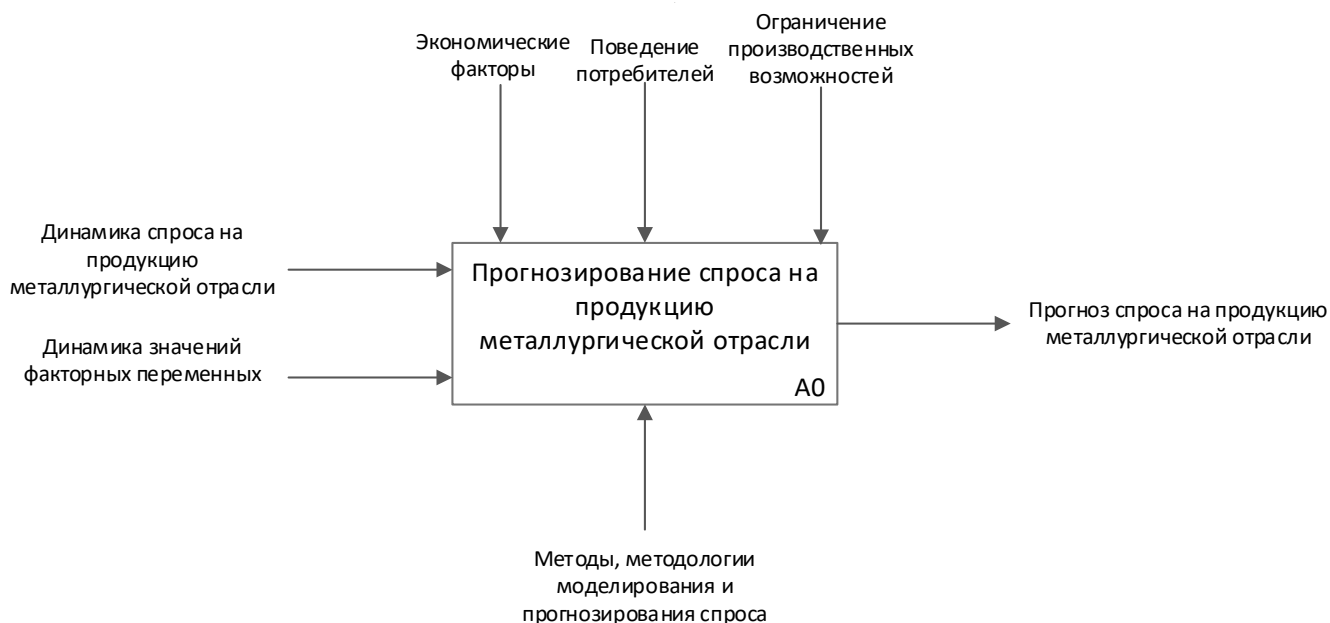


Рис. 1. Контекстная диаграмма модели процесса прогнозирования

в себе не только экономические переменные, но и производственные параметры и портрет потребителя.

Ранее авторами была исследована классическая регрессионная модель [8] и нечёткая регрессионная модель прогнозирования [9], однако можно предположить, что многоподходная модель даст более высокие результаты прогноза.

Таким образом, актуальна задача разработки новой модели прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли с целью повышения точности прогнозирования и сокращения потерь предприятия при хранении нецелевых запасов, вызванных некорректной оценкой плана спроса на будущие периоды.

### 1. Описание процесса прогнозирования спроса с помощью многоподходной модели

В исследовании используется ряд определений:

1. Процесс прогнозирования — это процесс построение предсказания значений прогнозируемого показателя будущего на основе исторических данных, текущих данных (текущей ситуации) и на основе анализа трендов [7].
2. Модель прогнозирования — функциональное представление, адекватно описывающее исследуемый процесс и являющееся основой для получения его будущих значений [8]. В рамках данного исследования моделью прогнозирования выступает многоподходная модель.

3. Метод прогнозирования — последовательность действий, которые нужно совершить для получения модели прогнозирования [10].

В качестве инструмента прогнозирования выступает программный продукт Anylogic. Anylogic — это инструмент для имитационного моделирования различных процессов: производство, горное дело, логистика, маркетинг, дорожное движение и др. Данный инструмент моделирования широко применяется при исследовании сложных систем, в том числе и в металлургической отрасли. Например, в работе «Современные логистические системы транспортировки жидкого чугуна» авторы рассматривают Anylogic в качестве инструмента для построения процесса для транспортировки чугуна [5].

Для подтверждения гипотезы о более точном прогнозировании спроса на продукцию металлургической отрасли с учетом влияния экономических показателей, поведения потребителей и производственных возможностей предприятия, требуется разработать новую модель, которую назовем многоподходной.

Оптимальным является использование многоподходного процесса прогнозирования с применением следующих методов:

1. Агентное моделирование для визуализации множества индивидуальных объектов (покупателей) и присвоения им характеристик.
2. Нечёткая регрессионная модель для прогнозирования спроса на будущие периоды с применением факторных переменных.

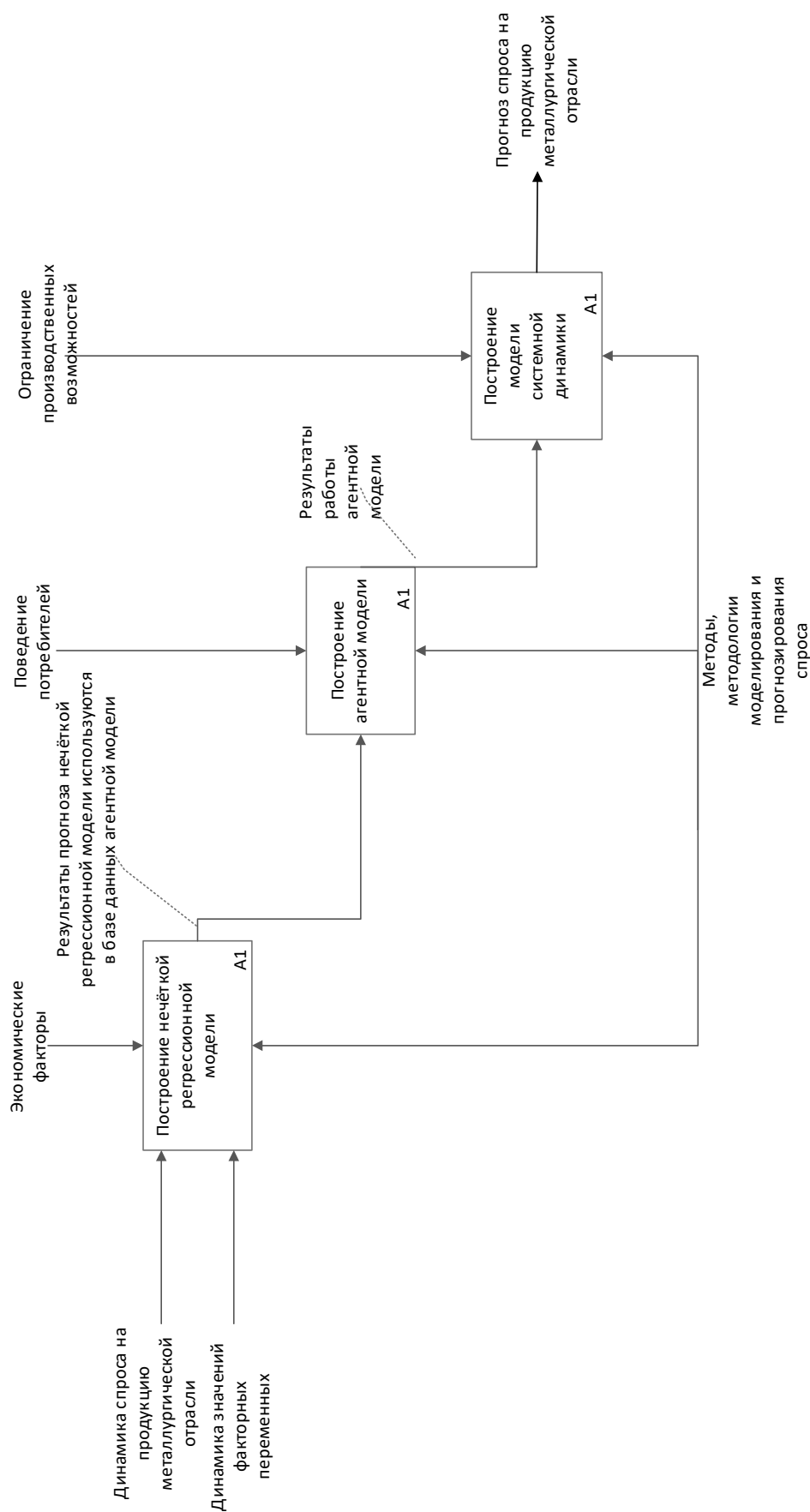


Рис. 2. Декомпозиция процесса «Прогнозирование спроса на продукцию металлургической отрасли»

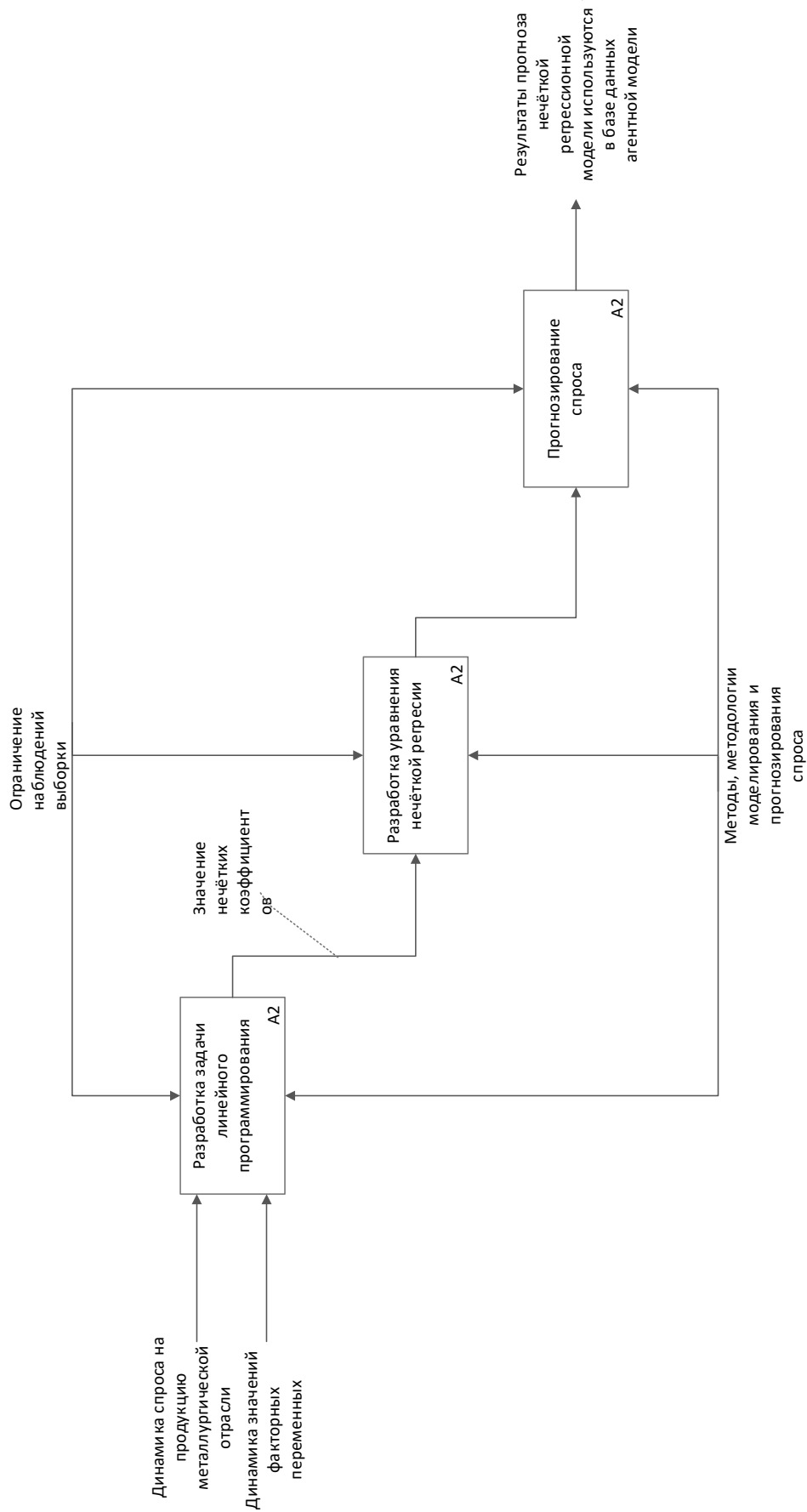


Рис. 3. Декомпозиция процесса «Построение нечёткой регрессионной модели»



3. Дискретно-событийное моделирование для визуализации производства заказов клиента, производственного процесса и ограничений производственных возможностей предприятия.

Структура многоподходной модели прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли представлена на основе контекстной диаграммы.

Контекстная диаграмма модели, представленная в нотации IDEF0 (рис. 1).

Первый уровень декомпозиции многоподходной модели изображен на рис. 2. Данный уровень представляет собой структуру разрабатываемой многоподходной модели. Выделены основные этапы прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли:

1. Нечёткая регрессионная модель — это нечеткий тип регрессионной модели, который применяется для вычисления функциональных соотношений между зависимыми и независимыми переменными в случае нечетких событий [3].
2. Агентная модель — метод имитационного моделирования, отражающий поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом [4].
3. Модель системной динамики — это модель, направленная на моделирование сложных систем, исследующая их поведение во времени и зависимости структуры элементов системы и взаимодействия между ними [3].

Структура многоподходной модели представлена на рис. 2. На первом этапе разработки многоподходной модели прогнозирования на продукцию металлургической отрасли происходит процесс построения нечёткой регрессионной модели. В качестве входных данных используются динамика спроса на продукцию за прошлые периоды (2016–2019 гг.) с месячных детализаций, а также значения факторных переменных.

Декомпозиция процесса «Построение нечёткой регрессионной модели» представлена на рис. 3.

При построении нечёткой регрессионной модели на первом этапе происходит постановка задачи линейного программирования. Она состоит из ограничений наблюдений выборки. В результате решения задачи мы получаем значения нечётких коэффициентов модели и факторные переменные, которые имеют наибольшее влияние на спрос. С помощью найденных значений составляется уравнение нечёткой регрессионной модели, которое позволяет произвести прогнозирование спроса на будущие периоды.

Процесс «Построение агентной модели» включает в себя агентов и связи между ними. Под агентом понимается элемент модели, который может иметь поведение, память (историю), контакты и т.д. и может моделировать людей, компании, проекты, автомобили, города, животных, корабли, товары и т.д. В рамках данного исследования в качестве агентов будут выступать:

1. Потребителей металлургической продукции.
2. Завод (в данном агенте с помощью системной динамики учитываются производственные возможности предприятия).
3. База данных с результатами прогнозирования нечёткой регрессионной модели.

Процесс «Системной динамики» включает в себя моделирование поведения потребителей (влияние на них ключевых показателей: реклама, качество продукции, сроки поставки). В данном процессе происходит финальное прогнозирование спроса под влиянием результатов работы агентной модели и нечёткой регрессионной модели.

В многоподходной модели прогнозирования спроса совместно используются метод системной динамики и агентный подход, а также результаты прогнозирования спроса с помощью нечёткой регрессионной модели. Клиенты приобретают продукт под влиянием рекламы и личного общения друг с другом.

## 2. Построение многоподходной модели прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли

Первым этапом является построение нечёткой регрессионной модели. Исходными данными модели являются результаты прогнозирования динамики спроса с помощью нечёткой регрессионной модели. Методика построения нечёткой регрессионной модели используется в ряде российских и зарубежных научных исследованиях [6, 9, 10, 14, 20]. Процесс построения нечёткой регрессионной модели был рассмотрен в статье «Нечеткая регрессионная модель планирования поставок продукции металлургического предприятия» [9].

В результате построения нечёткой регрессионной модели при заданных параметрах было выявлено, что при пороговом значении  $h = 0,2$  (это количественные индикаторы, численно отражающие предельно допустимые с позиции экономических интересов соотношения [14]) модель имеет следующий вид:

$$Y = 8417,32 * X_1 + < 575,18; 1470,93; 2366,75 > * X_5 + 5,44 * X_6,$$

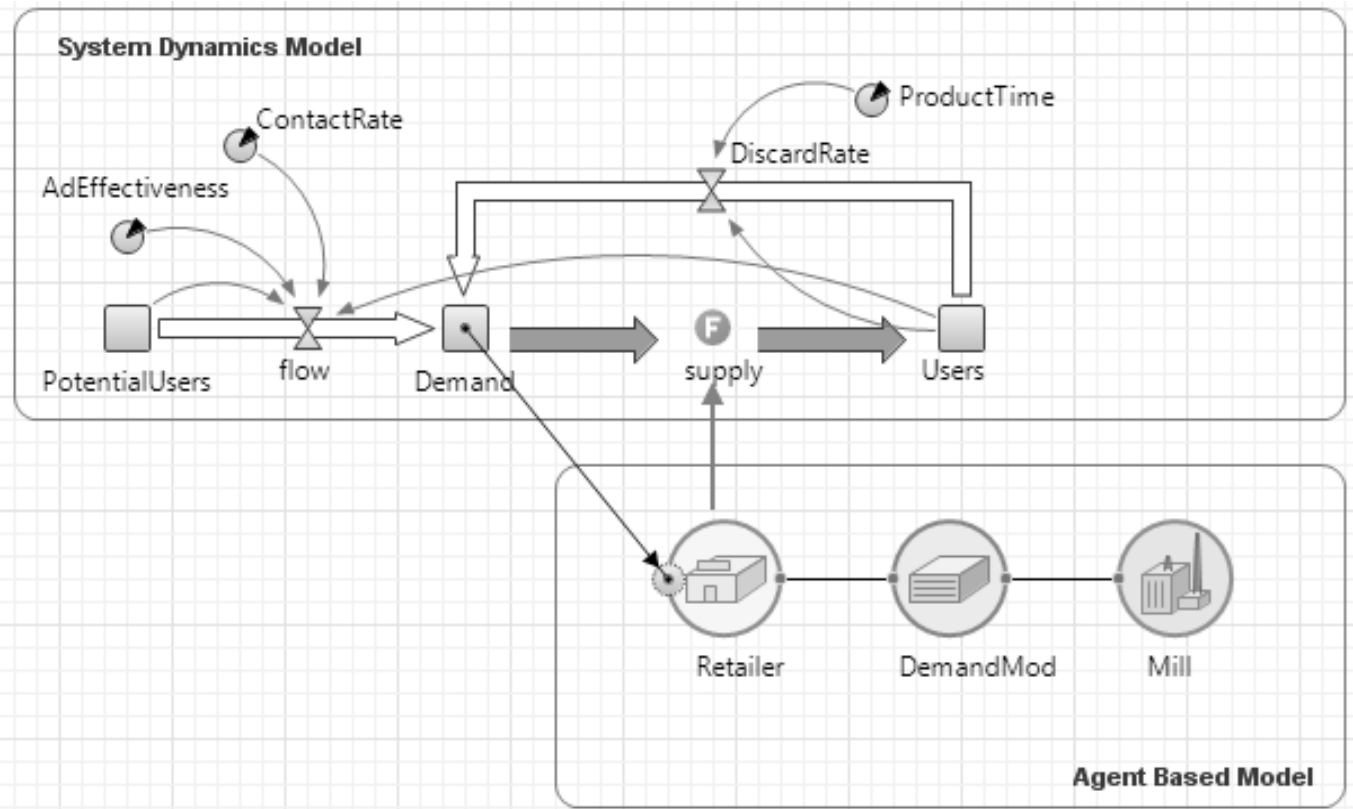


Рис. 4. Многоподходная модель прогнозирования спроса

где  $Y$  — значение результативного показателя (прогнозное значение спроса на продукцию металлургической отрасли);

$X_1, X_5, X_6$  — значение факторных переменных (темпы инфляции; индекс предпринимательской уверенности организаций по добыче полезных ископаемых; средние цены на железную руду, руб.).

Точность нечёткой регрессионной модели прогнозирования составляет 70–76%. Оценка точности модели проведена путём расчёта взвешенной абсолютной процентной ошибки прогнозирования (WAPE) [3].

Исходными данными многоподходной (имитационной) модели являются результаты прогнозирования динамики спроса с помощью нечёткой регрессионной модели.

Для построения модели цепочки поставок используется агентная модель. Продукт доставляется по цепочке поставок, моделируемой с помощью нескольких агентов (ритейлер, прогноз спроса нечёткой модели и производственные возможности завода), каждый из которых поддерживает определенную политику управления запасами.

Процесс производства в агенте *Mill* (завод), в свою очередь, моделируется с помощью простой диаграммы системной динамики, где интенсивность производства и производственные возможности управляются политикой завода. Поведение покупателя в условиях современного рынка невозможно адекватно отразить без моделирования процессов принятия решений. Для учёта данного фактора в модели покупатель будет представлен в качестве индивида, функционирующего на рынке металлургической продукции, выбирающий лучший продукт для достижения своих целей (учитывая различные факторы: технический, экономические, социальные) [12, 18]. Данные индивиды являются единицами, принимающими решения, — агентами *PotentialUsers* и *Users*. Процессы, происходящие на рынке металлургической продукции, рассматриваются в модели как интегральная сумма всех индивидуальных решений агентов.

С помощью агентного моделирования удаётся формализовать в модели множество факторов, которые оказывают влияние на принятие потребителями решений, что, в конечном счёте, сказывается на объёмах и сроках переходов потребителей от использования одного продукта к использованию другого, эквивалентного ему [16, 19]. Помимо этого, данная модель позволяет учесть

различные виды продуктов и их технические характеристики.

В предложенной модели агенты — это активные объекты, которые характеризуют поведение некоторого множества однотипных потребителей продукции металлургической отрасли со сходным поведением при принятии решений в условиях рыночной экономики. Можно говорить, что сходное поведение присуще агентам, находящимся в одинаковых экономических и социальных условиях [17]. При анализе потребителей металлургической отрасли следует проводить их классификацию по двум параметрам: ниша предприятия (например, заборы и ограждения, детские площадки, металлическая мебель, кровля и профнастил, и т.д.), а также их географическое расположение. В рамках предложенной модели агент рассматривается как кластер (некоторое число, множество) потребителей определённого типа. Они используют один вид продукта и имеют одинаковое конечное назначение, поэтому имеют схожую стратегию поведения на рынке.

В процессе построения многоподходной модели учитываются поведения мелких, средних и крупных потребителей, а также внешние факторы, например, поведения рынка в условиях эпидемии, вызванной COVID-19.

Результаты построения многоподходной модели прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли представлены на рис. 4.

В модели системной динамики (system dynamics model) используются следующие объекты для построения модели:

1. *PotentialUsers* — новые/потенциальные потребители;
2. *AdEffectiveness* — эффективность рекламы, задаёт процент потенциальных пользователей, которые принимают решение о приобретении продукта под влиянием рекламы в течение месяца;
3. *ContactRate* — параметр, который учитывает привлечение продавцами новых клиентов для покупки металлопроката.
4. *Flow* — накопитель, который позволяет рассчитать конечное число потребителей.
5. В системно-динамической модели на интерфейс вынесен накопитель *Demand*, так что он доступен ритейлеру, и ритейлер «перемещает» потребителей из накопителя *Demand* в накопитель *Users* по мере поступления товара.
6. На значение накопителя *Users* оказывает влияние цена и значение скидки (*DiscardRate*), в данный параметр присоединена база данных со средними ценами на горячекатаный рулон (он является базовым продуктом при формировании цен на металлопрокат).

## 7. *Supply* — цепочка поставок.

В агентной модели (agent based model) используются следующие объекты для построения:

1. *Retailer* — ритейлер/трейдер, у которого агент может приобрести металлопрокат.
2. В агент *DemandMod* заложены прогнозные значения среднего сценария нечёткой регрессионной модели.
3. Агент *Mill* позволяет учесть производственные возможности предприятия и ограничения при ремонте оборудования.

Потребительский рынок моделируется согласно модели Басса с продуктом с ограниченным сроком эксплуатации, что позволяет учесть повторные продажи данного продукта одному и тому же покупателю [15]. Потребители изначально не являются пользователями рассматриваемого продукта, но потенциально заинтересованы в продукте (являются потенциальными потребителями).

В многоподходной модели продукт производится производителем (заводом). Производитель выпускает определённый объём продукта в месяц согласно производственным возможностям и стратегии предприятия (данное значение отражается в агенте *Mill*), и эта интенсивность производства может меняться, например, она может подгоняться под текущий спрос (известный производителю), а также могут накладываться ограничения в случае ремонта оборудования. Значение в данном агенте определяется месячными производственными возможностями предприятия.

Модель системной динамики состоит из накопителей: *PotentialUsers* (полученное значение под влиянием факторов определяет число новых потребителей), *Users* (определяет число потребителей) и *Demand* (прогнозное значение потребителей в текущем месяце).

Потенциальные потребители приобретают продукт под влиянием рекламы (работы продавцов компании) и общения с пользователями этого продукта. Реклама порождает спрос на продукт среди потенциальных потребителей. Эффективность рекламы задаёт процент потенциальных пользователей, которые принимают решение о приобретении продукта под влиянием рекламы в течение месяца.

Под влиянием параметра *ContactRate* происходит привлечение продавцами новых клиентов для покупки продукта. На значение накопителя *Users* оказывает влияние цена и значение скидки (*DiscardRate*), в данный параметр заложена база данных со средними ценами на поставляемую продукцию металлургической отрасли.

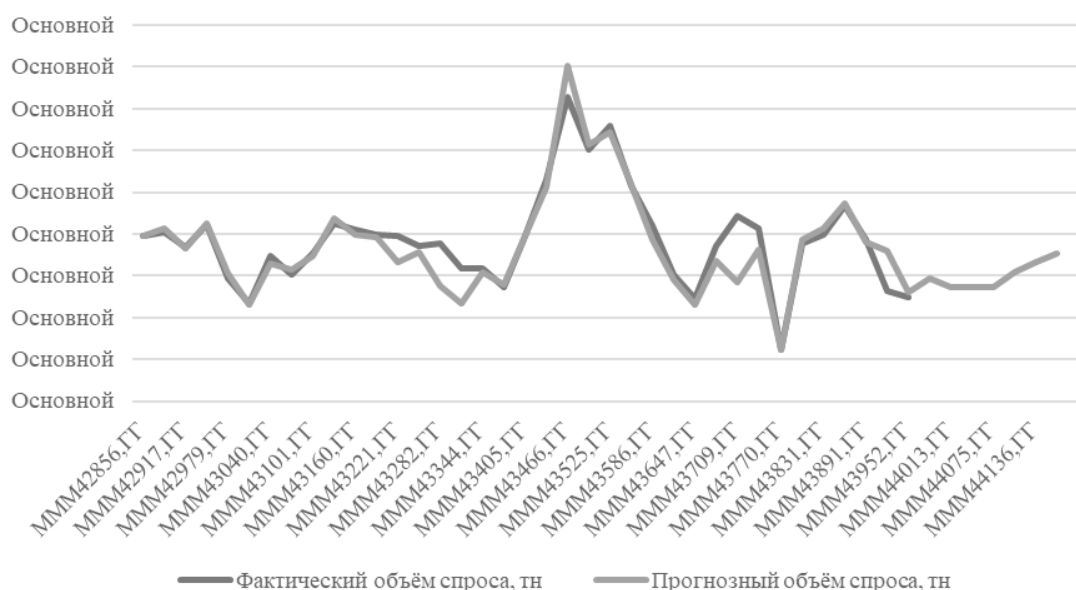


Рис. 5. Результаты прогнозирования многоподходной модели и фактические данные спроса

ли. В агент *DemandMod* заложены прогнозные значения среднего сценария нечёткой регрессионной модели. Данные параметры позволяют в многоподходной модели учитывать влияние факторных экономических переменных.

При разработке нечёткой регрессионной модели было выявлено, что отклонение от фактических значений спроса в большей степени связано с производственными возможностями стана. Данный фактор позволяет учесть агент *Mill*. В модели производственных возможностей возможно заложить плановые ремонты агрегатов и ограничения по объёмам производства.

При построении многоподходной модели мы получаем прогнозные значения спроса на продукцию металлургической отрасли с мая 2017 по декабрь 2020. Сравнение реальных и значений прогноза спроса многоподходной модели на продукт металлургической отрасли представлено на рис. 5. График динамики спроса построен в excel.

Анализируя прогнозные данные спроса за период с января 2019 по март 2020, можно сделать следующие выводы: максимальное отклонение результатов прогнозной модели от фактического значения спроса составляет 9,6% (1857 тн), минимальное отклонение результатов прогнозной модели от фактического значения спроса 3,5% (707 тн). Средняя относительная погрешность модели прогнозирования составляет 2,8%. В апреле месяце модель прогнозирует спрос на 36% выше фактического в связи с началом карантина по COVID-19

в России. Учёт эпидемиологической ситуации в многоподходной модели позволило достичь отклонения от фактического объёма спроса в мае 5%.

Точность многоподходной модели прогнозирования составляет 80–85%, что говорит о высокой точности прогнозирования. Оценка точности модели проведена путём расчёта взвешенной абсолютной процентной ошибки прогнозирования.

### Заключение

Проблема повышения точности прогнозирования спроса является не решённой в полной мере на текущий момент. Для повышения точности прогнозирования предлагается использование многоподходной модели, включающей в себя: нечёткую регрессионную модель для прогнозирования динамики спроса с использованием экономических факторных переменных; агентную модель для описания поведения потребителей; модель системной динамики для наложения ограничений по производственному процессу.

В результате исследования выявили, что точность прогнозирования с помощью многоподходной составляет 80–85%, при прогнозировании спроса с применением только нечёткой регрессионной модели — 70–76%. При сравнительном анализе результатов, выявили что предложенная многоподходная модель позволяет повысить точность прогнозирования до 10%. Что является значимым результатом при производимых объёмах предприятий металлургической отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бесхмельницкий, М.И. Аналитическая записка о состоянии черной металлургии в России [Текст] // М.: Горный журнал. — 2018. — № 10. — С. 14–16.
2. Бесхмельницкий, М.И. О состоянии чёрной металлургии [Текст] // М.: Экономист. — 2012. — № 2. — С. 36–38.
3. Бокс, Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление: Учебник [Текст] / Пер. с англ. / Г.М. Дженкинс — М.: Мир, 2013. — 406 с.
4. Борщев, А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Текст] // М.: Exponenta Pro. — 2008. — № 3–4. — С. 78–81.
5. Виноградов К.О., Современные логистические системы транспортировки жидкого чугуна [Текст] / А.Л. Смылова // М.: Металлург. — 2019. — № 9. — С. 29–31.
6. Волкова, Е.С. Нечеткая линейная регрессия в оценке [Текст] / В.Б. Гисин // М.: Вопросы оценки. — 2015. — № 1. — С. 26–33.
7. Волкова, Е.С. Нечеткая линейная регрессия в модели роста технологических знаний [Текст] / В.Б. Гисин // М.: Вестник Финансового университета. — 2015. — № 5 (89). — С. 97–104.
8. Горчакова, Д.А. Регрессионная модель прогнозирования спроса на продукцию металлургической отрасли [Текст] / В.А. Шабалов // М.: Научная мысль. — 2017. — № 1 (23). — С. 73–82.
9. Горчакова, Д.А. Нечеткая регрессионная модель планирования поставок продукции металлургического предприятия [Текст] / В.А. Шабалов // М.: Вестник Череповецкого государственного университета. — 2019. — № 3 (90). — С. 9–16.
10. Домрачев, В.Г. О построении регрессионной модели при нечетких исходных данных [Текст] / О.М. Полещук // М.: Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11. — С. 74–83.
11. Кононова, О.Н. Планирование спроса [Текст] // М.: Северсталь. — 2014. — № 2. — С. 3–5.
12. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH: Учебное пособие [Текст] — М.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
13. Магруппова, З.М. Анализ и прогнозирование конъюнктуры рынка металлопродукции: Учебное пособие [Текст] — М.: ГОУ ВПО ЧГУ, 2013. — 215 с.
14. Чернов, В.Г. Краткосрочное прогнозирование на основе свертки нечетких гипотез [Текст] // М.: Информационно-управляющие системы. — 2005. — № 3(16). — С. 50–57.
15. Bardossy, A. Note on fuzzy regression // Fuzzy Sets and SystemP. — 2009. — № 37. — P. 66–75.
16. Cerioli, A. A fuzzy approach to the measurement of poverty / Ed. by Dagum C., Zenga M. // Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty. Berlin: Springer-Verlag. — 2011. — P. 272–284.
17. Cheli, B. A totally fuzzy and relative approach to the multidimensional analysis of poverty // Economic Notes by Monte dei Paschi di Siena. — 2015. — № 24 (1). — P. 115–134.
18. Dagum, C. New approaches to the measurement of poverty. Poverty Measurement for Economies in Transition in Eastern European Countries // Polish Statistical Association and Central Statistical Office. — 2012. — P. 201–225.
19. Garifullin, M. Using Anylogic and Agen-Based Approach to Model Consumer Market // Anylogic company, URL: [www.xjtek.com](http://www.xjtek.com)
20. Martinetti, C. A new approach to the evaluation of well-being and poverty by fuzzy set theory // Giornale Degli Economisti e Annali di Economia. — 2014. — № 53. — P. 367–388.

© Рябкова Дарья Андреевна ( [da.gorchakova@yandex.ru](mailto:da.gorchakova@yandex.ru) ),

Смылова Алёна Леонидовна ( [grafista@mail.ru](mailto:grafista@mail.ru) ), Шабалов Виктор Александрович ( [shabvic@mail.ru](mailto:shabvic@mail.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## О ВИЗУАЛИЗАЦИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

**Ушкова Надежда Николаевна**

Ассистент, РТУ МИРЭА, г. Москва  
ushkova.n.n@mail.ru

**Чесалин Александр Николаевич**

К.т.н., доцент, РТУ МИРЭА, г. Москва  
chesalin\_an@mail.ru

**Болотин Кирилл Викторович**

Ассистент, РТУ МИРЭА, г. Москва  
bolotin@mirea.ru

### VISUALIZATION OF BIG DATA IN INFORMATION SYSTEMS

**N. Ushkova  
A. Chesalin  
K. Bolotin**

*Summary.* The paper explores methods of big data visualization in information systems, on the example of SIEM systems in information security. Modern information visualization tools, their advantages, disadvantages and possible use cases are considered. Recommendations and methods of ergonomic analytical panels construction are given. A generalized algorithm of building ergonomic information panels of SIEM systems is proposed.

*Keywords:* big data, information visualization, SIEM systems, human-machine interface.

*Аннотация.* В работе исследуются методы визуализации больших данных в информационных системах, на примере SIEM систем в информационной безопасности. Рассматриваются современные инструменты визуализации информации, их достоинства, недостатки возможные варианты использования. Приводятся рекомендации и методы построения эргономичных аналитических панелей. Предлагается обобщенный алгоритм построения эргономичных информационных панелей SIEM систем.

*Ключевые слова:* большие данные, визуализация информации, SIEM системы, человеко-машинный интерфейс.

### Состояние проблемы

Современные информационные системы информационной безопасности обрабатывают огромные массивы разнородной информации, которые принято называть большими данными. При этом в задаче управления событиями информационной безопасности анализ информации и принятие решений отводится человеку. Для принятия решения применяются разнообразные вербальные методы анализа информации, к примеру, известны семь новых инструментов управления качеством, направленные на анализ вербальной информации (помимо данных семи методов, конечно же, нельзя не отметить важность семи базовых простых ме-

тодов, семи новейших и семи современных интеллектуальных методов [1, 2].

Основной системой информационной безопасности, в которой производится анализ информации является SIEM (Security information and event management) системы. Современные SIEM системы имеют в своем составе разнообразные инструменты визуализации и анализа данных. На рисунке 1 представлена аналитическая панель Open-source SIEM Wazuh, которая может быть гибко настроена для различных задач (мониторинга, анализа, прогнозирования и пр.). Разнообразие и обилие средств визуализации позволяет представить информацию «с разных ракурсов», при этом иногда этим может быть

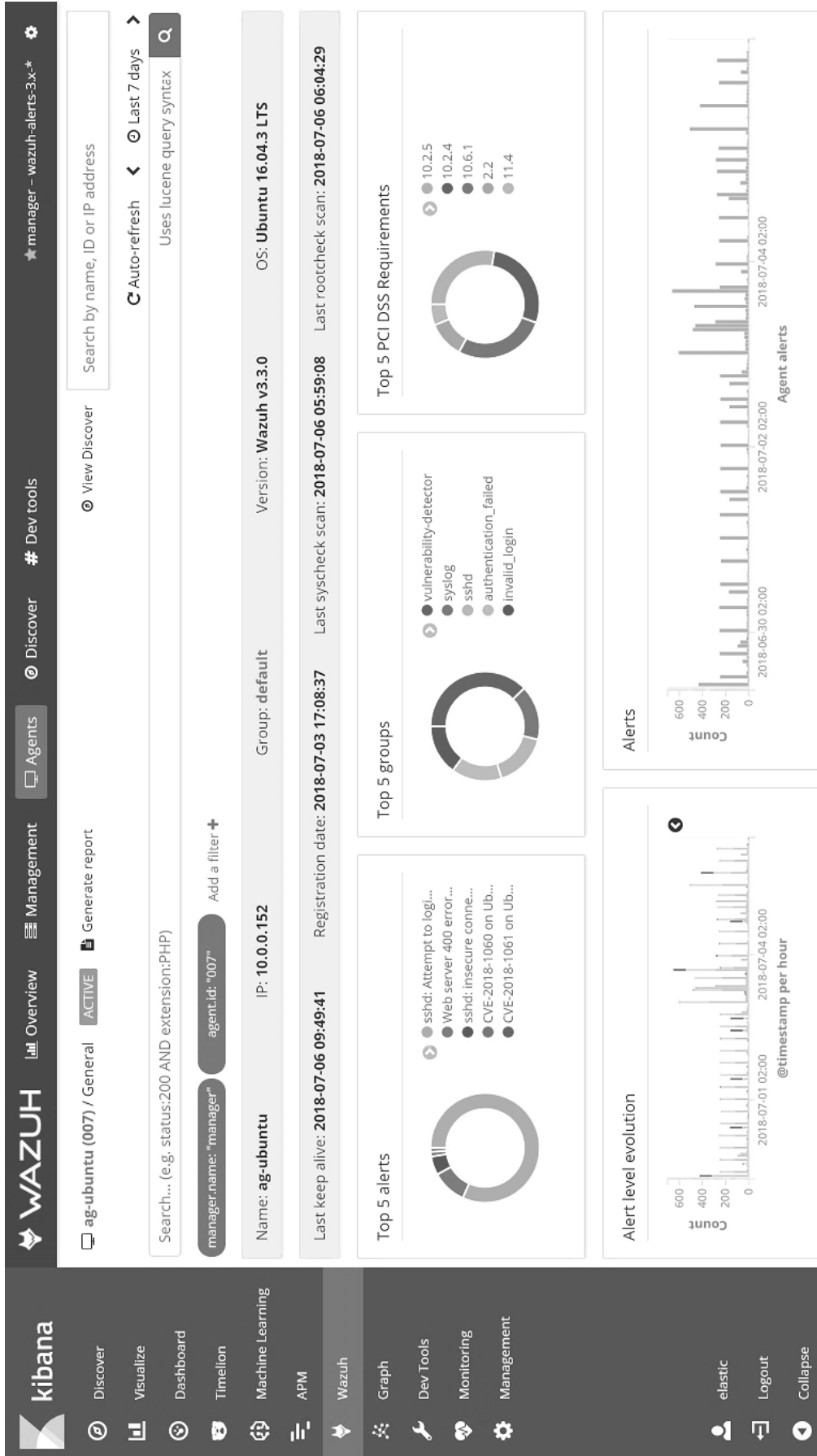


Рис. 1. Информационно-аналитическая панель в SIEM Wazuh

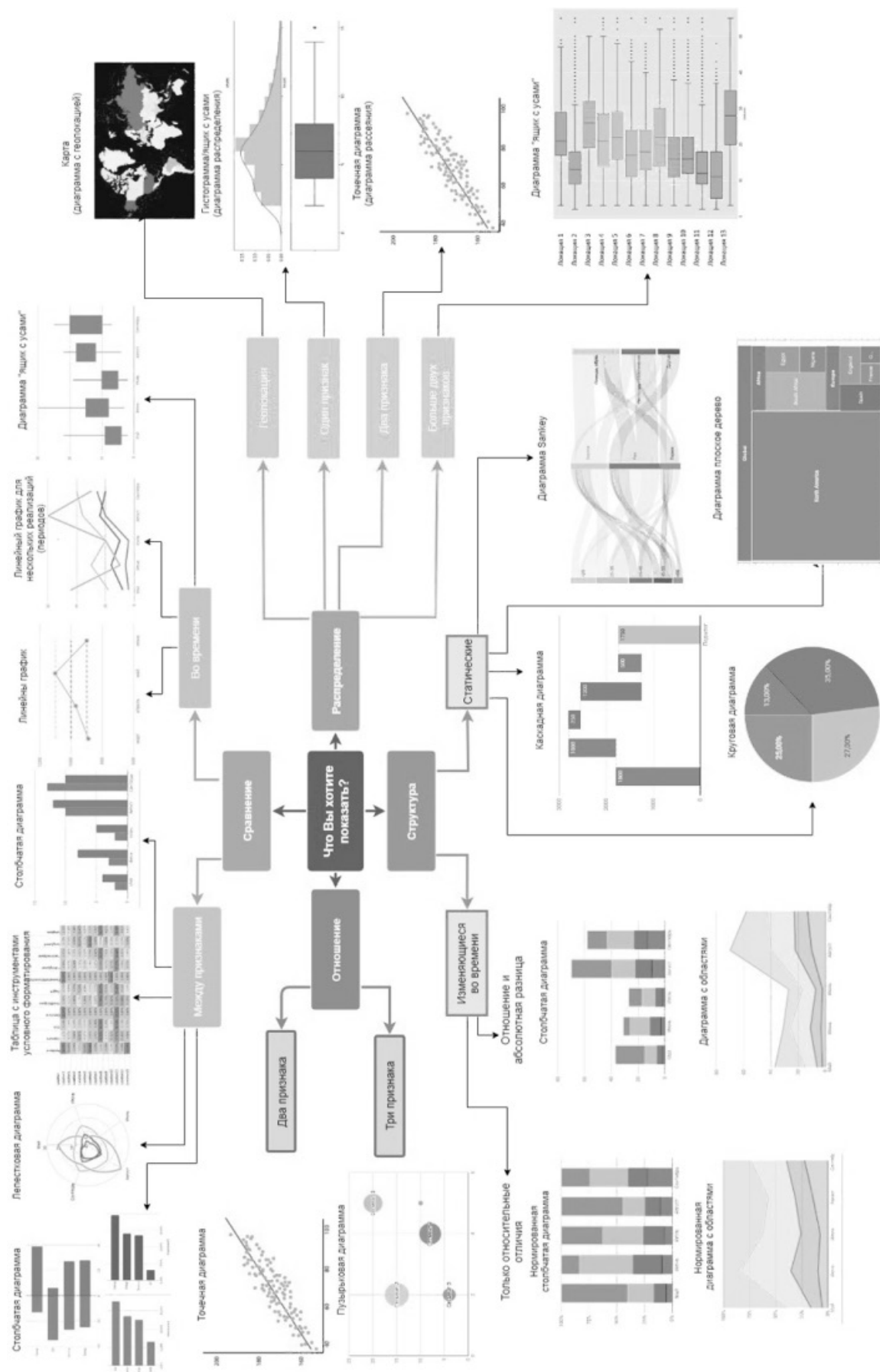


Рис. 2 Диаграмма выбора способа визуализации данных [https://i2.wp.com/s.dou.ua/storage-files/im-1\_a9hNNcM.png]





Рис. 3. Диаграммы, используемые в аналитических панелях

и минусом — когда панель перегружена информацией, или элемент сложен для анализа, быстро меняется, расположен далеко от других связанных элементов и пр.

Поэтому важно проектировать аналитическую панель таким образом, что информация на ней была достаточной, при этом минимизирована, с учетом особенностей ее использования в конкретных задачах, конкретным лицом и заданных условий использования.

#### Постановка задачи

Рассматриваются современные инструменты визуализации больших данных, проводится их анализ и предлагаются варианты их эффективного использования и разработки эргономичных аналитических панелей (dashboards).

#### Инструменты визуализации больших данных

При проектировании аналитических панелей рекомендуется использование набор различных диаграмм,

обладающих различной информативностью и сложностью восприятия, позволяющих системно анализировать информацию и своевременно принимать решения.

Выбор той или иной диаграммы можно осуществлять с помощью матрицы выбора Эндрю Абела [3], расширенный вариант которой представленной на рисунке 2.

Анализ диаграмм, используемых в аналитических панелях.

Рассмотрим некоторые диаграммы, как наиболее используемые, так и рекомендуемые авторами для включения в аналитические панели, с указанием их достоинств и недостатков, а также анализ их применимости (Рис. 3)

#### График изменения данных (Рис. 3. а)

Линейные графики используют для отображения количественных показателей. К преимуществам данного графика относится возможность демонстрации общей картины полученных данных. К недостаткам — сложность применение графиков к большим данным.

**Столбчатая диаграмма (гистограмма и полигон) (Рис. 3. б)**

Применимо для опытных специалистов. Удобно использовать для сравнения показателей за разный период, для проведения анализа данных. Недостатком является оформление диаграммы при большом количестве данных.

**Пузырьковая диаграмма (Рис. 3. в).**

Пузырьковая диаграмма пригодится для визуализации анализа взаимодействий и распределения. Удобно использовать для сравнения и отображения взаимосвязей, для анализа корреляций. К недостатку данной диаграммы относится ограничение по количеству данных, так как большое количество пузырьков может сделать график не читаемым

**Диаграмма «бублик» (Рис. 3. г)**

Наиболее простая и информативная диаграмма, более оптимально использовать динамическую диаграмму данного вида. Преимущество данной диаграммы в том, что можно легко сравнивать несколько диаграмм данного типа и проводить анализ параметром. К недостаткам относятся: ограничение по количеству отражаемых значений, занимает много места, неудобны для точных сравнений.

**Диаграмма усы-ящички (ящик с усами, диаграмма японские свечи) (Рис. 3. д)**

Диаграмма «ящик с усами» показывает распределение данных по квартилям, выделяя их выбросы. «Усы» (линии) указывают на отклонение за пределами верхнего и нижнего квартилей, и если имеется точка за пределами «усов», то такая точка считается выбросом. Преимущество графика в экономии пространства, что удобно при анализе больших данных.

**Радарная диаграмма (лепестковая) (Рис. 3. е)**

Радарная диаграмма позволяет выполнять сравнение разных вариантов по нескольким параметрам. Данный график удобен для выявления переменных с одинаковыми значениями, для определения значений этих выбросов, для сравнения максимальных и минимальных значений переменных. Недостатком является ограничение по набору данных для углов многоугольника, чем больше углов, тем менее читаемой становится диаграмма.

**Мнемосхема (Рис. 3. ж)**

Мнемосхема отображает графическую структуру системы. Удобно использовать для понимания архитектуры системы и управления.

**Граф (сеть) (Рис. 3. з)**

Данный тип визуализации демонстрирует взаимосвязь объектов в виде узлов/вершин и связующих их линий и помогает высветить тип взаимоотношений в рамках группы объектов. Недостатком является ограничение по объему данных, так как чем больше количество узлов, тем сеть становится нечитаемой. Преимуществом метода является его гибкость и возможность визуализации разнородной информации

**Отображение на карте (картограмма) (Рис. 3. и)**

Картограмма показывает зависимость данных от географии. Используя картограмму, можно отобразить разного рода информацию, например атаки на сайты разных регионов. Пузырьковая карта — на этой карте данных, окружности изображаются поверх определенных географических регионов и их размер пропорционален значению данных. Карты удобны для сравнения пропорциональных значений в разных географических регионах. Недостатком таких карт является наложение больших по размеру пузырьков друг на друга, а также выход за границу маленького региона.

**Тепловые карты (Рис. 3. к)**

Карта рисков в ИБ для многомерного анализа данных и выявления корреляций. Недостаток: данная схема больше подходит для демонстрации более обобщенных числовых данных, поскольку точно различить цветовые оттенки и извлечь из них конкретные данные может быть сложно.

**Древоидная диаграмма (Рис. 3. л)**

Древоидная диаграмма — метод визуального представления иерархии в древоидной структуре. Преимущество метода — легкость считывания информации. Недостатком диаграммы является невозможность визуализации достаточно больших деревьев

**Лучевая диаграмма (Sunburts) (Рис. 3. м)**

Такой тип диаграмм используется для представления иерархических данных в компактной форме, что является преимуществом.

**Облако тегов (Рис. 3. н)**

Каждому элементу в облаке тега присваивается определенный весовой коэффициент, который коррелирует с размером шрифта. Преимущества: простота и легкость понимания. К недостаткам относится наличие длинных слов, которые обращают на себя большее внимание, чем короткие слова, неудобно использовать для анализа.

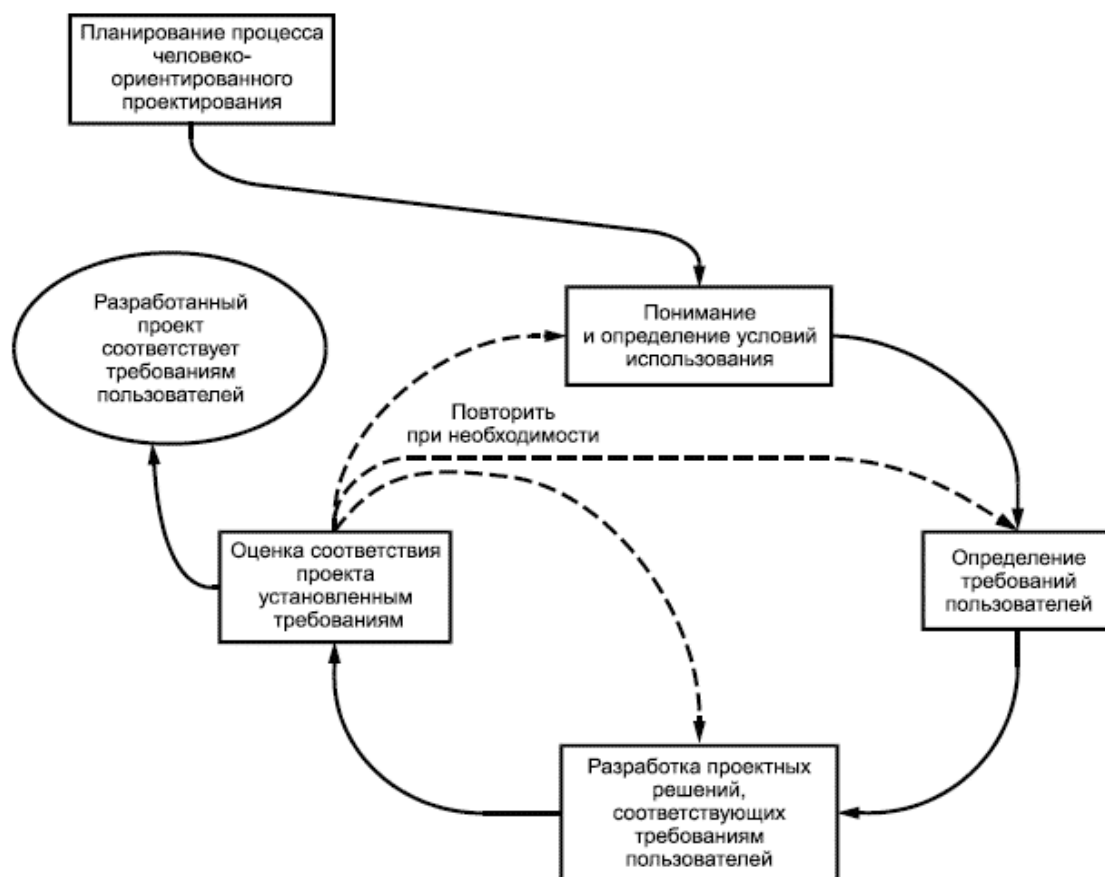


Рис. 4. Взаимосвязь этапов человеко-ориентированного проектирования

**Рекомендации по проектированию пользовательских интерфейсов.** Рассмотрим некоторые стандарты и рекомендации по проектированию пользовательских интерфейсов SIEM систем.

- ◆ ГОСТ Р ИСО 9241–210–2016 «Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем руководство по человеко-ориентированному проектированию компьютерных интерактивных систем». В стандарте представлены:
  - ◆ способы улучшения взаимодействия человек-система за счет аппаратных и программных компонентов интерактивных систем.
  - ◆ принципы человеко-ориентированного проектирования:
    - ◆ точное определение пользователей, задач и среды
    - ◆ вовлечение пользователей в проектирование и разработку
    - ◆ улучшение проекта за счет его оценки пользователями
    - ◆ итеративное совершенствование проекта
    - ◆ учет восприятия пользователем системы
    - ◆ включение в группу специалистов с навыками и знаниями в различных областях

- ◆ Аспекты планирования работ по человеко-ориентированного проектирования:
- ◆ контрольный перечень требований к пользовательскому интерфейсу

**ГОСТ Р ИСО 14915–1–2016 «Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1 — Принципы проектирования и структура»**

В стандарте представлены:

- ◆ требования и рекомендации для эргономического проектирования мультимедийных приложений
- ◆ принципы организации диалога:

о пригодность интерфейса для выполнения производственного задания.

- ◆ о информативность
- ◆ о управляемость
- ◆ о соответствие ожиданиям пользователя
- ◆ о устойчивость к ошибкам
- ◆ о пригодность к индивидуализации
- ◆ о пригодность для изучения
- ◆ о пригодность для целей коммуникации

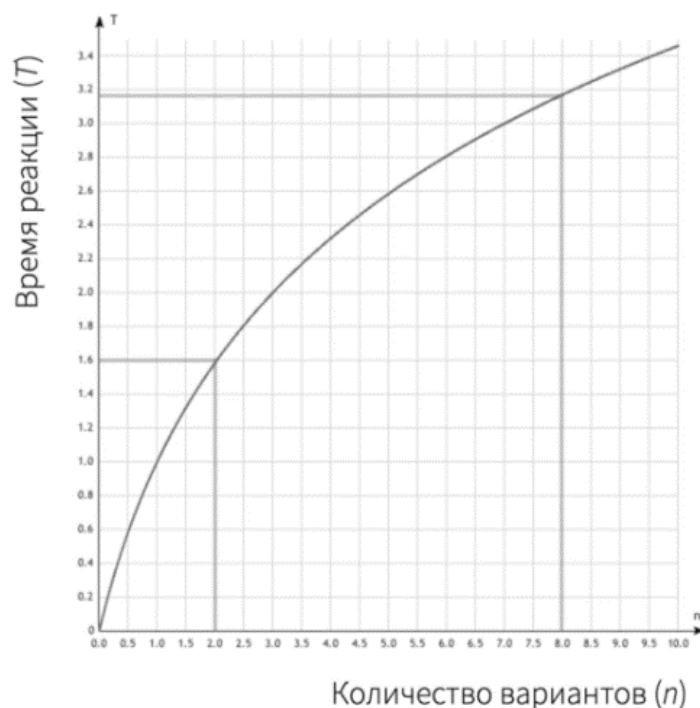


Рис. 5. зависимость времени реакции от количества вариантов

- ◆ о пригодность для восприятия и понимания
- ◆ о пригодность для изучения
- ◆ о привлекательность

«ГОСТ Р ИСО 14915–2–2016 «Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 2 — Навигация и управление мультимедийными средствами». В стандарте представлены:

- ◆ руководство и требования к разработке мультимедийных пользовательских интерфейсов с учетом организации информационного наполнения, навигации и управления формами представления информации.
- ◆ рекомендации по анализу структуры информационного наполнения и разработке навигации и управления в мультимедийных приложениях.

«Магическое число семь плюс-минус два» (закон Миллера)[4]. Кратковременная память человека способна запоминать в среднем девять двоичных цифр, восемь десятичных цифр, семь букв алфавита и пять односложных слов — то есть человек способен одновременно помнить  $7 \pm 2$  элементов.

Данное правило рекомендуется использовать при проектировании пользовательского интерфейса и ограничивать количество элементов, которые могут быть одновременно представлены на аналитической панели —  $7 \pm 2$  диаграммами

**Закон Фиттса [5]:**

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$

где:

$T$  — среднее время, затрачиваемое на совершение действия

$a$  — среднее время запуска/остановки движения

$b$  — величина, зависящая от типичной скорости движения

$D$  — дистанция от точки старта до центра цели

$W$  — ширина цели, измеренная вдоль оси движения

Чем дальше или точнее выполняется движение, тем больше коррекции (времени) необходимо для его выполнения

Рекомендуется применять закон Фиттса при проектировании пользовательского интерфейса и проектировать элементы интерфейса, их размеры и расположение для удобного (простого) использования пользователем

**Закон Хика [6]:**

$$T = b \log_2 (n + 1)$$

где:

$T$  — среднее время реакции

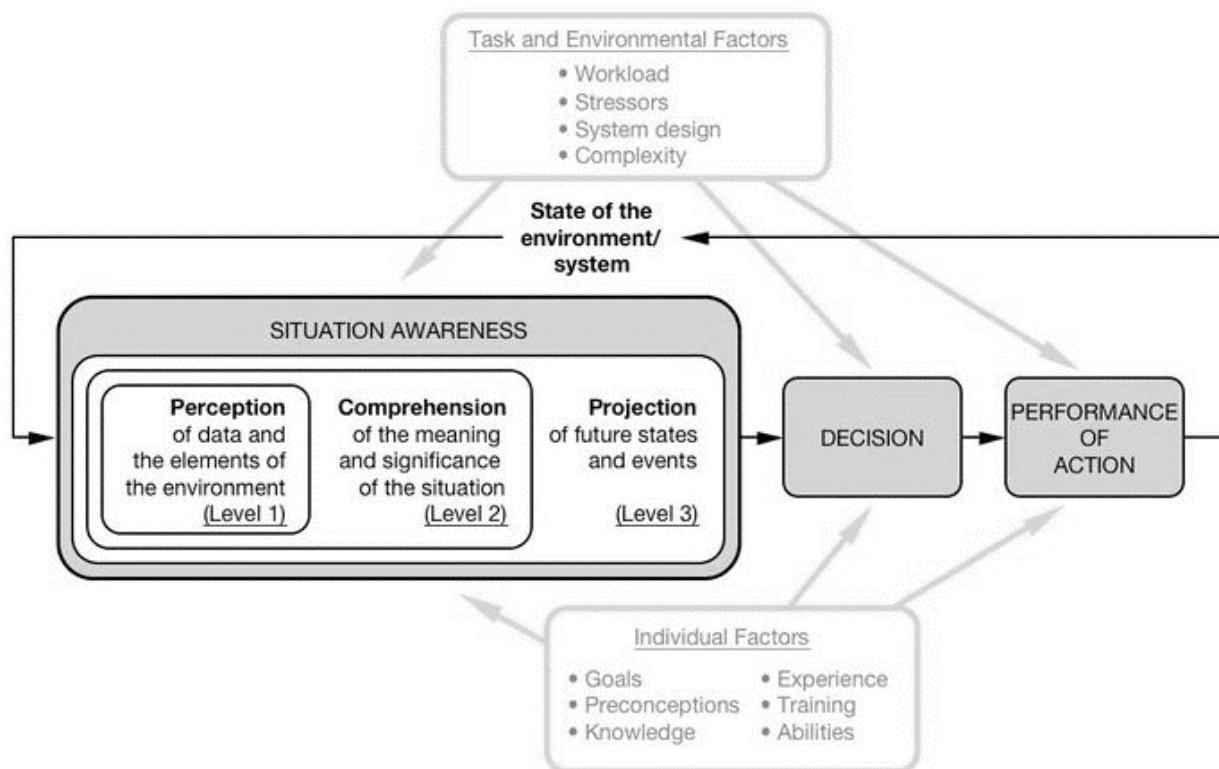


Рис. 6. Место ситуационной осведомленности в процессе принятия решения

$b$  — константа, которая описывает индивидуальные особенности восприятия, такие как задержка перед выполнением задания и индивидуальный коэффициент скорости принятия решения

$n$  — количество вариантов действий.

- ♦ Время реакции, которое, необходимо пользователю для выполнения задачи, увеличивается (логарифмическая зависимость) с количеством доступных вариантов

Определение необходимого уровня ситуационной осведомленности [7, 8]

При проектировании аналитической панели необходимо определить необходимый уровень ситуационной осведомленности, и в соответствии с ним определить необходимые диаграммы и данные, выводимые на интерфейс. Для каждой роли свой функционал: 1-й уровень (1 SA) — восприятие необходимых данных (мониторинг инцидентов) 2-й уровень (2 SA) — понимание текущей ситуации (интерпретация и оценку состояния) 3-й уровень (3 SA) — проекция будущего состояния (определение вероятного развития ситуации)

Десять эвристик Нильсена [9] — 10 принципов проектирования пользовательских интерфейсов, разработанных Я. Нильсеном:

- ♦ Осведомленность о состоянии системы (Обратная связь).
- ♦ Схожесть системы с реальным миром (Следование общепринятым соглашениям в обычном мире)
- ♦ Свобода действий и контроль. (Возможность отменить и восстановить действия пользователя)
- ♦ Целостность и следование стандартам. (Использование общепринятых правил)
- ♦ Предотвращение ошибок. (Защита пользователя от совершения ошибок)
- ♦ Минимизация необходимости запоминания информации пользователем. (Перемещаясь по системе, пользователь не должен запоминать информацию — все инструкции к системе должны быть видны или легко извлекаться при необходимости)
- ♦ Гибкость и эффективность. (Возможность подстроить интерфейс «под себя»)
- ♦ Эстетика и минимализм в дизайне. (Не должно быть лишней (неважной) информации)
- ♦ Понимание проблем и их решение. (Сообщения об ошибках должны быть написаны простым языком)
- ♦ Справочная информация. (Наличие справки: краткой, актуальной)

8 золотых правил дизайна интерфейса Б. Шнейдермана [10]. Данные правила очень схожи с эвристиками и направлены на повышение юзабилити пользователя:

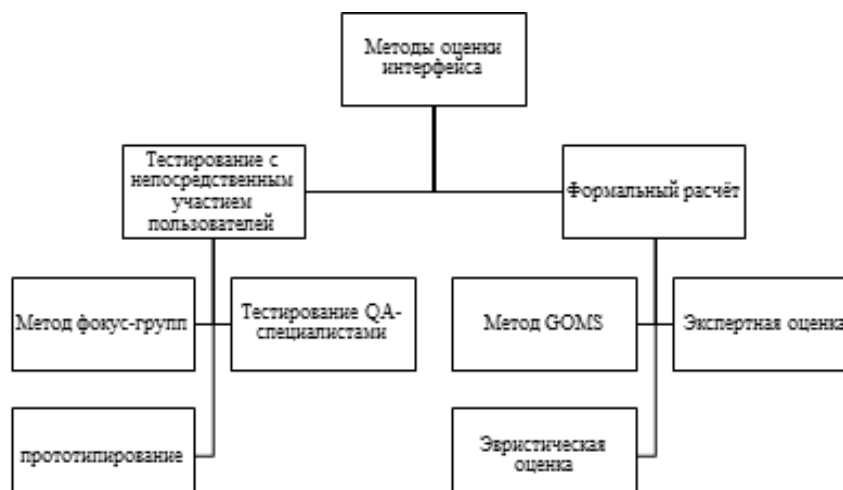


Рис. 7. Методы оценки качества пользовательских интерфейсов

- ◆ Стремление к последовательности
- ◆ Использование постоянными пользователями клавиш быстрого доступа
- ◆ Обязательная обратная связь
- ◆ Диалог с логичным завершением
- ◆ Простой процесс обработки ошибок
- ◆ Легкий механизм отмены действий
- ◆ Внутренний фокус контроля
- ◆ Уменьшение кратковременной нагрузки на память

**Оценка качества интерфейса.** На сегодняшний день применяется довольно большое количество разнообразных методов оценки качества пользовательских интерфейсов [11]:

Показатели качества программных средств рекомендуется выбирать, основываясь на ГОСТ 28195–89 «Оценка качества программных средств» с учетом специфики интерфейса. В дополнение к показателям, указанным в стандарте, для оценки качества инструментов визуализации больших данных предлагается использовать показатели, основанные на свойствах больших данных (8V):

- ◆ **Volume** — **объем** — Инструмент визуализации позволяет анализировать большие объемы информации;
- ◆ **Velocity**– **скорость** — Инструмент визуализации позволяет анализировать высокоскоростную обработку данных;
- ◆ **Variety** — **разнообразие** — Инструмент визуализации позволяет анализировать многообразие больших данных;
- ◆ **veracity** — **достоверность** — Инструмент визуализации позволяет оценивать достоверность больших данных;

- ◆ **viability** — **жизнеспособность** — Инструмент визуализации позволяет определять актуальные данные;
- ◆ **value** — **ценность** — Инструмент визуализации позволяет определять ценность больших данных;
- ◆ **variability** — **переменчивость** — Инструмент визуализации позволяет определять динамику больших данных;
- ◆ **visibility** — **визуализация** — Инструмент позволяет визуализировать данные в подходящей форме (наглядно);

А также общие показатели, присущие инструментам визуализации

- ◆ информативность (насыщенность элемента информацией);
- ◆ достаточность (инструмент позволяет получить всю необходимую информацию о данных);
- ◆ простота (понятность) (инструмент не требует больших умственных затрат для анализа);
- ◆ удобство (не требует больших зрительных затрат на анализ);
- ◆ отзывчивость (гибкость) (инструмент позволяет получать дополнительную информацию при изменении параметров);
- ◆ точность (инструмент достоверно описывает данные);
- ◆ актуальность (элемент содержит только нужную информацию);
- ◆ динамичность (изменение диаграммы в реальном времени).

Оценку качества пользовательского интерфейса рекомендуется проводить с использованием достаточного количества экспертных оценок и автоматизации для по-

лучения наиболее точных результатов. При этом, при отсутствии средств автоматизации и малых ресурсов для проведения оценки целесообразно использовать эффективные методы экспертного оценивания, к примеру, метод попарных сравнений, с расчетом коэффициента конкордации для оценки согласованности экспертов  $W$ , определением весомости показателей и коэффициента вариации для каждого критерия.

Коэффициент Конкордации рассчитывается следующим образом:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2}{n^2(m^3 - m)}$$

где  $S_j = \sum_{i=1}^n R_{ij}$  — сумма ранговых оценок экспертов по каждому показателю,

$$\bar{S} = \frac{1}{2}n(m+1) —$$

средняя сумма рангов для всех показателей,  $m$  — количество показателей,  $n$  — количество экспертов. Если  $W = 0$ , то имеет место абсолютная несогласованность экспертов, если  $W \geq 0.6$ , то считают согласованность приемлемой.

Коэффициент весомости показателя  $g_j$  рассчитывается, как

$$g_j = \frac{nm - S_j}{\frac{1}{2}nm(m-1)}$$

Существенно значимыми (весомыми) считаются показатели, для которых:  $g_j > 1/m$ . Коэффициент вариации  $C_{R_j}$  рассчитывается, как

$$C_{R_j} = \frac{\sigma_{R_j}}{R_j} 100\%$$

Согласованность экспертов высокая, если  $C_{R_j} < 40\%$ .

При работе с противоречивыми, неточными и субъективными данными рекомендуется дополнительно применять аппарат нечеткой логики, позволяющий по-

лучить достоверные решения при нечетких входных данных. Аппарат нечеткой логики возможно применять в различных ситуациях [12] как при наличии только экспертной информации, так и при наличии статистических данных (к примеру, используя нечеткие нейронные сети (ANFIS)).

Далее предлагается обобщенный алгоритм построения пользовательского интерфейса для анализа больших данных.

### Алгоритм построения интерфейса

В результате проведенного анализа современных методов проектирования пользовательских интерфейсов, предлагается обобщенный алгоритм построения пользовательского интерфейса для визуализации больших данных.

Рис. 8. Обобщенный алгоритм построения пользовательского интерфейса для визуализации больших данных

### Заключение

В работе проведено исследование методов визуализации больших данных в информационных системах, и в частности, в SIEM системах. Рассмотрены современные инструменты визуализации информации, отмечены их достоинства, недостатки возможные варианты использования. Проанализированы некоторые аспекты построения и оценки эргономичных аналитических панелей, предложен обобщенный алгоритм построения эргономичных информационных панелей для SIEM. Для оценки качества инструментов визуализации больших данных предложено использовать показатели, основанные на свойствах больших данных.

Результаты работы могут быть использованы как разработчиками интерфейсов SIEM, так и других систем анализа больших данных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чесалин А.Н., Гродзенский С.Я., Нилов М.Ю., Фам Ван Ты Интеллектуальные инструменты управления качеством цифрового производства // Стандарты и качество, 2020, № 3, с. 68–72
2. Chesalin A.N., Grodzenskiy S. Ya., Nilov M. Yu., Pham Van Tu Intelligent quality management tools for digital production and knowledge management system for their application электронная IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 862 (2020), 042032, 9 p. doi:10.1088/1757-899X/862/4/042032
3. C. Knaflic. *Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals*, 2015.
4. George A. Miller. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information // *The Psychological Review*. — 1956. — Vol. 63. — Pp. 81–97.
5. Paul M. Fitts. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement // *Journal of Experimental Psychology*. — 1954. — Vol. 47. — No. 6. — Pp. 381–391.
6. Hick, W.E. (1 March 1952). "On the rate of gain of information" (PDF). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 4 (1): 11–26

7. Endsley, M.R.: Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors Journal 37(1), 32–64, 1995.
8. Кузьмина Н. Человеко-ориентированный подход при проектировании систем визуализации автоматизированных объектов // СТА, 1, 2015.
9. Nielsen, Jakob. (1996). Usability Metrics: Tracking Interface Improvements. IEEE Software. 13. 12–13. 10.1109/MS.1996.8740869.
10. Шнейдерман, Б. Психология программирования: человеческие факторы в вычислительных и информационных системах / Б. Шнейдерман; пер. с англ. А.И. Горлина, Ю.Б. Котова. — Москва: Радио и связь, 1984. —304 с
11. Зенг Валерия Андреевна Оценка качества проектирования пользовательских интерфейсов нового поколения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. № 12.
12. Чесалин А.Н. Гродзенский С.Я., Фам Ван Ты, Нилов М.Ю., Агафонов А.Н. Технология оценки рисков на этапах жизненного цикла продукции с использованием нечеткой логики // Российский технологический журнал, 2020, № 8(6), с. 167–183. doi:10.32362/2500–316X-2020–8–6–167–183.
13. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

---

© Ушкова Надежда Николаевна ( ushkova.n.n@mail.ru ),

Чесалин Александр Николаевич ( chesalin\_an@mail.ru ), Болотин Кирилл Викторович ( bolotin@mirea.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





# ДЕАНОНИМИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ВЕБ-РЕСУРСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТПЕЧАТКА БРАУЗЕРА

## DEANONIMIZATION OF A WEB RESOURCE USER USING BROWSER FINGERPRINT FORMATION TECHNOLOGY

**V. Sharmaev  
E. Karpukhin  
S. Sidorin  
A. Zherdev**

*Summary.* There are many approaches to collecting information about a user on the network, which differ both in the means used and in the end goal. The most common deanonymization methods are easily bypassed by attackers — the site's cookie processing is disabled, the IP address is hidden, and only the incognito session is used. One of the most flexible approaches is the browser fingerprint technology discussed in the article, the essence of which is to generate a unique user identifier based on a set of user parameters (information about the operating system, browser version, selected system language, time zone, screen resolution, color depth, and also many others). The paper highlights the main characteristics of the user that can be used in the formation of a browser fingerprint, their features are disclosed. User deanonymization can be used to create customized advertising campaigns tailored to the interests of the person, to improve content recommendation systems (for example, articles, videos, music), for secure authentication, collecting statistics about site visitors and analytics. The article also provides other possible scenarios for applying the technology. The methodology presents three possible scenarios: cross-browser solution, maximum amount of data, and high accuracy. For each of the scenarios, the most appropriate array of user characteristics used to form the fingerprint was selected, and examples of the JavaScript script were demonstrated. The disadvantage of the technology is the fact that when the value of one of the analyzed parameters changes, the entire output data block also changes. The solution to this problem is the choice of the optimal sensitivity threshold. The calculation of the optimal sensitivity threshold depending on the number of analyzed parameters is made, examples of its use to determine whether to consider the user of the web service as a repeat visitor or a new user are given. Conclusions are drawn about the applicability of the technology in practice, recommendations are given to improve the accuracy of the result.

*Keywords:* browser fingerprint, device fingerprint, user deanonymization, JavaScript.

**Шармаев Вадим Игоревич**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»  
vadssx@ya.ru

**Карпукхин Евгений Олегович**

Ведущий инженер, ФГАО ВО «Национальный  
исследовательский университет ИТМО»  
ret1987@ya.ru

**Сидорин Сергей Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»  
sarmatsid@yandex.ru

**Жердев Александр Александрович**

Вирусный аналитик, Group-IB  
misterrio535@gmail.com

*Аннотация.* Существует множество подходов к сбору информации о пользователе в сети, которые различаются как используемыми средствами, так и конечной целью. Наиболее распространенные методики деанонимизации легко обходятся злоумышленниками — отключается обработка cookie сайта, скрывается IP-адрес, используется исключительно сеанс в режиме инкогнито. Одним из наиболее гибких подходов является рассмотренная в статье технология browser fingerprint, суть которой состоит в генерации уникального идентификатора пользователя на основе набора его параметров (сведений об операционной системе, о версии браузера, выбранном языке системы, часовом поясе, разрешении экрана, глубине цвета, а также множества других). В работе выделены основные характеристики пользователя, которые можно использовать при формировании отпечатка браузера, раскрыты их особенности. Деанонимизация пользователя может использоваться для создания индивидуальных рекламных компаний, подходящих под интересы человека, для совершенствования систем рекомендации контента (например, статей, видеозаписей, музыки), для безопасной аутентификации, сбора статистики о посетителях сайта и аналитики. В статье также приведены другие возможные сценарии применения технологии. В методологии представлены три возможных сценария: кросс-браузерное решение, максимальное количество данных и высокая точность. Для каждого из сценариев выбран наиболее подходящий массив характеристик пользователя, используемый для формирования отпечатка, а также продемонстрированы примеры работы JavaScript-сценария. Недостатком технологии является тот факт, что при изменении значения одного из анализируемых параметров изменяется и весь выходной блок данных. Решением этой проблемы является выбор оптимального порога чувствительности. Произведен расчет оптимального порога чувствительности в зависимости от количества анализируемых параметров, приведены примеры его использования для определения, считать ли пользователя веб-сервиса повторным посетителем или новым пользователем. Сделаны выводы о применимости технологии на практике, даны рекомендации для повышения точности результата.

*Ключевые слова:* отпечаток браузера, отпечаток устройства, деанонимизация пользователя, JavaScript.

**Т**ехнология формирования отпечатка браузера представляет собой метод, используемый онлайн-сервисами и сайтами для идентификации посетителей, суть которого заключается в присвоении каждому пользователю неповторимого идентификатора (отпечатка), например: *mhxkbwхаbmrхрz5g*. Этот идентификатор зависит от набора параметров пользователя, представляющих собой уникальный массив данных, например, совокупность сведений о разрешении экрана, установленных шрифтах и модели используемого устройства [1]. Полученный отпечаток останется постоянным, даже если пользователь перейдет в режим инкогнито или включит VPN.

Название такого метода определяет его ключевую особенность — полученный идентификатор уникален, как и реальные отпечатки пальцев. В силу своей уникальности полученный идентификатор называют также отпечатком устройства (*device fingerprint*).

Первоначальное применение данной технологии заключалось в оптимизации сайта для пользователя независимо от того, с какого устройства пользователь посетил онлайн-ресурс — с телефона, с планшета или с компьютера. Без лишних действий пользователь сможет увидеть привычную для себя ленту новостей на интересующие его темы, даже если он еще не выполнил авторизацию на сайте, сохранятся настройки пользователя, указанные предпочтения. Технология нашла свое применение и в рекламе. Так, сервер, собрав информацию о модели поведения пользователя и его характеристиках, сможет тонко настроить персональную (таргетированную) рекламную кампанию. Такая реклама окажется более точной, чем реклама, настроенная на простом анализе IP-адреса пользователя. Могут использоваться и отдельные характеристики устройства — например, человек с низким разрешением экрана (1024x768) может стать потенциальным покупателем нового монитора в онлайн-магазине, а человек, посетивший страницу магазина в ближайшие дни после крупного релиза новой модели смартфона, которым он пользуется, может заинтересоваться в обновлении своего устройства.

Значимая роль уделяется отпечаткам устройств при модерации онлайн-ресурсов. Злоумышленник, сменивший IP-адрес и свою учетную запись, останется заблокированным, потому что помимо этих характеристик будет проанализировано множество дополнительных — его устройство, версия браузера, операционной системы и т.д. Такой подход позволит как минимизировать активность злоумышленников, так и отделить реальных посетителей сайта от ботов, совершающих вход с одного и того же устройства.

Зачастую отпечатки устройств используются и для аналитических целей — с их помощью легко собрать статистику посетителей сайта, например, узнать, есть ли среди них значительная доля пользователя с нестандартным разрешением экрана, для которого стоит разработать адаптивную версию сайта. Применяются отпечатки браузера и для слежения за состоянием сессии, для аутентификации пользователей.

Код, который производит вычисление идентификатора пользователя, описывается на языке JavaScript — язык позволяет связать функционал элементами HTML (также с Flash, Silverlight, прекратившими поддержку) и использовать их как вспомогательные средства.

Метод идентификации пользователя в Интернете по отпечатку устройства заменил следящие cookie [2]. Файлы cookie — это небольшие пакеты текстовых файлов, которые хранятся на компьютере пользователя и содержат данные, которые могут предоставить веб-сайтам информацию для улучшения пользовательского опыта. Такие файлы помогают как разработчику, так и пользователю онлайн-сервиса, например, сохраняя метки времени для просмотренного фильма, запоминая указанные пользователем настройки. Для разработчика cookie — это инструмент для сбора статистики, для оптимизации и совершенствования работы сайта.

Однако cookie, хранящиеся на персональном компьютере пользователя, могут быть удалены как с помощью настроек браузера, так и вручную, что является проблематичным при использовании их как уникального идентификатора пользователя. В отличие от них, отпечаток браузера пользователя хранится на самом сервере и не зависит от действий пользователя.

При формировании отпечатка браузера (устройства) могут использоваться различные сведения [3, 4]:

- ◆ User-agent (строка, которая включает в себя информацию как о самом браузере, так и о его версии, типе устройства, языковых настройках и т.д.);
- ◆ Часовой пояс (разность в минутах между временем Всемирное Координированным временем UTC и местным временем устройства пользователя);
- ◆ Разрешение экрана и глубину цвета (дополнительно разрешение экрана может сообщить информацию о том, поддерживает ли устройство поворот экрана);
- ◆ Установленные системные шрифты (в этом случае достаточно простого перебора путем добавления на страницу элемента со шрифтом из массива проверяемых шрифтов и проверки, поменялся ли размер символов — если размер символов изменился, значит, шрифт установлен в системе);



```
data:image/png;base64,iVBORw0KGgoAAAANSUHEUgAAAZAAAADICAYAAADGFbfIAAAgAEIEQ
VR4Xu19CZgU1dn1ud0zAzMsw6bsu6AigijqRKO4RI1kwXyJznEhLohLXJKoUWPUaKLGJLhERNw
wav5okk/zKUaNEdx3ECGICLlZrAlyMHvX/5zquj3VNdXTVd1VPd09730enWH6rudW31PvehXyvB
gw+gM4EMD+APYBMAhAXwC9AAxOMf3VALYCqALA31cA+ATAIgw1XrcxYFRYfR8AgP+NBIaJoB
xAR+un/r2z1a4aQC2AGus//fsOAlSBLLF+cizWiRcj2HVANa8jz7dQpiclCAJFioDKt3UZMEgUxwP4
KoAjAAwMeI5fAiAjKCB6BNx3ojuy1XOV2PbiKNR9eCQ67zgWXE0AE1D2Q+8FsDbAF4H8B8ox
SE9FWMqDE8Vi6ySmoW8e94BTOTrhQ3qV4sMdIlOESOQF18oA8ZXAjwK4JuWpFGQkL8D4GkA
z1riTotFRAEcDjHEcoX1dHQNbKkkEA79NJTIVFIWIZDAMM+0o24ALgNw+UEjO3Wr7Fxi9rOzuhE
fLdtNSfYZADcBWJXpANJOEMgFam1GIAYMqQcMADgXwH65WGwYY1BPNhvAQwCWZJLAOlS6
7x7Flee/X06FI15oNnTiFnCf4h/QAFscrBGDulFm9u91w3iAM6I ltrul msqqrF7DmhcNODa0kV1
```

Рис. 1. Изображение, полученное с помощью тега Canvas, и соответствующий ему код

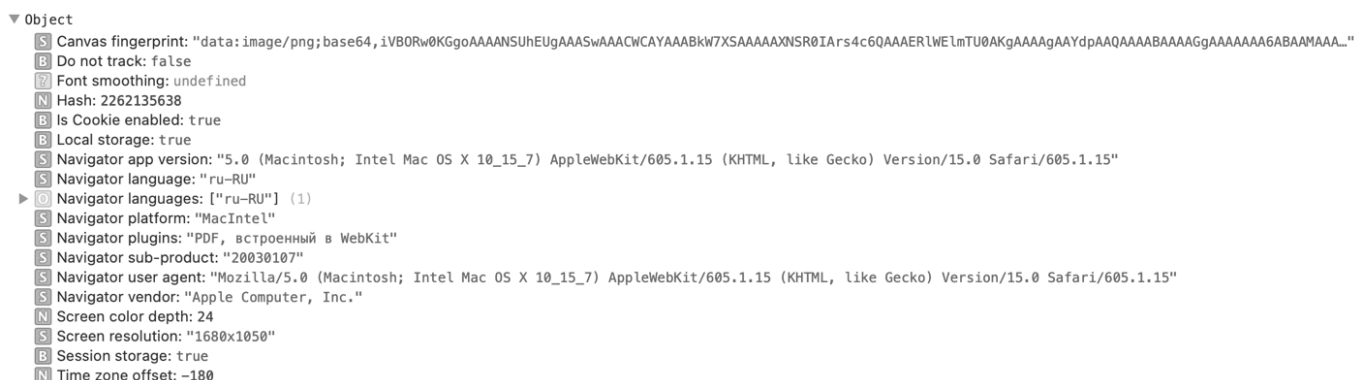


Рис. 2. Полученный массив значений

- ◆ Установленные плагины и их версии (несмотря на то, что современные браузеры не отдадут весь список установленных плагинов, вновь достаточного простого перебора — в том случае, если плагин из массива проверяемых плагинов установлен у пользователя, браузер подтвердит этот запрос);
- ◆ Операционная система и множество других сведений, таких как запрет на определение геолокации, сглаживание шрифтов, тип соединения и т.д.

С развитием языка JavaScript и появлением новых возможностей браузеров этот список продолжает расширяться. Новым подходом для формирования отпечатка браузера стала технология Canvas [4].

Canvas (англ. холст) — это тег HTML5, предназначенный для создания растрового изображения при помощи скриптов, обычно на языке JavaScript. WebGL использует холст (canvas) HTML5 для визуализации 2D- и 3D- графики в браузере. Суть подхода состоит в том, что каждый компьютер рендерит (отрисовывает) изображение по-разному из-за особенности конфигурации компьютера, характеристик операционной системы, свойств самого браузера. Полученное изображение можно использовать как уникальный идентификационный код, превратив его в хэш.

Для того, чтобы изменить идентификатор, полученный с помощью Canvas, будет недостаточно изменить часовой пояс или поменять разрешение экрана. Потре-

## Your fingerprint:

2262135638

Maximum amount of data about user

```
Screen resolution:1680x1050 # Canvas fingerprint:base64 # Is Cookie enabled:true # Local
storage:true # Session storage:true # Navigator platform:MacIntel # Navigator sub-
product:20030107 # Navigator user agent:Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_15_7)
AppleWebKit/605.1.15 (KHTML, like Gecko) Version/15.0 Safari/605.1.15 # Navigator
vendor:Apple Computer, Inc. # Navigator app version:5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X
10_15_7) AppleWebKit/605.1.15 (KHTML, like Gecko) Version/15.0 Safari/605.1.15 #
Navigator language:ru-RU # Navigator languages:ru-RU # Navigator plugins:PDF,
встроенный в WebKit # Time zone offset:-180 # Screen color depth:24 # Do not
track:false #
```

## You have visited this page. Note from database:

```
Screen resolution:1680x1050 # Canvas fingerprint:base64 # Is Cookie enabled:true # Local
storage:true # Session storage:true # Navigator platform:MacIntel # Navigator sub-
product:20030107 # Navigator user agent:Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_15_7)
▲ AppleWebKit/605.1.15 (KHTML, like Gecko) Version/15.0 Safari/605.1.15 # Navigator vendor:Apple
Computer, Inc. # Navigator app version:5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_15_7)
AppleWebKit/605.1.15 (KHTML, like Gecko) Version/15.0 Safari/605.1.15 # Navigator language:ru-
RU # Navigator languages:ru-RU # Navigator plugins:PDF, встроенный в WebKit # Time zone
offset:-180 # Screen color depth:24 # Do not track:false #
```

Рис. 3. Проверка на наличие записи в базе данных

буется замена графического адаптера, драйвера графического адаптера, а при их отсутствии — всего процессора.

В рамках эксперимента был выполнен JavaScript-сценарий `fingerprint.js`, работа которого заключается в последовательном вызове функций, определяющих основные характеристики браузера и устройства пользователя. Все полученные значения записываются в массив, а затем проходят через хэш-функцию [5].

Дальнейшая логика работы скрипта заключается в проверке, имеется ли в базе данных полученный отпечаток браузера. Если отпечаток имеется — на экран выводится уведомление о том, что страница уже была посещена ранее. Если такой записи не обнаружено — она добавляется в базу данных.

Эксперимент проведен для трех возможных сценариев:

1. Кросс-браузерное решение. Анализируемые параметры: разрешение экрана, язык системы, часовой пояс, операционная система.

Сценарий используется для деанонимизации пользователя независимо от используемого им браузера. Считываемые параметры обладают высокой стойкостью и не меняются со временем, например, на них не окажет

влияния обновление браузера. Такой подход можно использовать, например, для сохранения настроек пользователя, его предпочтений.

2. Максимальное количество данных о пользователе. Анализируемые параметры: разрешение экрана, отпечаток Canvas, включены ли cookie, включено ли Local Storage, включено ли Session Storage, операционная система, версия браузера, браузер, разработчик браузера, язык системы, список плагинов, часовой пояс, глубина цвета, запрет на определение геопозиции.

Результат работы скрипта при таком сценарии может регулярно меняться независимо от действий пользователя, например, после обновления одного из установленных плагинов. В различных браузерах результат также будет отличаться, но такой подход можно использовать для аналитических целей, например, с целью определения целевых групп сайта.

3. Высокая точность. Анализируемые параметры: хэш Canvas.

Результат работы скрипта при таком сценарии максимально стабилен и точен, но в пределах одного браузера, для его изменения может потребоваться обновление графического адаптера или всего процессора в целом. Такой подход может использоваться для контроля состояния сессии пользователя или для обеспечения безопас-

ности учетной записи. Например, при использовании в сервисах онлайн-банкинга в случае изменения отпечатка браузера пользователя система может высылать код-подтверждение на другое устройство пользователя.

Работа скрипта была проверена на компьютере с операционной системой Windows, на компьютере с операционной системой MacOS, на мобильном устройстве на платформе Android и на мобильном устройстве на платформе iOS в трех режимах: обычный режим, режим инкогнито и режим инкогнито с включенным VPN в стандартной конфигурации. Эксперимент повторялся для двух браузеров (Safari и Google Chrome, на Windows — Mozilla и Google Chrome), затем повторялся вновь на другой версии браузера.

В ходе эксперимента получены следующие результаты:

1. При кросс-браузерном решении полученный хэш оставался неизменным при включенном VPN, включенном режиме инкогнито, при смене браузера. Аналогичный результат был получен на компьютере с операционной системой MacOS и на мобильных устройствах. После повторения эксперимента на другой версии браузера все устройства получили такой же результат.
2. При сборе максимального количества данных хэш изменялся при смене браузера, но оставался неизменным при включенном режиме инкогнито и включенном VPN. Аналогичный результат был получен на компьютере с операционной системой MacOS и на мобильных устройствах. При повторении эксперимента на другой версии браузера результат поменялся на всех устройствах.
3. При решении с высокой точностью полученный хэш изменялся при смене браузера, но оставался неизменным при включенном режиме инкогнито и включенном VPN. Аналогичный результат был получен на компьютере с операционной системой MacOS и на мобильных устройствах. После повторения эксперимента на другой версии браузера все устройства получили такой же результат.

Рассмотрим вектор весов параметров пользователя  $\eta = [\eta_1, \eta_2, \eta_3 \dots \eta_{17}]$  (сценарий максимального количества данных, при котором анализируется 17 различных параметров), причем  $\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_{17} = 1$ . Оценим каждый из весов параметров.

Из 17 параметров выделим 7 строковых параметров как наиболее уникальные (это значения canvas  $\eta_1$ , платформы браузера  $\eta_6$ , массива языков  $\eta_8$ , платформа устройства  $\eta_9$ , список плагинов  $\eta_{10}$ , версия браузера  $\eta_{11}$  и производитель устройства  $\eta_{13}$ ). Тогда этим семи параметров

определим вес уникальности 0.7, а всем остальным параметрам — 0.3. Получившийся вектор весов с учетом их уникальности:  $I = [0.1, 0.03, 0.03, 0.03, 0.03, 0.1 \dots 0.03]$  ( $I_1 + I_2 + \dots + I_{17} = 1$ )

Время получения и информативность каждого из параметров можно считать одинаковым, тогда вес каждого параметра с учетом его времени получения и информативности:  $T = [0.0588, 0.0588, 0.0588, 0.0588 \dots 0.0588]$  ( $T_1 + T_2 + \dots + T_{17} = 1$ )

Будем считать, что оба этих критерия равнозначны, тогда умножим оба вектора на коэффициенты значимости критериев  $\alpha = [0.5, 0.5]$ .

Итоговый вес параметров:

$$\eta = [0.07941, 0.04441, 0.04441, 0.04441, 0.04441, 0.07941, \dots, 0.04441].$$

Будем считать допустимой погрешность, при которой изменился лишь один из наименее уникальных параметров (например, параметр «Не отслеживать»  $\eta_2$ ), тогда вектор подобия  $S = [1, 0, 1, 1, \dots 1]$ , а вероятность верной идентификации пользователя:

$$P = S * \eta = 1 * 0.07941 + 0 * 0.04441 + 1 * 0.04441 + \dots + 1 * 0.04441 = 1 - 0.04441 = 0.95559$$

Тогда с учетом возможных округлений за порог чувствительности примем величину 0.955. Рассмотрим еще две ситуации:

1) Изменился один из наиболее уникальных параметров (например, параметр canvas  $\eta_1$ ):

Вектор подобия  $S = [0, 1, 1, 1, \dots 1]$ . Вероятность верной идентификации пользователя:

$$P = S * \eta = 0 * 0.07941 + 1 * 0.04441 + 1 * 0.04441 + \dots + 1 * 0.04441 = 1 - 0.07941 = 0.92059$$

Значение меньше порога чувствительности 0.955. Считаем, что веб-ресурс посетил новый пользователь.

2) Изменилось два из наименее уникальных параметров (например, параметр «Не отслеживать»  $\eta_2$  и параметр «Сглаживание шрифтов»  $\eta_3$ ):

Вектор подобия  $S = [1, 0, 0, 1, \dots 1]$ . Вероятность верной идентификации пользователя:

$$P = S * \eta = 1 * 0.07941 + 0 * 0.04441 +$$

$$+ 0 * 0.04441 + \dots + 1 * 0.04441 = 1$$

$$- 0.04441 - 0.04441 = 0.91118$$

Значение меньше порога чувствительности 0.955. Считаем, что веб-ресурс посетил новый пользователь.

Теоретические значения получились близки к статистическим значениям, представленным исследованиями ресурса PanoptiClick [6], согласно которому лишь 1 из 286777 браузеров дадут такой же отпечаток, как браузер другого пользователя. В среднем, точность идентификации пользователя при помощи отпечатка браузера составляет 99,24%. Изменение одного из параметров браузера снижает точность идентификации пользователя лишь на 0,3%.

Результаты эксперимента подтвердили, что данная технология обладает гибкостью в настройке, а при верном выборе анализируемых параметров обладает также и высокой точностью. Отметим, что с увеличением параметров увеличивается вероятность изменения результата, поэтому важным остается вопрос выбора оптимального порога чувствительности, который определяет — считать ли посетителя с изменившимся параметром тем же самым пользователем, либо ассоциировать его с новым пользователем.

Технология формирования отпечатка браузера отличается своей гибкостью и, при грамотном подходе к выбору анализируемых параметров, высокой точностью. При изменении любого анализируемого параметра изменяется конечный результат (изменение как минимум одного бита входных данных должно приводить к изменению значения всего выходного блока). Для усовершенствования технологии вводят «порог чувствительности» для каждого из параметров, и чем больше уникальность параметра, тем выше его чувствительность (такое хэширование называют фазихэшированием, или нечетким хэшированием). При этом сами значение порога чувствительности зависит от веб-ресурса, на котором он используется. Разработчик выбирает оптимальное значение, являющееся компромиссом между ситуацией излишнего ложного срабатывания и ситуацией чрезмерного реагирования системы.

Была проанализирована точность, с которой может быть идентифицирован пользователь при анализе 17 пользовательских параметров. Существуют готовые библиотеки с открытым кодом, позволяющие разработчикам генерировать и обрабатывать отпечатки браузеров пользователей, гарантируя точность свыше 99,5% без дополнительных затрат на разработку. Использование таких библиотек может предотвратить кражи учетных записей пользователей, мошенничество. В том случае,

если уникальный идентификатор пользователя изменится, будет разумным если не заблокировать пользователя, то хотя бы выслать подтверждающий код на почту или номер телефона, либо даже завершить текущую сессию.

Со стороны разработчиков, помимо улучшения интерфейса взаимодействия с пользователем, важнейшей задачей является обеспечение безопасности работы пользователя. Рассмотренная в статье технология в совокупности с другими средствами позволяет защитить учетную запись пользователя от кражи, предотвратить мошенничество в сфере банковских карт, защитить авторские права. Любые действия злоумышленника, совершенные с использованием данных пользователя-жертвы, но при этом обладающего отличающимся отпечатком устройства, могут быть остановлены системой, а затем дополнительно запрошены иные сведения — например, кодовое слово, указанное при регистрации на сайте. На изначальное устройство при этом направляется оповещение безопасности с рекомендацией проверить активность в своем аккаунте и при необходимости сменить пароль или обратиться в службу поддержки. Фактически, отпечаток может быть использован для оценки вероятности мошенничества или иных противоправных действий со стороны конкретного пользователя.

Как и любая современная технология, отпечатки браузера могут стать опасным инструментом в руках самих злоумышленников. Избежать или проконтролировать сбор параметров браузера практически не представляется возможным. Точность, с которой отпечаток браузера идентифицирует пользователя, в руках злоумышленника может стать опасным инструментом. Не исключена возможность дальнейшей передачи баз таких отпечатков или их продажи, а сами пользователи никак не могут вмешаться в этот процесс и повлиять на использование их данных.

Идентификация пользователя без его ведома и согласия может нарушить один из основных принципов — право на анонимность. Исключить возможность такого сбора параметров практически невозможно, единственный надежный способ отгородиться от него — это отказаться от пользования сетью Интернет. Если cookie в настоящее время регулируются в ряде стран, а сайты должны в обязательном порядке запрашивать согласие на их обработку, то получение отпечатка — совсем новая технология, пока еще не затронутая ни одним законом в сфере информационной безопасности. Следующим логичным шагом может стать создание регламента сбора и обработки характеристик пользователя посредством формирования отпечатков браузера, принятого на уровне законодательных актов стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pugliese G., Riess C., Gassmann F., Benenson Z. Long-Term Observation on Browser Fingerprinting: Users' Trackability and Perspective. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*, 2020 (2). p 558–577.
2. Papadogiannakis E., Papadopoulos P, Kourtellis N, Markatos E. User Tracking in the Post-cookie Era: How Websites Bypass GDPR Consent to Track Users. *Computers and Society*, 2021. p 3
3. FaizKhademi A., Zulkernine M., Weldemariam K. FPGuard: Detection and Prevention of Browser Fingerprinting. *Data and Applications Security and Privacy XXIX*, 2019. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 9149. p 310.
4. Vastel A., Rudametkin W., Rouvoy R., Blanc X. FP-Crawlers: Studying the Resilience of Browser Fingerprinting to Block Crawlers. *NDSS Workshop on Measurements, Attacks, and Defenses for the Web*, 2020. p 6
5. Bird S., Willoughby R., Mishra V., Zeber D., Lopatka M., Englehardt S., Rudametkin W. Actions speak louder than words: semi-supervised learning for browser fingerprinting detection. *Cryptography and Security*, 2020. p 5
6. Eckersley P. How Unique Is Your Web Browser? Electronic Frontier Foundation. URL: <https://panopticklick.eff.org/static/browser-uniqueness.pdf>

© Шармаев Вадим Игоревич (vadssx@ya.ru), Карпухин Евгений Олегович (ret1987@ya.ru),  
Сидорин Сергей Юрьевич (sarmatsid@yandex.ru), Жердев Александр Александрович (misterrio535@gmail.com).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский авиационный институт

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ ДОРОГ

**Шахсуварова Илона Витальевна**

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный  
университет телекоммуникаций им. проф.

М.А. Бонч-Бруевича

shahsuvarova.ilona@mail.ru

## MATHEMATICAL MODELS AND ALGORITHMS FOR CONTROLLING VEHICLES AT INTERSECTIONS

*I. Shakhshvarova*

*Summary.* At the present stage of social development, accompanied by global digitalization, driver assistance systems have become particularly relevant when driving, which allow monitoring the traffic situation with the help of artificial intelligence. Such systems have certainly made modern human-driven vehicles more efficient and safer. At the same time, the technology of unmanned vehicles (cars), despite the availability of appropriate technologies, has not yet become an everyday reality. This practical complexity is due to the fact that a new generation of unmanned systems needs algorithms capable of preventing traffic accidents and coping with complex traffic situations, just as a person does while driving a vehicle, taking into account an optimally complete list of intersection paths by various road users.

Based on this, it is necessary to develop such a model of neural network training that will allow networks to learn in real time, tactically building scenarios for crossing intersections in real time, that is, building a model for solving complex multi-purpose tasks. At the same time, to solve the modeling problem, it is not enough to simply develop a network model and scenario options for its training — in order to properly train an artificial neural network, it is necessary to choose an appropriate learning algorithm that will solve the task in an optimal way. Of the available learning algorithms, the most optimal seems to be the algorithm of a deeply deterministic policy gradient (DDPG). The specifics of this algorithm will ensure the stability and efficiency of the model. The Deep deterministic Policy Gradient (DDPG) algorithm combines the advantages of the Subject-Critic and DQN ((Deep Q-Learning) algorithms, choosing the best of them and thereby solving the complex problem of the continuous action space through experience reproduction and asynchronous updating, which becomes particularly relevant in those systems that are associated with unmanned driving vehicles.

*Keywords:* genetic algorithms, optimization problem, artificial neural networks, neural network learning algorithms, deeply deterministic policy gradient algorithm.

*Аннотация.* На современном этапе общественного развития, сопровождающимся глобальной цифровизацией, особую актуальность приобрели системы помощи водителю при вождении, позволяющие осуществлять контроль дорожно-транспортной ситуации посредством использования искусственного интеллекта. Такие системы, безусловно, сделали современные транспортные средства, управляемые человеком, более эффективными и безопасными. Вместе с тем, технология беспилотных транспортных средств (автомобилей), несмотря на наличие соответствующих технологий, всё еще не стала повседневной реальностью. Такая практическая сложность связана с тем, что новое поколение беспилотных систем нуждается в алгоритмах, способных предотвращать дорожно-транспортные происшествия и справляться со сложными дорожными ситуациями подобно тому, как это делает человек, находясь за рулем транспортного средства с учетом оптимального перечня траекторий проезда перекрестков различными участниками дорожного движения.

Исходя из этого, необходима разработка такой модели обучения нейронных сетей, которая позволит сетям обучаться в режиме реального времени, тактически выстраивая сценарии пересечения перекрестков в режиме реального времени, то есть необходимо построение модели решения сложных многоцелевых задач. Вместе с тем, для решения задачи моделирования недостаточно просто разработать модель сети и варианты сценариев для ее обучения — для того, чтобы надлежащим образом обучить искусственную нейронную сеть, необходимо выбрать соответствующий алгоритм обучения, который позволит решить поставленную задачу оптимальным образом. Из имеющихся алгоритмов обучения наиболее оптимальным видится алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG). Специфика работы данного алгоритма позволит обеспечить стабильность и эффективность работы модели. Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) сочетает в себе преимущества алгоритмов «Субъект-критик» и DQN ((Deep Q-Learning), выбирая лучшее из них, решая тем самым сложную проблему пространства непрерывного действия через воспроизведение опыта и асинхронное обновление, что приобретает особую актуальность в тех системах, которые связаны с беспилотным управлением транспортными средствами.

*Ключевые слова:* генетические алгоритмы, задача оптимизации, искусственные нейронные сети, алгоритмы обучения нейронных сетей, алгоритм глубоко детерминированного градиента политики.



**В**опросами развития технологий беспилотного управления транспортными средствами научное сообщество активно занимается последние два десятилетия, обосновывая тот факт, что они должны лежать в основе современного автомобилестроения. Вместе с тем, до настоящего момента не придумано идеальной технологии беспилотного управления, а все имеющиеся разработки в данной области имеют как свои преимущества, так и свои недостатки. Рассматривая многочисленные научные исследования, посвящённые внедрению технологий беспилотного управления, можно прийти к выводу о том, что в основе всех без исключения исследований лежит общая гипотеза о невозможности применения к технологиям беспилотного управления традиционных алгоритмов управления и уже известных математических моделей ввиду сложности самой системы беспилотного управления [4]. С указанным мнением стоит согласиться, поскольку суть системы беспилотного управления сводится в первую очередь к возможности принимать решения при управлении транспортным средством без воздействия человека. Иными словами, технология беспилотного управления транспортным средством — это технология, в основе которой лежит искусственный интеллект, базирующийся на различных алгоритмах обучения искусственных нейронных сетей (далее — ИНС).

Так, например, известна модель проезда перекрестков беспилотным транспортным средством, позволяющая избегать возможных столкновений на тех перекрестках, где у беспилотного транспортного средства отсутствует открытый обзор [10]. В основе такой модели, разработанной исследователями Массачусетского технологического института совместно с компанией Toyota, заложен алгоритм, оценивающий совокупность критических факторов, возникающих на перекрестках: визуальные препятствия, шум и скорость других автомобилей. После оценки факторов система беспилотного управления автоматизировано принимает соответствующее решение: остановиться, замедлить скорость, продолжить движение с установленной скоростью. Вместе с тем, вышеуказанная модель не ориентирована на ряд других сложных факторов риска, с которыми может столкнуться беспилотный автомобиль при проезде перекрестков — например, присутствие пешеходов на перекрестке или вблизи него.

Американскими исследователями разработаны также алгоритмы безопасного и быстрого проезда перекрестка дорог на основании имеющейся информации о специфике перекрестка (наличие или отсутствие светофоров, наличие информации о средней интенсивности движения и пр.) в транспортных средствах, где система управления автомобилем частично автоматизирована [5].

Российские исследователи И.А. Зикратов, Т.В. Зикратова и И.И. Виксин разработали алгоритм, позво-

ляющий беспилотному транспортному средству решать одну из типовых задач, стоящих перед беспилотным транспортным средством — находить наиболее оптимальный план безопасного проезда перекрестка [1]. В основе предложенной модели лежит алгоритм решения задачи с использованием межагентного общения и принятия решения, позволяющий более эффективно преодолевать перекрестки, в том числе за счет сокращения времени на принятие решения. Вместе с тем, следует отметить и недостатки такой модели, заключающиеся в том, что она будет эффективно работать только на полностью автоматизированных транспортных средствах только в том случае, если практически все они будут беспилотными или же в том случае, если беспилотный автомобиль будет эксплуатироваться в местах с невысокой интенсивностью движения. При этом следует отметить, что предложенная указанными исследователями модель может вполне эффективно расширить возможности автомобилей с гибридной системой управления (водитель и адаптивный круиз контроль).

Китайскими исследователями предложено множество алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей для целей проезда беспилотных транспортных средств на перекрестках. Среди таких алгоритмов — алгоритм, основанный на обучении модели «Субъект-критик» с приближением гауссовского процесса для решения задач с непрерывными пространствами состояний и действий [8]. Также китайскими исследователями предложена скрытая Марковская модель для прогнозирования намерений других транспортных средств и построения модели принятия решений для транспортных средств на перекрестках [7].

Популярными являются также комбинированные автономные и онлайн-методы машинного обучения для создания персонализированной модели принятия решений, которая могла бы имитировать характеристики поведения водителя [2, 3], использование теории грубых множеств для извлечения правил принятия решений различными водителями.

Вместе с тем, в вышеобозначенных исследованиях не учитывались общие сценарии взаимодействия различных ситуаций на дороге, например, одновременное появление на перекрестке незапланированного препятствия (выскочившее на дорогу животное и проезд другого водителя на красный цвет), поэтому они могут быть приняты только для краткосрочного прогнозирования траектории. В решении сложных задач необходимо использование таких алгоритмов обучения нейронных сетей, которые могут одновременно позволять обучать в режиме реального времени на основе информации об уже прошедших, не взаимосвязанных друг с другом событиях.

Для решения многоцелевых задач стандартные алгоритмы обучения не подходят, поскольку не удовлетворяют потребности многоцелевых ограничений. При этом известно, что решение сложных многоцелевых задач возможно при использовании генетического алгоритма недоминантной сортировки (NSGA-II), разработанного в 2000 году Кальяномой Дебом, Амритом Пратапом и Самиром Агарвалом [6], и алгоритма глубоко детерминированного градиента политики (DDPG). Однако первый алгоритм (NSGA-II) в последних исследованиях в области решения сложных оптимизационных задач был подвергнут серьезной критике ввиду нестабильности и недостаточной эффективности при решении сложных задач управления, требующих воспроизведения опыта и асинхронного обновления ИНС [9].

Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) в данной связи видится одним из наиболее перспективных алгоритмов для решения сложных задач, таких, как проезд перекрестков. Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) одновременно изучает Q-функцию и политику, используя данные, полученные вне политики, и уравнение Беллмана для изучения Q-функции, при этом саму Q-функцию алгоритм использует для изучения политики, в связи с чем он прекрасно подходит для использования в средах с пространствами непрерывного действия (движение транспортного средства).

Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) является улучшенным алгоритмом «Субъект-критик» («actor-critic»). В алгоритме «Субъект-критик» функция «субъект» генерирует действие с учетом текущего состояния. «Критик» оценивает функцию значения действия на основе выходных данных от «Субъекта», а также текущего состояния. Ошибки TD (temporal-difference), полученные от критика, приводят к его обучению в сети, а затем сеть «Субъектов» обновляется на основе градиента политики.

Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) сочетает в себе преимущества алгоритмов «Субъект-критик» и DQN (Deep Q-Learning). Алгоритм DQN — это комбинация глубокого обучения, глубокого обучения и обучения с подкреплением обучения для достижения сквозного революционного алгоритма от восприятия к действию. Иными словами, алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) из концепции DQN выбирает целевую сеть и оценочную сеть как для «Субъекта», так и для «критика». Более того, политика алгоритма глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) уже не стохастическая, а детерминированная. Это означает, что единственное реальное действие выводится из сети «Субъектов» вместо того, чтобы сообщать вероятность различных дей-

ствий. Критическая сеть обновляется на основе уравнения (1.1.):

$$L = \frac{1}{N} \sum_i^N (Q(s_t, a_t | \theta^Q) - y_i)^2 \tag{1.1.}$$

В уравнении (1.1.)

$$y_i = r_i + \gamma^Q (s_{t+1}, a_t | \theta^Q) \tag{1.2.}$$

В уравнении (1.1.) значение Q, оцененное целевой сетью, а N указывает общее количество мини-пакетов. Сеть «Субъектов» обновляется с помощью градиентного термина, представленного следующим уравнением:

$$\nabla_{\theta^\mu} J = \frac{1}{N} \sum_i^N \nabla_a Q(s, a | \theta^Q) |_{s=s_i, a=\mu(s_i)} \nabla_{\theta^\mu} \mu(s | \theta^\mu) |_{s=s_i} \tag{1.3.}$$

В представленном уравнении (1.3.) Q(s, a |  $\theta^Q$ ) от сети оценка «критика».

Важно отметить, что алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) решает также проблему пространства непрерывного действия (что приобретает особую актуальность в тех системах, которые связаны с беспилотным управлением транспортными средствами) посредством воспроизведения опыта и асинхронного обновления.

При вышеописанных заданных условиях обновления сетей целевого «критика» и целевого «Субъекта» будет иметь следующий вид:

$$\theta^{Q'} \leftarrow \tau \theta^Q + (1 - \tau) \theta^{Q'} \tag{1.4.}$$

Как уже было отмечено, алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) — это алгоритм вне политики. Иными словами, буфер воспроизведения может содержать старые события, даже если они могли быть получены с использованием устаревшей политики. Причина в том, что уравнению Беллмана все равно, какие особенности переходов используются, или как были выбраны действия, или что происходит после перехода, потому что оптимальная Q-функция должна удовлетворять уравнению Беллмана для всех возможных переходов. Таким образом, любые переходы, которые когда-либо испытывали при обучении ИНС, являются возможными при попытке соответствовать аппроксиматору Q-функции с помощью минимизации среднеквадратичной ошибки Беллмана.

Алгоритмы Q-обучения для аппроксиматоров функций, таких, как DQN (и все его варианты) и алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG), в значительной степени основаны на минимизации этой функции потерь среднеквадратичной ошибки Беллмана. При этом применительно к алгоритму глубоко детерми-

нированного градиента политики (DDPG) есть один основной момент, касающийся вычисления максимума над действиями в цели.

Обычно вычисление максимума над действиями в цели является проблемой в пространствах непрерывных действий. Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) решает такую задачу используя целевую сеть политики для вычисления действия, которое приблизительно максимизируется  $Q_{\phi_{target}}$ . Целевая сеть политик определяется тем же способом, что и целевая Q-функция: путем усреднения параметров политики в ходе обучения:

$$L(\phi, \mathcal{D}) = \mathop{E}_{(s, a, r, s', d) \sim \mathcal{D}} \left[ (Q_{\phi}(s, a) - (r + \gamma(1 - d)Q_{\phi_{target}}(s', M_{\phi_{target}}(s'))))^2 \right] \quad (1.5.)$$

В представленном уравнении  $M_{\phi_{target}}$  — целевая политика.

Алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) обучает детерминированную политику ИНС вне политики. Политика детерминирована, то есть имеет риск того, что не весь широкий спектр действий можно использовать, чтобы найти полезные обучающие сигналы. Чтобы лучше изучить политику при использовании алгоритма глубоко детерминированного градиента политики (DDPG), добавляют различные препятствия (шумы) во время обучения. В качестве примера можно привести некоррелированный гауссов шум среднего нуля. Чтобы облегчить получение более качественных обучающих данных, допускается уменьшение масштаба шума в ходе обучения.

Во время тестирования для того, чтобы увидеть, насколько хорошо ИНС использует то, что она узнала в процессе обучения, к действиям шум не добавляется.

Изучение политики в алгоритме глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) довольно простое. Если необходимо изучить детерминированную политику  $M_{\pi}(s)$ , то дается действие, максимизирующее  $Q_{\phi}(s, a)$ . Поскольку пространство действий непрерывно и мы предполагаем, что Q-функция дифференцируема по отношению к действию, мы можем просто выполнить градиентное восхождение (только по отношению к параметрам политики) для решения следующего уравнения:

$$\max_{\pi} \mathop{E}_{(s \sim \mathcal{D})} [Q_{\phi}(s, M_{\pi}(s))] \quad (1.6.)$$

Вышеописанный алгоритм еще раз доказывает тот факт, что многозадачные модели принятия решений с алгоритмом глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) более стабильны и эффективны, поскольку данный алгоритм сочетает в себе преимущества алгоритмов «Субъект-критик» и DQN ((Deep Q-Learning), выбирая лучшее из них, что позволяет сделать однозначный вывод о возможности адаптации алгоритма глубоко детерминированного градиента политики (DDPG) к использованию в моделях, нацеленных на решение сложных многоцелевых задач, таких, как поездки перекрестков беспилотными транспортными средствами.

Подводя итог, отметим, что в настоящий момент невозможно разработать оптимально полный перечень траекторий проезда перекрестков другими участниками дорожного движения. С учетом того обстоятельства, что современные возможности хоть и позволяют проводить обучение нейронных сетей, предусмотреть все возможные траектории участников дорожного движения достаточно проблематично. Исходя из этого, необходима разработка такой модели обучения нейронных сетей, которая позволит сетям обучаться в режиме реального времени, тактически выстраивая сценарии пересечения перекрестков в режиме реального времени, то есть выполнять построение модели решения сложных многоцелевых задач. Вместе с тем, для решения задачи моделирования недостаточно просто разработать модель сети и варианты сценариев для ее обучения — для того, чтобы надлежащим образом обучить ИНС, необходимо выбрать соответствующий алгоритм обучения, который позволит решить поставленную задачу оптимальным образом. Из имеющихся алгоритмов обучения наиболее оптимальным видится алгоритм глубоко детерминированного градиента политики (DDPG), поскольку специфика его работы позволяет обеспечивать стабильность работы модели эффективнее, чем многие иные модели для проезда перекрестков, так как данный алгоритм сочетает в себе преимущества алгоритмов «Субъект-критик» и DQN ((Deep Q-Learning), выбирая лучшее из них, в связи с чем решается проблема пространства непрерывного действия посредством воспроизведения опыта и асинхронного обновления, что приобретает особую актуальность в тех системах, которые связаны с беспилотным управлением транспортными средствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зикратов И.А., Вискнин И.И., Зикратова Т.В. Оптимизация проезда опасных участков дорог беспилотными транспортными средствами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2019. — № 1. С. 155–165.
2. Зикратов И.А., Вискнин И.И., Зикратова Т.В. Мультиагентное планирование проезда перекрестка дорог беспилотными транспортными средствами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2016. — № 5. — С. 839–849.

3. Медведков Д.И. Полный факторный эксперимент в исследовании работы блока управления проезда перекрестка беспилотным транспортным средством // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2018. — № 4. — С. 669–670.
4. Усков, А.А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. / А.А. Усков, А.В. Кузьмин. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004. — 143 с.
5. Carlino D., Boyles S.D., Stone P. Auction-based autonomous intersection management // Proc. 16 th Int. IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC2013). — Hague, Netherlands, 2013. — P. 529–534.
6. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multiobjective optimization: NSGA-II // in Marc Schoenauer, et al., editors, Parallel Problem Solving from Nature (PPSN VI), pages 849–858, Springer, 2000.
7. Liu et al., Research on intelligent merging decision-making of unmanned vehicles based on reinforcement learning, in 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 91–96, Changshu, Suzhou, China, July 2018.
8. X. Chen, M. Jin, M. Yi-song, and Q. Zhang, Driving decision-making analysis of car-following for autonomous vehicle under complex urban environment, Journal of Central South University, vol. 24, pp. 1476–1482, 2017.
9. Yahui, Wang & Ling, Shi & Cai, Zhang & Liuqiang, Fu & Xiangjie, Jin. (2020). NSGA-II algorithm and application for multi-objective flexible workshop scheduling. Journal of Algorithms & Computational Technology.
10. В МТИ разработали алгоритм, помогающий беспилотным авто проходить перекрёстки. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://habr.com/ru/news/t/474730/> (Дата обращения 01.06.2022 г.).

---

© Шахсуварова Илона Витальевна (shahsuvarova.ilona@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

# ВЛИЯНИЕ ВИДА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ МАТРИЦЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

## EFFECT OF USED MATRIX TYPE ON TRANSFORM RESULTS

**A. Shoberg  
S. Chepurko**

*Summary.* The article discusses a formation of matrix for performing discrete transforms. The issues of block matrices forming when performing calculations are considered. Advantages of using formed matrices with central symmetry are shown. Discrete transformations are considered depending on a blocks number and processing direction. A simulation results are presented in graphical form. Despite the fact that presented expressions are used to process a one-dimensional signal, the proposed approach can be extended to two-dimensional data with appropriate changes.

*Keywords:* discrete transform, blocks, decomposition, invariance, central symmetry, correlation.

**Шоберг Анатолий Германович**

*К.т.н, доцент, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)  
shoberg@rambler.ru*

**Чепурко Сергей Александрович**

*Аспирант, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)  
chepurkojm@gmail.com*

*Аннотация.* В статье рассматривается формирование матрицы преобразования для выполнения дискретных преобразований. Рассмотрены вопросы формирования блочных матриц при выполнении расчетов. Показаны преимущества применения сформированных матриц с центральной симметрией. Рассматриваются дискретные преобразования в зависимости от количества блоков и направления обработки. Представлены результаты моделирования в графической форме. Несмотря на то что представленные выражения используются для обработки одномерного сигнала, предлагаемый подход может быть распространен на двумерные данные с соответствующими изменениями.

*Ключевые слова:* дискретное преобразование, блоки, декомпозиция, инвариантность, центральная симметрия, корреляция.

## Введение

Существует достаточно большое количество тонкостей при получении и исследовании частотных характеристик [1]. Среди них вопросы, связанные с симметрией [2, 3], четностью/нечетностью функций [4], инвариантностью получаемых результатов [5, 6]. При выполнении обычных дискретных преобразований можно получить одну или нескольких составляющих отдельно. Математическая запись таких преобразований может быть представлена в виде матричного произведения. Для одномерного случая это будет произведение матрицы на вектор. При этом формирование матрицы преобразования является основой для выбора вида преобразования, порядка вычисления отдельных составляющих и др. Применение ряда свойств матриц, среди которых выполнение операций, деление на блоки, симметричность и др. могут привести дополнительные преимущества в области обработки данных [7], так как ряд важных операций может быть выполнен в частотном домене [8].

Реализация дискретных преобразований на сегодняшний день в большинстве случаев осуществляется на основе эффективных вычислительных методов. При этом для ряда преобразований существуют быстрые ал-

горитмы. Кроме того, в ряде случаев возможно последовательное применение по строкам и столбцам исходных двумерных данных (свойство делимости), что позволяет сократить количество вычислительных операций. Быстрые преобразования являются алгоритмами для ускоренного вычисления путем сокращения требуемого числа операций сложения и умножения [1]. Основываются они на использовании свойств симметрии и периодичности, что позволяет снизить количество вычислений с максимального  $N^2$  до  $N \log(N)$ .

Рассмотрение вопросов формирования матрицы преобразования требуется для выполнения дискретных преобразований с наличием дополнительных свойств сокращающих время цифровой обработки данных при прежней вычислительной сложности.

## Формирование матрицы преобразования с наличием центральной симметрии

Анализ и представление преобразований сигналов могут быть представлены в достаточно простом виде за счет использования матрично-векторного описания, где вектор-столбец ( $x$ ) и матрица ( $W$ ), соответственно,

представляют соответствующий сигнал и преобразование. Традиционный вид преобразования ( $X_{trad}$ ) будет записан следующим образом

$$X_{trad} = W \times x. \quad (1)$$

В случае обработки одномерных данных, хранимых на устройствах памяти, возможны вычисления в прямом и обратном направлениях, но в общем случае результаты расчетов будут отличаться, хотя вектор отсчетов остается неизменным  $x$ . Это связано с тем, что в общем случае матрица и вектор не имеют симметрии относительно середины (половины) общего количества отсчетов [9]. При этом изменение направления выборки отсчетов входного сигнала эквивалентно зеркальному отражению матрицы преобразования в горизонтальной плоскости, что следует свойств матричного умножения. Такое зеркальное отражение может быть получено выборкой элементов матрицы преобразования от последнего индекса к первому. Подобная замена позволяет производить вычисления в обратном направлении при получении отсчетов сигнала без предварительного накопления.

Подобная ситуация наблюдается и при выполнении блочного ( $X_{trad\_bl\_r}$ ) преобразования в традиционной форме в прямом направлении

$$X_{trad\_bl\_r} = (W_r \oplus W_r \oplus \dots \oplus W_r) \times x, \quad (2)$$

где  $W_r$  — матрица преобразования при выборке элементов от первого к последнему по строкам и столбцам;

$\oplus$  — прямая сумма матриц.

Прямая сумма предполагает получение новой матрицы, состоящей из 4 блоков, где два блока с ненулевыми матрицами размещены на главной диагонали, два блока содержащие, только нули размещены на побочной диагонали [7].

Смена направления выполнения блочного преобразования может быть записана

$$X_{trad\_bl\_l} = (W_l \oplus W_l \oplus \dots \oplus W_l) \times x, \quad (3)$$

где  $X_{trad\_bl\_l}$  — результат блочного преобразования в традиционной форме для обратной выборки отсчетов;

$W_l$  — матрица блочного преобразования с обращенным размещением элементов.

В матрице  $W_l$  обращение столбцов отвечает за изменение результатов преобразования (изменение амплитуд) в общем случае, а обращение строк влияет только за порядок размещения составляющих вектора результата.

В общем случае векторы  $X_{trad\_bl\_r}$  и  $X_{trad\_bl\_l}$  не равны с учетом одинаковых размещений составляющих.

Такое отличие может быть устранено на основе использования блочной матрицы с центральной симметрией.

Центрально симметричная матрица (ЦСМ) — это квадратная матрица, элементы которой симметричны относительно геометрического центра матрицы [10, 11]. К основным свойствам ЦСМ относятся следующие [12, 13]:

- ◆ ЦСМ образуют подмножество, замкнутое относительно операций сложения, умножения и транспонирования
- ◆ Обратная ЦСМ также является ЦСМ;
- ◆ Множество ЦСМ с определителем, не равным нулю, образует группу по отношению к операции умножения.

В рассматриваемой области формирование такой матрицы может рассматриваться, как использование блочной матрицы на основе операции прямого суммирования. Преобразование такой матрицы в ЦСМ может быть выполнено за счет изменения прямого порядка размещения элементов (строк и столбцов) в одном из блоков, находящихся на главной диагонали на обратный. Смена порядка размещения элементов по-прежнему предполагает выборку от максимального индекса к минимальному.

Результат преобразования с использованием ЦСМ ( $X_{S1}$ ) может быть записан следующим образом

$$X_{S1} = (W_l \oplus W_r \oplus W_l \oplus W_r \oplus \dots \oplus W_l \oplus W_r) \times x. \quad (4)$$

Также возможен дополнительный вариант выполнения преобразования ( $X_{S2}$ ) на основе другой ЦСМ

$$X_{S2} = (W_r \oplus W_l \oplus W_r \oplus W_l \oplus \dots \oplus W_r \oplus W_l) \times x. \quad (5)$$

Здесь заменен порядок формирования ЦСМ из блоков в выражениях (2) и (3). Выражения (4) и (5) устраняют неравенство составляющих при выполнении преобразований в прямом и обратном направлении.

### Результаты моделирования

Для подтверждения полученных теоретических результатов было разработано программное обеспечение с использованием языка системы математического моделирования Octave. В качестве обрабатываемых использовались стандартные тестовые сигналы, предлагаемые данной системой. На рис. 1 представлен один из используемых сигналов под названием CHIRP. По оси абсцисс отложены отсчеты  $n$ , а на оси ординат представлены амплитуды (Amp).

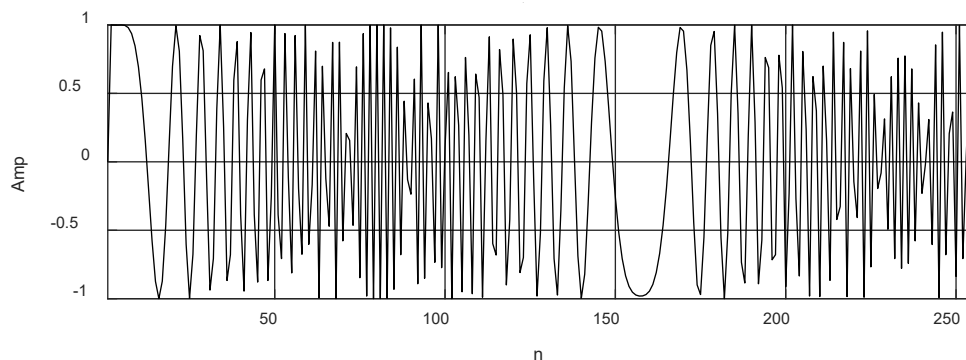


Рис. 1. Пример тестового сигнала

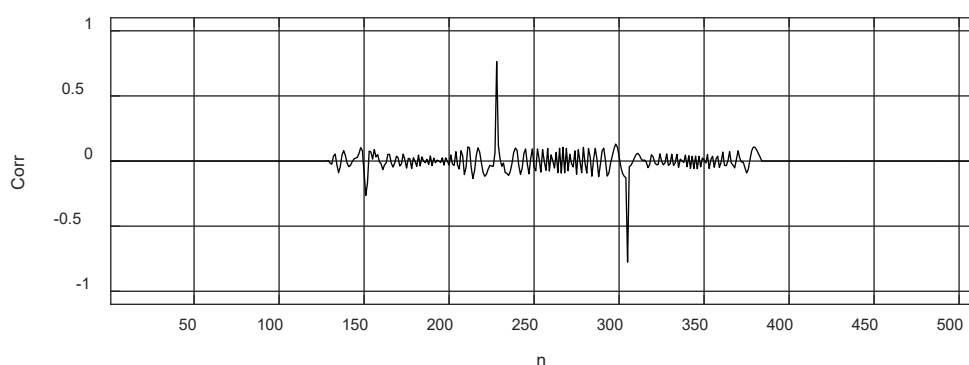


Рис. 2. Коэффициент взаимной корреляции при выполнении ДКП без деления интервала расчетов на блоки

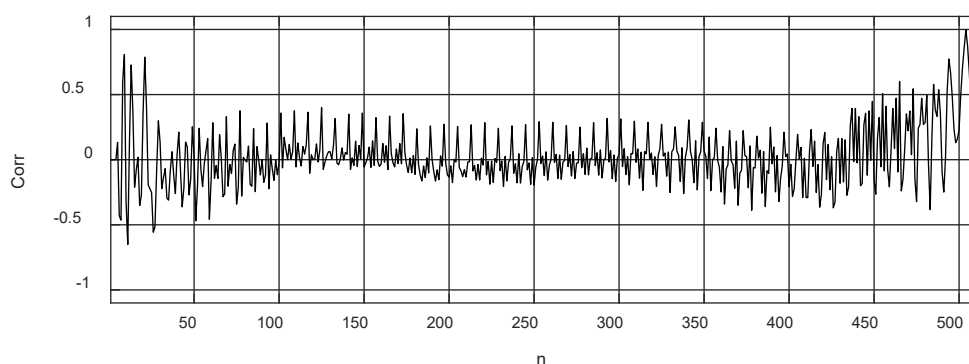


Рис. 3. Коэффициент взаимной корреляции при выполнении блочного ДКП при наличии 16 блоков

Для тестовых сигналов рассчитывалось дискретное косинусное преобразование (ДКП) для прямого и измененного порядка выборки отсчетов сигналов на основе выражения (1). Расчеты производились динамически, т.е. рассчитывались преобразования на всем интервале при поступлении на вход каждого нового отсчета, также производились вычисления при выходе каждого отсчета за правый край интервала исследования. Далее про-

изводились вычисления коэффициентов взаимной корреляции полученных результатов.

На рис. 2 представлены результаты вычисления коэффициента взаимной корреляции (Corr) по описанному выше алгоритму с использованием выражения (1). Использовалась матрица преобразования ДКП.

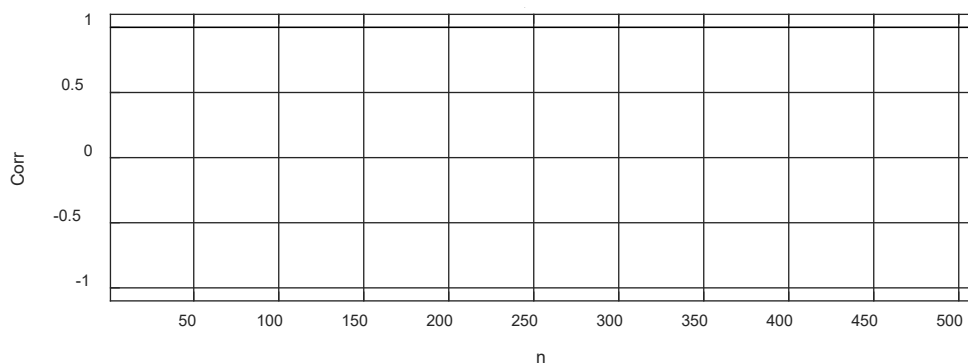


Рис. 4. Коэффициент взаимной корреляции при выполнении блочного ДКП с использованием ЦСМ при наличии 16 блоков

Количество вычислений в 2 раза больше в связи с динамическим появлением сигнала в интервале исследований и выходом из него. Рассчитываемый коэффициент близок нулю кроме двух значений.

На рис. 3 представлены результаты вычисления коэффициента взаимной корреляции с использованием выражений (2) и (3) при делении сигнала на 16 блоков.

Вычисления на основе выражений (2) и (3) при различном количестве блоков подтверждает тезис о равенстве результатов при расчетах преобразований в прямом и обратном направлениях.

На рис. 4 представлены результаты вычисления коэффициента взаимной корреляции с использованием выражений (4) и при делении сигнала на 16 блоков.

На всем интервале исследований при динамическом изменении сигнала наблюдается коэффициент взаимной корреляции равный 1. Что подтверждает перспективность использования ЦСМ при выполнении дискретных преобразований. Такая же зависимость наблюдается при использовании выражения (5).

## ВЫВОДЫ

Описаны различные результаты при выполнении дискретных преобразований при различных выборках отсчетов входных данных и изменениях в матрицах преобразования. Деление сигнала на блоки приводит к значительным изменениям в получаемых результатах. Предложено использование ЦСМ при выполнении дискретных преобразований. Применение ЦСМ позволяет внести качественные изменения в получаемые результаты, связанные с получением высокого значения коэффициента взаимной корреляции (практически равного 1) для прямой и обратной обработки на всем интервале выполнения преобразования при динамическом появлении сигнала в интервале исследований и выходом из него. Вычислительная сложность при этом останется прежней.

Выборка данных из блоков со сменой направления эквивалентна использованию ЦВМ, что позволяет разрабатывать электронные устройства для аппаратного выполнения дискретных преобразований с различными структурами, основанными как на выражениях (1) — (5), так и их модификациях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2017 г. — 992 с.
2. Gnutti A., Guerrini F., Leonardi R. Representation of signals by local symmetry decomposition // Proceedings of Signal Processing Conference (EUSIPCO). — 2015. — P. 983–987.
3. Солонина А.И. Описание связей между последовательностями дельта-импульсов и числовыми последовательностями на основе симметричных рядов Фурье // Цифровая обработка сигналов. — 2010. — № 2. — С. 2–6.
4. Lao Y., Parh K.K. Canonic FFT flow graphs for real-valued even/odd symmetric inputs // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. — 2017. — No. 45. — P. 1–23.
5. Пономарева О.В. Неинвариантность скользящего энергетического параметрического Фурье-спектра действительных тональных сигналов // Цифровая обработка сигналов. — 2014. — № 2. — С. 7–14.
6. Derrode S., Ghorbel F. Robust and efficient Fourier-Mellin transform approximations for invariant grey-level image description and reconstruction // Computer Vision and Image Understanding. — 2001. — No. 83(1). — P. 57–78.



7. Ильин В.А., Поздняк Э.Г. Линейная алгебра. — М.: Физматлит, 2004. — 278 с.
8. Mukhopadhyay J. Image and video processing in the compressed domain. — New York: Taylor and Francis Group, 2011. — P. 263.
9. Shoberg A.G., Shoberg K.A. Influence of execution of orthogonal block transform types and results of comparison // Journal of Physics: Conference Series. — 2018. — Vol. 1015. — P. 1–5.
10. Bhatt V., Petwaland K.C., Kumar S. A note on factorization for centro-symmetrical matrices that preserves centro-symmetry // Electronic Journal of Mathematical Analysis and Applications. — 2020. — Vol. 8(2). — P. 272–290.
11. Weaver J.R. Centrosymmetric (cross-symmetric) matrices, their basic properties, eigen-values, and eigenvectors // The American Mathematical Monthly. — 1985. — Vol. 92. — No. 10. — P. 711–717.
12. Elumalai N., Arthi B. Properties of  $k$  — centrosymmetric and  $k$  — skew centrosymmetric matrices // International Journal of Pure and Applied Mathematical Sciences. — 2017. — Vol. 10. — No. 1. — P. 99–106.
13. Tao D., Yasuda M. A spectral characterization of generalized real symmetric centrosymmetric and generalized real symmetric skew-centrosymmetric matrices // Matrix Analysis and Applications. — 2002. Vol. 23. — No. 3. — P. 885–895.

© Шоберг Анатолий Германович (shoberg@rambler.ru), Чепурко Сергей Александрович (shepurkoj@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тихоокеанский государственный университет

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ

### MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF MINIMALLY INVASIVE SURGERY

**I. Abuladze  
A. Klimov**

*Summary.* Currently, minimally invasive procedures are considered as a promising direction in the development of surgery. The use of special equipment for minimally invasive procedures can reduce the trauma of surgical intervention, minimize its side effects and speed up postoperative recovery processes. At the same time, the high cost of organizing a minimally invasive intervention, the need for additional training for specialists and the lack of practical results in a number of areas limit the use of minimally invasive methods. However, with the development of technologies in minimally invasive surgery, a wider use of this area of surgery is predicted in the near future.

*Keywords:* minimally invasive surgery, modern technologies, surgical intervention, robotics.

**Абуладзе Иван Отариевич**

К.м.н., ГБУ «Городская поликлиника № 22»  
Департамента здравоохранения г. Москва  
ser.abuladze@yandex.ru

**Климов Алексей Евгеньевич**

Д.м.н., профессор, Российский университет дружбы  
народов

*Аннотация.* В настоящее время малоинвазивные процедуры рассматриваются как перспективное направление развития хирургии. Использование специального оборудования при малоинвазивных процедурах позволяет снизить травматичность операционного вмешательства, минимизировать его побочные эффекты и ускорить процессы послеоперационного восстановления. В то же время, высокая стоимость организации малоинвазивного вмешательства, необходимость дополнительного обучения специалистов и недостаточность практических результатов в ряде направлений ограничивают использование малоинвазивных методов. Тем не менее, с развитием технологий в малоинвазивной хирургии прогнозируется более широкое использование данного направления хирургии уже в ближайшем будущем.

*Ключевые слова:* малоинвазивная хирургия, современные технологии, операционное вмешательство, робототехника.

Одним из основных направлений развития в современной хирургии являются малоинвазивные технологии, позволяющие выполнять радикальные оперативные вмешательства с минимально возможным повреждением структуры здоровых тканей, в том числе в детской эндохирургии [4, 6]. В ряде направлений, таких как шунтирование желудка, перевязка маточных труб, аппендэктомия, миомэктомия и простатэктомия, применение малоинвазивных методов в настоящее время составляет до 90%, причем в ближайшие годы предполагается увеличение доли использования таких методов, что обусловлено следующими преимуществами малоинвазивной хирургии: возможность уменьшения травматизма тканей тела пациента вследствие минимизации или даже устранения хирургических разрезов, что, в свою очередь, способствует снижению частоты и тяжести послеоперационных осложнений, уменьшению болевых ощущений, а следовательно — снижению длительности пребывания в больнице и более коротким срокам восстановительного периода (в 2–5 раз по сравнению с традиционной хирургической операцией).

Операционное пространство гораздо реже подвергается инфицированию за счет уменьшения оперативного доступа, значительно реже возникают такие послеоперационные осложнения, как спаечная болезнь, послеоперационный парез кишечника, и др. Такие факторы, как минимизация косметических дефектов, снижение количества и дозы употребляемых лекарственных препаратов после операции приводят к общему улучшению самочувствия и качества жизни пациента [1, 10, 11].

В настоящее время основными проблемами, все еще ограничивающими широкое распространение малоинвазивных методов в хирургии, являются: ограниченность поля зрения, сниженная маневренность инструментов, отсутствие тактильной обратной связи, потеря восприятия глубины, необходимость дополнительного обучения хирургов, а также более длительное время вмешательства и более высокие финансовые затраты. Кроме того, требуются дальнейшие исследования возможностей и результатов малоинвазивных вмешательств в отдельных направлениях хирургии [1, 8, 9].

Развитие технологий в области малоинвазивной хирургии способствует минимизации существующих в настоящее время ограничений к ее использованию. Так, учитывая ограниченные размеры разреза при малоинвазивных вмешательствах по сравнению с разрезами в традиционной хирургии, актуальным является необходимость обеспечения оптимальной доступности и обзорности операционного пространства, а также его достаточной освещенности. Указанные требования могут осложняться анатомическими особенностями человеческого тела, когда для достижения цели оперативного вмешательства используются естественные физиологические отверстия. В данном случае актуальным является применение волоконной оптики с цифровыми камерами. Это позволяет передавать точное изображение операционного поля на экране монитора, что избавляет хирурга от необходимости контролировать течение операции через окуляр, способствуя оптимизации хирургического вмешательства. Таким образом, развитие технологий визуализации и методов обработки изображений способствует более точной навигации и управлению манипуляциями во время хирургического вмешательства, а следовательно — увеличению точности и безопасности выполнения процедуры для пациента.

Достижения в области фиксации, отображения и интеграции информации от нескольких каналов передачи изображения во время осуществления хирургического вмешательства за счет использования дополненной реальности и мультимодальной регистрации изображений способствуют минимизации такого недостатка, как потеря ощущения глубины и трехмерности операционного поля вследствие наблюдения последнего на экране монитора. В настоящее время разработаны трехмерные эндоскопы, позволяющие передавать объемное изображение с его обработкой в 3D-режиме [13].

Еще одно направление в развитии малоинвазивной хирургии касается разработки хирургического инструментария, который должен обладать компактными размерами и обеспечивать полноценное выполнение всех необходимых манипуляций. В малоинвазивных вмешательствах используют инструменты, позволяющие осуществить доступ к месту операционного вмешательства и непосредственно хирургические манипуляции, а также оборудование, дающее возможность хирургу непосредственно наблюдать за осуществляемыми им действиями. Кроме того, присутствуют также специфические инструменты, обеспечивающие процессы разрезания тканей, подачи электроэнергии, с одновременным обеспечением безопасности осуществляемых в ходе хирургического вмешательства манипуляций. Для безопасной коагуляции и резки тканей, помимо электроэнергии, используют лазеры, ультразвук и др. Для рассечения тканей и гемостаза в настоящее время

широко используется радиочастотная электрическая энергия, с помощью которой реализуется действие так называемого электроножа — прибора для получения высокочастотных импульсов. Кроме того, при малоинвазивных вмешательствах зачастую требуется наличие операционного стола, оснащенного электроприводом, позволяющего изменять положение тела пациента во время операции [5, 7].

Достижения в области робототехники позволяют обеспечить перемещение хирургических инструментов при малоинвазивном вмешательстве посредством программного обеспечения, устранение тремора, обеспечение имитации тактильных ощущений, что способствует оптимизации манипулирования инструментами в ограниченном операционном поле и улучшению зрительно-моторной координации хирурга при выполнении операции. Развитие хирургической роботизации связано с созданием роботизированного хирургического комплекса *da Vinci*<sup>®</sup> фирмы *Intuitive Surgical* (США). Данный комплекс снабжен инструментами с искусственными запястьями, имеющими семь степеней свободы, позволяет получать трехмерное увеличение изображения и оптимизирует ориентацию в пространстве, обладает тремор-фильтрацией, благодаря чему увеличивается скорость выполнения операции, упрощается техника ее выполнения, позволяет максимально возможно автоматизировать стандартные процедуры при осуществлении традиционных малоинвазивных процедур в кардиохирургии, колопроктологии, гинекологии и урологии, в эндокринной хирургии и при операциях общехирургического профиля [2, 3, 12].

Возможность обеспечения тактильной обратной связи — силы воздействия, текстуры тканей, давлению на них и т.п. — также способствует совершенствованию малоинвазивных методов, что обеспечивается посредством установки на инструменты и приборы датчиков усилия, использования приводов для обеспечения активного сопротивления через контроллеры и др. В настоящее время данное направление разработок находится на экспериментальной стадии исследования [1].

Таким образом, в настоящее время перспективы использования малоинвазивных методов в хирургии являются очевидными с точки зрения точности осуществления диагностики и выполнения оперативного вмешательства, снижения травматизации тканей и сокращения послеоперационного периода. Малоинвазивные технологии рассматриваются как будущее современной хирургии. Ограничениями к распространению методов малоинвазивной хирургии является высокая стоимость самой процедуры, а также сложность ее выполнения и высокие требования к профессионализму хирургов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tonutti M., Elson D.S., Yang G.-Z., Darzi A.W., Sodergen M.H. The role of technology in minimally invasive surgery: state of the art, recent developments and future directions // *Postgraduate Medical Journal*. — 2016. — Vol. 93 (1097). — P. 159–167. — URL: <https://pmj.bmj.com/content/93/1097/159>.
2. Шевченко Ю.Л., Карпов О.Э., Ветшев П.С., Степанюк И.В. Робототехника в хирургии — истоки, реалии, перспективы // *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. — 2008. — № 2. — С. 72–76.
3. Нестеров С.Н., Страт А.А., Рогачиков В.В., Тевлин К.П., Котенко Д.В. Хирургическое лечение локализованного и местно-распространенного неметастатического рака предстательной железы: сравнение открытой и робот-ассистированной методик // *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. — 2012. — № 1. — С. 21–26.
4. Фёдоров И.В. Эндохирургия: состояние и перспективы // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. — 2012. — № 1. — С. 9–13.
5. Евдокимова О.С. Диагностическая лапароскопия // *VetPharma*. — 2011. — № 3–4. — С. 77–82.
6. Алиев С.А., Алиев Э.С. Малоинвазивные технологии в хирургии инфицированного панкреонекроза: возможности и перспективы // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. — 2017. — № 6. — С. 106–110.
7. Разумовский А.Ю., Гераськин А.В., Дронов А.Ф. Эндоскопическая хирургия у детей: современное состояние и перспективы // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. — 2010. — № 1. — С. 29–40.
8. Чубовский А.И. Перспективы развития малоинвазивной хирургии // *Colloquium-journal*. — 2019. — № 1 (25). — С. 55–57.
9. Карачун А.М., Самсонов Д.В., Доманский А.А., Петрова Е.А., Пажитнов С.М. Малоинвазивная хирургия рака прямой кишки: проблемы и перспективы // *Поволжский онкологический вестник*. — 2016. — № 5 (27). — С. 76–82.
10. Jones D.B., Rege R.V. Minimally invasive surgery / *Pathology and Intervention in Musculoskeletal Rehabilitation (Second Edition)*, 2016. — URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/minimally-invasive-surgery>.
11. Shah A.A., Shah A. Minimally invasive surgery // *The Indian Journal of Pediatrics*. — 2008. — Vol. 75 (9). — P. 925–929. — DOI:10.1007/s12098-008-0194-3.
12. Wang G., Gao C. Robotic cardiac surgery: an anaesthetic challenge // *Postgraduate Medical Journal*. — 2013. — Vol. 90 (1066). — <http://group.bmj.com/group/rights-licensing/permissions>.
13. Шестова Н.Ф., Терентьева К.И. Миниинвазивные технологии как будущее современной хирургии // *Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области*. — 2018. — № 3 (22). — С. 91–93.

---

© Абуладзе Иван Отариевич ( [ser.abuladze@yandex.ru](mailto:ser.abuladze@yandex.ru) ), Климов Алексей Евгеньевич.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ КАЛИЦИВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ КОШЕК

## CLINICAL JUSTIFICATION OF THE THERAPEUTIC INTERVENTION IN CASE OF FELINE CALICIVIRUS

**O. Balabanova  
C. Sidorova  
O. Dragich  
N. Tatarnikova**

*Summary.* The article contains the data on the seasonal occurrence of feline calicivirus and provides justification for two therapeutic regimens used for this pathology. The feline calicivirus was diagnosed based on anamnesis; clinical manifestations; morphological parameters of blood; results of veterinary laboratory tests. Analysis of the positive results percentage in the tests for calicivirus established the minimum disease rate in the first quarter (18%) and the maximum — in the fourth quarter (34%), which confirms the seasonal occurrence of the disease. In analyzing two therapeutic regimens for the revealed pathology, the animals of the first group, which therapeutic regimen included intravenous infusion, demonstrated faster recovery.

*Keywords:* study, diseases, felines, clinical manifestations, diagnosis, analysis, treatment, regimen, recovery.

**Балабанова Ольга Анатольевна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Государственная Академия  
Управления Северного Зауралья»  
olka92@mail.ru

**Сидорова Клавдия Александровна**

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Государственная  
Академия Управления Северного Зауралья»  
sidorova@gausz.ru

**Драгич Ольга Александровна**

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Государственная  
Академия Управления Северного Зауралья»  
dragichoa@gausz.ru

**Татарникова Наталья Александровна**

Д.вет.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пермский  
Государственный аграрно-технологический  
университет»  
tatarnikova.n.a@yandex.ru

*Аннотация.* В статье приведены данные по сезонности заболевания калицивирусной инфекцией кошек и дано обоснование двух схем лечения, используемых при данной патологии. Диагноз на калицивироз кошек ставили на основании анамнеза; клинических признаков; морфологических показателей крови; результатов исследований ветеринарной лаборатории. Анализ процентного соотношения положительных результатов исследований на калицивироз выявил минимум заболеваемости в первом квартале (18%) и максимум в четвертом квартале (34%), что свидетельствует о сезонности заболевания. При анализе двух схем лечения по выявленной патологии отмечено более быстрое выздоровление животных первой группы, у которой в состав схемы лечения входила внутривенная инфузия.

*Ключевые слова:* изучение, болезни, кошки, клинические признаки, диагноз, анализ, лечение, схема, выздоровление.

## Введение

**Д**омашние животные контактируют с человеком, а значит, возбудители их болезней, особенно генетически вариабельные, могут потенциально обусловить их заболевания и бесспорно представляют проблему социального значения [1.— 140; 2.— 136]. Владельцы домашних питомцев, в большей степени, испытывают моральный ущерб нежели материальный, однако, зоопитомники, зоопарки, зверосовхозы, где обитают животные семейства Felidae несут значительные материальные убытки [3.— 65; 4.— 74].

Опыт работы практикующих ветеринарных специалистов свидетельствует о том, что у животных семейства Felidae распространены массовые респираторные заболевания с характерными для калицивирусной инфекции клиническими признаками [5.— 22; 6.— 40].

Калици- и герпесвирусы являются наиболее частой причиной инфекционных респираторных болезней животных семейства кошачьих, согласно статистических данных, не менее 50% случаев респираторных болезней в мире обусловлены данными этиологическими агентами [7.— 156; 8.— 237].

## Цель исследования

Изучить распространение и особенности клинического проявления калицивирусной инфекции и дать обоснование терапевтическим мероприятиям при данной патологии.

**Материал и методика исследования.** Научная работа проведена в 2020 году в условиях ветеринарных клиник города Тюмени и областной ветеринарной лаборатории.

Для изучения эпизоотологических данных использовались записи журналов годовой отчетности по инфекционным болезням животных.

Для исследования показателей крови, ее получали из латеральной вены передней конечности кошек в утренние часы.

Для подтверждения диагноза на калицивирусную инфекцию в областной ветеринарной лаборатории исследовались смывы из ротовой полости животных.

Клинические исследования проводились по общепринятым методикам (осмотр, пальпация, перкуссия, аускультация, ЧСС, ЧДД и температура). Диагноз на калицивироз кошек ставили на основании анамнеза; результатов клинических исследований и данных ветеринарной лаборатории; морфологических показателей крови.

## Результаты исследования

При расчете коэффициента заболеваемости кошек г. Тюмени по кварталам текущего года установлено его значение, которое равно отношению числа положительных реагирующих к числу исследованных животных [9.—114].

За первый квартал коэффициент заболеваемости составил 0,25, и он является наименьшим показателем, а наибольший коэффициент заболеваемости был зафиксирован в четвертом квартале, его значения равны 0,47. Исходя из этих данных, получен средний коэффициент заболеваемости за исследуемый год, который соответствовал 0,34.

Что касается эпизоотологической ситуации по калицивирусной инфекции в г. Тюмени, то выявлена сезонность заболевания, чаще всего данная патология регистрируется в осенний период. Именно этот период совпадает с частыми обращениями в ветеринарные клиники физических и юридических лиц для обследования и постановки диагноза, что свидетельствует о пренебре-

жительном отношении владельцев к плановым профилактическим вакцинациям домашних животных.

При анализе процентного соотношения положительных результатов исследований на калицивироз выявлено, что минимум заболеваемости приходится на первый квартал, что составляет 18%, а самый большой процент (34%), выявлен в четвертом квартале. Согласно этого, можно утверждать о сезонности заболевания, пик которого приходится на осенне-зимний период.

Для лечения кошек с подтвержденным диагнозом — калицивирусная инфекция, были использованы две схемы лечения, для чего были сформированы две группы животных (по 6 — в каждой). Для первой группы применялась схема лечения № 1, для второй — схема лечения № 2. На момент обращения в ветеринарную клинику клинические признаки и общее состояние животных были схожи. Термометрия проводилась ежедневно. У животных была взята кровь до начала лечения и по истечении 5 дней после прохождения курса терапии. У кошек регистрировали общую утомляемость, отказ от приема корма, истечения из глаз и носовых отверстий. При осмотре животных выявлены изъязвления на языке, анемичность десен. Температура тела при обращении в клинику варьировала от 39,2 °С до 39,8 °С. Лечение проводили ежедневно по ниже представленным схемам.

Схема лечения № 1 (1 опытная группа);

- ◆ цефтриаксон 200 мг. / 10 кг в/м в р-ре новокаина, через каждые 24 часа, 8 дней;
- ◆ дексаметазон 0,6 мл п/к, 1 раз в день в течение 2 дней;
- ◆ литическая смесь: но-шпа 0,1 мл, анальгин 0,2 мл, димедрол 0,2 мл на животное, в/м, вводили 2–3 дня, в зависимости от температуры тела животного;

-фоспренил 1,0 мл п/к, 1 раз в день, 10 дней;

- ◆ витафел С –1 доза п/к, через каждые 12 часов (3 дозы);
- ◆ р-р натрия хлорида 0,9% 100 мл в/в капельно, до 5 дней, в зависимости от состояния животного;
- ◆ р-р цианокобаламина 1,0 мл в/в капельно в физиологическом р-ре, 1 раз в день, в течение 3 дней;
- ◆ гамавит 1,0 мл в/в капельно в физиологическом р-ре, 1 раз в день, 5 дней;
- ◆ р-р глюкозы 5% 40 мл в/в капельно, 1 раз в день, 3 дня;
- ◆ обработка ротовой полости антисептическим р-ром мирамистина 3 раза в день после кормления, изъязвления обрабатывали гелем дентавегин.

Схема лечения № 2 (2 опытная группа):

- ◆ цефтриаксон 200 мг / 10 кг в/м в р-ре новокаина, через каждые 24 часа, 8 дней;
- ◆ дексаметазон 0,6 мл п/к, 1 раз в день, 2 дня;
- ◆ литическая смесь: но-шпа 0,1 мл, анальгин 0,2 мл, димедрол 0,2 мл в/м до 4 дней, в зависимости от температуры животного;
- ◆ фоспренил 1,0 мл п/к, 1 раз в день, 10 дней;
- ◆ витафел С 1 доза п/к, через каждые 12 часов (3 дозы);
- ◆ р-р цианокобаламина 1,0 мл в/м, 1 раз в день, 3 дня;
- ◆ гамавит 1,0 мл п/к, 1 раз в день, 10 дней;
- ◆ обработка ротовой полости антисептическим р-ром мирамистина 3 раза в день после кормления, изъязвления обрабатывали гелем дентавегин.

Анализ гематологических показателей до проведения терапевтических манипуляций выявил понижение количества лейкоцитов, увеличение лимфоцитов, повышение скорости оседания эритроцитов, что свидетельствует о воспалительных процессах, протекающих в организме.

После проведения лечебных мероприятий в результате обследования животных, получены следующие данные: в первой группе кошек, которым в течение 5 дней применялась схема лечения № 1 отмечалось довольно активное состояние животных, они с аппетитом принимали пищу и были довольно подвижны. При клиническом осмотре установлено удовлетворительное состояние кошек, отмечалось уменьшение изъязвлений на языке, глаза и носовые отверстия чистые, без выделений, температура от 38,4 °С до 38,8 °С.

У кошек второй группы, которой было проведено лечение по схеме № 2 по истечению 5 дней фиксировали улучшение состояния, однако активность проявля-

лась не у всех животных. Прием корма осуществлялся с меньшим аппетитом. При клиническом осмотре кошек отмечалось незначительное уменьшение изъязвлений на языке, глаза и носовые отверстия чистые, без выделений экссудата, температура от 38,2 °С до 38,9 °С.

Согласно анализа полученных результатов после применения двух схем лечения калицивирусной инфекции у кошек, было установлено, что облегчение состояния животного при применении схемы № 1 наступало быстрее, т.е. динамика выздоровления у кошек первой группы, которым проводились внутривенные инфузии, была выше, в сравнении с кошками второй группы, что, по всей вероятности, связано с высокой скоростью поступления лекарственных препаратов к очагам воспаления, улучшения питания тканей и нормализацией водного баланса клеток и тканевой жидкости.

## Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований и анализа полученных результатов можно утверждать о сезонности калицивирусной инфекции. Массовые заболевания кошек в осенний период связаны с их окомом в летние месяцы и по этой причине отсутствием вакцинации, что способствовало вспышке заболевания не привитых животных.

При анализе двух схем лечения установлено более быстрое выздоровление животных с применением внутривенных инфузий, которые использовались в схеме № 1. Несмотря на то, что болезни кошек различной этиологии не являются, в большинстве случаев, экономически значимыми, однако, косвенный ущерб, вытекающий из моральных потерь, которые испытывают владельцы этих животных в связи с длительным течением болезни и их гибелью, является не оценимым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веремеева С.А., Козлова С.В., Краснолобова Е.П., Сидорова К.А. К вопросу о терапии при мукоцеле у собак мелких пород // Вестник КрасГАУ. — 2021. — № 11 (176). — С. 138–143.
2. Сидорова К.А., Калмыков М.А., Ахшиятова Н.И., Драгич О.А., Татарникова Н.А. Диагностические и лечебные мероприятия при кардиопатологиях домашних животных // Естественные и технические науки. — 2021. — № 5 (156). — С. 135–139.
3. Горшенина Ю.С. Лечебно-профилактические мероприятия при калицивирусной инфекции кошек // Материалы IX студенческой научной конференции «Студент и аграрная наука». — 2015. — С. 64–65.
4. Шевченко А.А., Зеркалев Д.Ю., Шевченко Л.В., Черных О.Ю., Горпинченко Е.А. Инфекционные болезни мелких домашних животных: учебное пособие // Краснодар, 2018. — 108 с.
5. Балабанова О.А., Сидорова К.А. Некоторые вопросы этиологии, диагностики и терапии при отравлениях домашних животных // Сборник материалов национальной научно-практической конференции «Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК». — 2020. — С. 21–25.
6. Сидорова К.А., Татарникова Н.А., Кочетова О.В. Физиолого-биологические основы терапевтических мероприятий при уролитиазе кошек // АПК: инновационные технологии. — 2021. — № 2. — С. 36–42.
7. Краснолобова Е.П., Гончаренко О.Н., Сидорова К.А., Щипакин М.В. Состояние здоровья домашних животных в связи с пандемией коронавируса SARS-CoV-19 // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 4. — С. 154–159.

8. Сидорова К.А., Татарникова Н.А., Ларионова М.И. Морфологические изменения репродуктивной системы у кошек в гериатрический период // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 15-летию со дня образования Института биотехнологии и ветеринарной медицины «Актуальные вопросы развития аграрной науки». — 2021. — С. 235–240.
9. Балабанова О.А., Сидорова К.А., Татарникова Н.А. Использование рентгеноконтрастной капсулы для диагностики проходимости желудочно-кишечного тракта домашних животных // Пермский аграрный вестник. — 2018. — № 4 (24). — С. 110–115.

---

© Балабанова Ольга Анатольевна (qlka92@mail.ru), Сидорова Клавдия Александровна (sidorova@gausz.ru),  
Драгич Ольга Александровна (dragichoa@gausz.ru), Татарникова Наталья Александровна (tatarnikova.n.a@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ГАУ Северного Зауралья



## ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ГУБ

### THE EFFECT OF USING A PROTECTIVE AGENT FOR THE TREATMENT OF THE LIPS MUCOSA

**O. Belozertseva  
I. Shurygina**

**Summary.** At the moment, the issue of improving the methods of local treatment of inflammatory processes on the lips is relevant, since they are characterized by a long course of the disease, aphthae, blisters, cracks often form on the mucosa, which, if not properly treated, can become secondarily infected. This determines the relevance of this study. The purpose of the study is to develop a protective agent — a film for the treatment of the mucous membrane of the lips. It was found that in case of damage to the lip mucosa, local conservative treatment is carried out, with a long course of a cracked lip, methods of surgical treatment are used. In conservative treatment, the drugs are applied to the mucous membrane of the red border of the lips, lubricating, leaving on cotton wool, gauze napkins, which is not always convenient for the patient. During the study, a protective agent was developed for the treatment of the mucous membrane of the lips, registration No. 2021112397 of the application dated 04/28/2021. The invented protective agent differs in that it uses Companaud PentElast-750 silicone, which can be recommended for the treatment of cheilitis. The easy-to-use technique made it possible, using our invention, to patients painlessly and in the shortest possible time to achieve rapid epithelialization of the mucous membrane and red border of the lips.

**Keywords:** lip mucosa, lip cracks, seizures, exfoliative cheilitis, Diplen-Dent films, Methyluracil ointment, protective agent in the form of a film.

**Белозерцева Ольга Петровна**

К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Иркутский  
государственный медицинский университет»  
stom.ocean@mail.ru

**Шурыгина Ирина Александровна**

Д.м.н., профессор РАН, ФГБНУ «Иркутский научный  
центр хирургии и травматологии»  
irinashurygina@gmail.com

**Аннотация.** На данный момент актуален вопрос усовершенствования методов местного лечения воспалительных процессов на губах, так как они характеризуются длительным течением заболевания, на слизистой зачастую образуются афты, пузыри, трещины, которые при неправильном лечении могут вторично инфицироваться. Это обуславливает актуальность данного исследования. Цель исследования — разработать защитное средство — пленку для лечения слизистой губ. Было выявлено, что при поражении слизистой губы проводят местное консервативное лечение, при длительном течении трещины губы применяют методики хирургического лечения. При консервативном лечении препараты наносят аппликационно на слизистую красной каймы губ смазывая, оставляя на вате, марлевых салфетках, что не всегда удобно для пациента. В ходе исследования было разработано защитное средство для лечения слизистой оболочки губ, регистрационный № 2021112397 заявки на патент РФ от 28.04.2021. Разработанное защитное средство отличается тем, что используется силикон Компананд «Пент-Эласт-750», может быть рекомендовано для лечения хейлитов. Удобная в применении методика позволила, используя наше изобретение, пациентам безболезненно и в кратчайшие сроки добиться эпителизации слизистой и красной каймы губ.

**Ключевые слова:** слизистая оболочка губ, трещины губ, заеды, эксфолиативный хейлит, пленки «Диплен-Дента», «Метилурациловая» мазь, защитное средство в виде пленки.

### Введение

**Н**а сегодняшний день известны различные пленки и пластины, содержащие экстракты лекарственных растений, например «Стоматологические фотопленки для лечения воспалительных заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта» (см. Патент РФ 2618392 от 03.05.2017, Бюл. № 13.). Соотношение компонентов в ней следующее: сангвиритрин — 0.005, гидроксиэтилцеллюлоза — 2.0, глицерин — 3.0, масля-

ный экстракт календулы и тысячелистника — 1.0, сухой экстракт эхинацеи — 1.0, кремофор RH-40—1.0, натрия сахаринат — 0.1, масло мятное — 0.1, вода очищенная — до 100.0.

Также сегодня на рынке представлены различные виды пленок «Диплен-Дента» (производитель — компания «НОРД-ОСТ» (г. Москва), которые в зависимости от содержания фармакологических препаратов можно разделить на антибактериальные, антисептические, ке-

рато-пластические, противопротозойные и с комбинированным действием [1, 2].

Проведенный систематизированный литературный обзор показал, что известные на сегодняшний день пленки в преимущественном числе случаев содержат экстракты лекарственных растений в качестве действующих веществ, а в качестве вспомогательных веществ используются пленкообразователь, пластификатор, масло эфирное и вода очищенная [3, 4, 5, 6].

Недостатками известных на сегодняшний день пленок является то, что они:

- ◆ достаточно жесткие, при их удалении образуется кровотокающая поверхность;
- ◆ набухают и инфицируются;
- ◆ не пропускают воздух и способствуют скоплению экссудата в месте нанесения;
- ◆ способствуют образованию мокнущей, кровотокающей поверхности слизистой под пленкой [7, 8].

Также известно, что длительность лечения заболеваний слизистой оболочки губ обусловлена многими факторами: общим состоянием организма, состоянием иммунитета, течением сложных и длительных процессов эпителизации. Данные факторы усугубляются воздействием слюны и внешними раздражителями. Открытые ранки постоянно инфицируются и их нужно закрывать — создавать стерильные условия [9]. При использовании средств, доступных сегодня, длительность лечения заболеваний слизистой оболочки губ варьирует от 3–4 недель и более [10]. Иногда пациенты могут месяцами, не обращаясь к врачу, лечиться, а эпителизация не наступает [11]. Это обуславливает необходимость и актуальность разработки защитных средств, которые обеспечивали бы защиту от инфицирования и закрывали бы ранку, создавая стерильные условия.

Целью исследования является разработка защитного средства -пленки для лечения слизистой оболочки губ.

## Материалы и методы

Для достижения поставленной цели использовались такие методы как лабораторная диагностика, эксперимент, систематизированный литературный обзор, контент-анализ, формализация, сравнительный анализ (разработанное средство сравнивалось с прототипами — существующими известными средствами). В качестве основного материала исследования выступило разработанное защитное средство — пленка для лечения слизистой оболочки губ. Для оценки эффективности разработанного средства выполнялся цитологический индекс, оценивались базальные, парабазальные, поверхностные, промежуточные клетки и роговые чешуйки

## Результаты и обсуждение

Было разработано защитное средство для губ в виде пленки. Методика изготовления разработанного средства состоит из следующих этапов:

- ◆ Используется медицинский силикон Компаунд «ПентЭласт-750» (ООО «Пента-91») марка А, который состоит из пасты (однородная вязко-текучая прозрачно-матовая масса) и катализатора (бесцветная жидкость). Отвешивают 1 массовую часть пасты и 1 массовую часть катализатора в соотношении 1:1.
- ◆ Пасту и катализатор выливают в чистую, сухую емкость и равномерно интенсивно перемешивают до образования пузырей при температуре 20–22°.
- ◆ Полученную массу наносят в форму с углублениями с гладкой поверхностью тонким слоем толщиной 0,3 мм и оставляют до окончательного затвердения — на 5–6 часов.
- ◆ После затвердевания пленку извлекают и перфорируют тонкой иглой пузыри внутри пленки — получают резервуары (полости) для оттока жидкости при лечении заболевания.
- ◆ Защитное средство хранят упакованным при комнатной температуре в течение 3 лет, при этом свойства пленки не изменяются.

Способ применения разработанного средства, следующий:

- ◆ Готовую пленку легко моделировать по форме и размеру согласно очагу воспалительного процесса.
- ◆ Под пленку можно наносить лекарственные средства в виде мазей и гелей.
- ◆ Пленку можно использовать без лекарств как изолирующую повязку.
- ◆ Пленку наносят на слизистую и красную кайму губ нужного размера.
- ◆ Внутри пленки остаются пузырьки, они заполняются жидкостью, которая зачастую создает мокнущая поверхность воспалительного процесса (экссудат).
- ◆ Пленка обеспечивает защиту слизистой губы от воздействия слюны и агрессивных факторов внешней среды. При этом под пленкой ткани дышат и не пересыхают.
- ◆ Защитное средство в качестве изолирующей повязки рекомендовано менять в течение 6 часов один раз, а с лекарством — через 30–40 мин.
- ◆ Может использоваться как при амбулаторном, так и стационарном лечении, а также и в домашних условиях при заболеваниях слизистой губ.

Новизна и преимущество разработанного средства заключается в том, что для его изготовления использу-



Рис. 1. До лечения поверхность красной каймы нижней губы



Рис. 2. Защитная пленка из силикона



Рис. 3. Полная эпителизация

ют силикон Компаунд «ПентЭласт-750», при этом пасту и катализатор силикона смешивают в соотношении 1:1 до образования пузырьков при температуре 20–22 градуса. Необходимо отметить, что силикон выливают в форму слоем толщиной 0.3 мм, а после затвердевания пленку вынимают из формы, перфорируют и моделируют по форме и размеру очага воспаления на губах. Опытным путем было доказано, что толщина 0.3 является оптимальной: если пленка будет тоньше — она не будет держаться, будет собираться, адгезия снизится. В этом случае отсутствие изоляции слизистой губ от внешних воздействий среды не способствует заживлению. Если наносить в форму более тонкий слой силикона, то при застывании пленки пузыри вскрываются. При перфорации пузырей пленки получается застывший резервуар для оттока жидкости.

В результате сопоставительного анализа с прототипами было выявлено, что разработанное средство соответствует критерию «новизна», так как отличается от известных вышеперечисленных средств конструктивными

элементами. Также средство соответствует критерию «промышленная применимость», так как оно предназначено для использования в медицине и может быть применено в стоматологии при лечении различных воспалительных процессов слизистой оболочки губ.

Средство было апробировано при наличии информационного согласия пациента. В рамках данной статьи представим один клинический случай.

Пациентка К, обратилась в клинику с жалобами: самопроизвольные боли на нижней губе красной каймы, с выраженной болью при разговоре, приеме пищи. В анамнезе стресс, тревожность, лечилась самостоятельно: накладывала аппликации маслом эвкалипта. Ранка не заживает в течение 3 недель, поверхность нижней губы мокнет и образуются корочки.

*Объективно:* Поражена красная кайма нижней губы. Углы рта остаются непораженными. Выраженный

отек нижней губы, гиперемия, чешуйки и корки желтого цвета. При разговоре губы слипаются. Слюна вязкая. При снятии корок — яркая поверхность слизистой, без эрозий. Подчелюстные и подбородочные лимфоузлы не увеличены (рис. 1). Цитологический индекс до лечения: 9/26/35/26/4.

Было проведено обследование: консультация психотерапевта, общий анализ крови, цитологические исследования слизистой оболочки полости рта, мазок на *Candida albicans* со слизистой губ, щек, языка.

**Диагноз:** Эксфолиативный хейлит. Экссудативная форма. К13.0. *Candida albicans* не обнаружена.

**Назначенное лечение:** антисептическая обработка 1% раствором перекиси водорода, аппликации метилурациловой мазью 2 раза в день по 30 мин. под пленку, которая за счет полых перфорированных полостей впитывает излишки жидкости при фазе экссудации (рис. 2).

**Результат:** полная эпителизация поверхности нижней губы через 10 дней (рис. 3). В процессе лечения пациентка отметила отсутствие боли, чистую поверхность без мокнущих корочек, без кровоточивости слизистой и красной каймы губ, отсутствие боли и чувства стянутости при разговоре, возможность спать с защитной пленкой. Таким образом, применение пленки привело к полной эпителизации слизистой губы.

Основным выявленным преимуществом разработанного средства является повышение эффективности и сокращение сроков лечения за счет изоляции поврежденного участка слизистой губы от слюны, травмирующего воздействия факторов внешней среды, обеспечения доступа воздуха к зоне повреждения и оттока экссудата, снижения боли и достижения стойкой ремиссии заболеваний слизистой оболочки губ.

Благодаря использованию предлагаемой защитной пленки сроки лечения сокращаются с 3–4 недель до 5–10 дней. Если до лечения цитологический индекс составлял 9/26/35/26/4 (базальные, парабазальные, промежуточные, поверхностные и роговые чешуйки), наблюдалось нарушение процесса созревания и эпителизации эпителия, то после лечения цитологический индекс составил: базальные — 0; парабазальные — 0; поверхностные — 16; промежуточные — 83; роговые чешуйки — 1; на цитограмме были обнаружены фибробласты с длинными отростками и вогнутым крупным ядром. Цитологический индекс в совокупности с цитограммой после лечения указывали на усиленную регенерацию, отсутствие базальных и парабазальных клеток говорило о полной эпителизации красной каймы губ, восстановлении дифференцировки и эпителизации эпителия [3].

В результате выполненного исследования выявлено, что предлагаемое защитное средство способно закрыть ткани губ от внешнего воздействия, обеспечить условия заживления тканей под пленкой и не травмировать подлежащие ткани; расширить арсенал средств для лечения воспалительных заболеваний слизистой оболочки губ.

**Выводы.** Разработанное защитное средство для лечения слизистой оболочки губ, регистрационный № 2021112397 заявки от 28.04.2021 на изобретение, выполненное в виде пленки, отличающееся тем, что для его изготовления используют силикон Компанауд «ПентЭласт-750», при этом пасту и катализатор силикона смешивают в соотношении 1:1 до образования пузырьков при температуре 20–22 градуса, затем выливают в форму слоем толщиной 0.3 мм, а после затвердевания пленку вынимают из формы, перфорируют и моделируют по форме и размеру очага воспаления на губах. Разработанное защитное средство может быть рекомендовано для лечения хейлитов. Удобное в применении средство позволило безболезненно и в кратчайшие сроки обеспечить эпителизацию слизистой оболочки и красной каймы губ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бароева В.В., Битарова М.В., Дагуева М.В., Лолаева А.В., Мамсурова Т.С. Применение пленок «Диплен-Дента» и «КП-Пласт» при лечении пародонтита легкой степени // Образовательный вестник «Сознание». 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-plenok-diplen-denta-i-kp-plast-pri-lechenii-parodontita-legkoy-stepeni> (дата обращения: 04.05.2022).
2. Ермуханова Г.Т., Сереев А.Г. Клиническое обоснование применения пленок «Диплен-Дента м» в лечении быстропрогрессирующего агрессивного пародонтита у подростков // Вестник КазНМУ. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskoe-obosnovanie-primeneniya-plenok-diplen-denta-m-v-lechenii-bystroprogressiruyuschego-agressivnogo-parodontita-u-podrostkov> (дата обращения: 03.05.2022).
3. Крихели Н.И., Брусенина Н.Д., Рыбалкина Е.А., Бычкова М.Н. Системная коррекция психоэмоциональных расстройств при лечении сухой формы эксфолиативного хейлита. Российская стоматология. 2019;12(2):3–6.
4. Лангле Р.П., Миллер К.С. Атлас заболеваний полости рта: Атлас / Перевод с английского под ред. Л.А. Дмитриевой. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 224с.
5. Самойлова О.П. Оценка эффективности местной терапии в комплексном лечении больных красным плоским лишаем слизистой оболочки полости рта на фоне первичного гипотериоза. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук ГОУВПО «Иркутский государственный медицинский университет». Иркутск, 2008;58.

6. Мандра Ю.В., Абдулкеримов Х.Т., Светлакова Е.Н. Лазерные технологии в стоматологии. — Екатеринбург, 2019. — С. 108–111.
7. Жильцова Е.Е., Филимонова Л.Б., Савельева Н.А. Основные заболевания слизистой оболочки полости рта. — Рязань, 2019. — С. 273–286.
8. Samimi M. Cheilitis: diagnosis and treatment // Presse Med. — 2016. — № 2. — P. 240–250.
9. Mowad C. Cheilitis // UpToDate, 2019.
10. Muthukrishnan A., Kumar L.B. Actinic cheilosis: early intervention prevents malignant transformation // BMJ Case Rep. — 2017.
11. Magister M.J., Ghaffari G. Granulomatous cheilitis mimicking angioedema // Cutis. — 2017. — № 5. — E16–E18.

© Белозерцева Ольга Петровна ( stom.ocean@mail.ru ), Шурыгина Ирина Александровна ( irinashurygina@gmail.com ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Иркутск

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ БЕССИМПТОМНОГО СТЕНОЗА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

### A CLINICAL CASE OF ASYMPTOMATIC STENOSIS OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY

**A. Gurdzibeev  
V. Arakelyan  
V. Papitashvili**

*Summary.* Carotid artery stenosis is one of the frequent manifestations of atherosclerosis and other occlusive vascular pathologies. It belongs to the class of cerebrovascular diseases. It is characterized by severe complications, such as encephalopathy or stroke. This article presents a clinical case of asymptomatic stenosis of the internal carotid artery. This group of patients is characterized by the fact that their stenosis is detected accidentally, the patient does not make any complaints. In most cases, patients with this pathology have critical stenosis of the carotid arteries, which require surgical intervention. The screening method of investigation for all patients with this pathology is duplex scanning of the carotid arteries, but it also has its limitations.

*Keywords:* asymptomatic stenosis, carotid endarterectomy, carotid artery, atherosclerosis.

**Гурдзибеев Ацамаз Борисович**

Аспирант, НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева  
atsamaz.gurdzibeev@mail.ru

**Аракелян Валерий Сергеевич**

Д.м.н., профессор, заведующий отделением НМИЦ  
ССХ им. А.Н. Бакулева

**Папиташвили Василий Георгиевич**

К.м.н., доцент, в.н.с. НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева

*Аннотация.* Стеноз сонных артерий — одно из частых проявлений атеросклероза и других окклюзирующих сосудистых патологий. Относится к классу цереброваскулярных заболеваний. Характеризуется тяжелыми осложнениями, такими как энцефалопатия или инсульт. В данной статье представлен клинический случай бессимптомного стеноза внутренней сонной артерии. Данная группа пациентов характеризуется тем, что стеноз у них обнаруживается случайно, пациент не предъявляет никаких жалоб. В большинстве случаев у пациентов с данной патологией обнаруживаются критические стенозы сонных артерий, которые требуют оперативного вмешательства. Скрининговым методом исследования для всех пациентов с данной патологией является дуплексное сканирование сонных артерий, но и оно тоже имеет свои ограничения.

*Ключевые слова:* бессимптомный стеноз, каротидная эндартерэктомия, сонная артерия, атеросклероз.

**К**аротидная эндартерэктомия (КЭА) снижает долгосрочный риск инсульта у бессимптомных пациентов [1]. На основании нескольких рандомизированных клинических исследований было показано, что реваскуляризация сонной артерии снижает риск инсульта в будущем у лиц с тяжелым бессимптомным стенозом сонной артерии. Однако хорошо известной проблемой такого профилактического вмешательства является риск перипроцедурного инсульта, смерти или инфаркта миокарда. Если фактический риск инсульта при бессимптомном стенозе сонной артерии может быть значительно снижен с помощью агрессивного медицинского лечения, реваскуляризация сонной артерии может принести незначительную пользу или даже нанести вред, особенно у пациентов с ограниченной продолжительностью жизни. Основываясь на последних данных наблюдений, становится очевидным, что риск инсульта в этой популяции снижается только благодаря улучшению медицинского обслуживания. Это побудило некоторых из них вообще избегать реваскуляризации сонной артерии при бессимптомном стенозе сонной артерии. Другие считают, что такие выводы нельзя сделать только на основе данных наблюдений. В разгар этого противоречия важно, чтобы

клиницисты проводили реваскуляризацию сонных артерий в каждом конкретном случае, обеспечивая при этом оптимальное медицинское обслуживание всех пациентов. Алгоритмический подход к принятию решений, основанный на имеющихся фактических данных, позволит клиницистам эффективно персонализировать ведение пациентов [2].

Пациент О., 70 лет (рост 164см., вес 92кг) поступила с жалобами на повышение АД. В анамнезе ОИМ, ОНМК отрицает. При плановом осмотре по месту жительства, по данным УЗДС БЦА выявили стенозирующее поражение. Стеноз ВСА справа 65%, ВСА слева 50%. Обратилась в НМИЦ ССХ им. Бакулева для дообследования и определения тактики лечения.

При поступлении всем пациентам проводится диагностическая коронарография, для исключения серьезных поражений коронарного русла, а т.к. у данной пациентки были пограничные стенозы сонных артерий, также ей было назначено проведение рентгенконтрастной ангиографии. По данным коронарографии у пациентки было выявлено поражение коронарных артерий,



Рис. 1. (Селективная коронарография ЛКА)

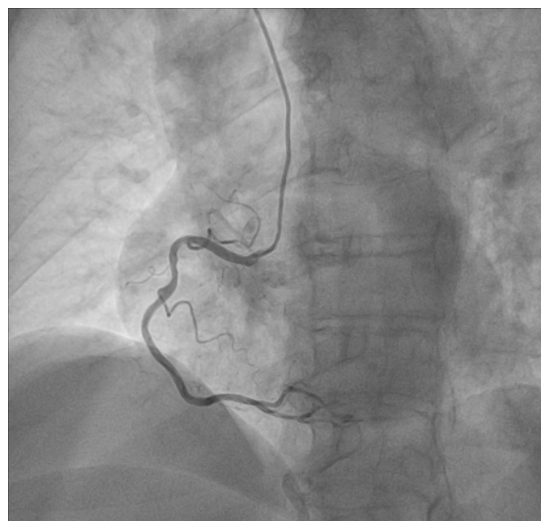


Рис. 2. (Селективная коронарография ПКА)

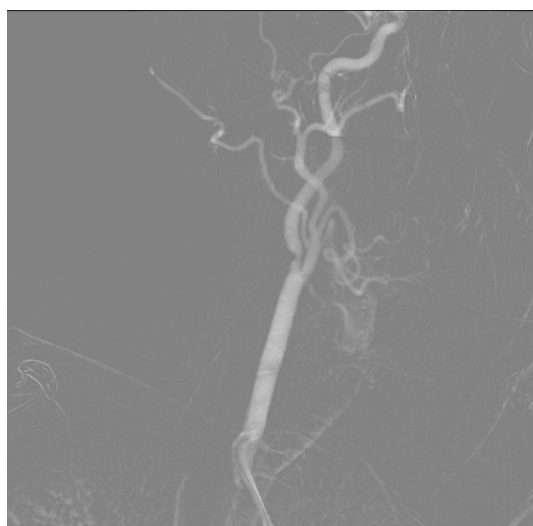


Рис. 3. (Ангиография сонной артерии справа.)

а именно ПМЖВ стеноз 50% (рис. 1), стеноз ПКА 40% (рис. 2), и стеноз ВСА справа (рис. 3).

Исходя из данных рентгенконтрастной ангиографии у пациентки выявлен стеноз ВСА справа 75–80%. Рекомендовано проведение КЭА справа.

#### Техника операции

После троекратной антисептической обработки кожи операционного поля доступом по переднему краю правой кивательной мышцы послойным рассечением кожи и подкожной жировой клетчатки и мышцы выделена бифуркация правой общей сонной артерии, наружная сонная артерия и внутренняя сонная артерия в началь-

ном отделе. Пальпаторно мощная атеросклеротическая бляшка в просвете начального отдела внутренней сонной артерии. После введения 5 000 Ед., нефракционированного гепарина отдельно пережаты сонные артерии. Незначительное падение церебральной оксиметрии с 66 до 58%. Правая ВСА отсечена в устье. Выполнена ЭАЭ методом выворачивания из бифуркации начального отдела ВСА. АСБ, критически стенозирующая просвет ВСА 2 см от устья сошла удовлетворительно на нет. ВСА реимплантирована в старое устье к-в-к обвивным швом. После профилактики воздушной эмболии пущен кровоток. Пульсация отчетливая. Церебральная оксиметрия 65–66%. Линия шва герметична. Гемостаз. Рана ушита послойно наглухо с оставлением активного дренажа. Асептическая наклейка.



Рис. 4. (АСБ удаленная из правой ВСА)

На рисунке 4 представлена АСБ, которую мы благополучно удалили из просвета правой ВСА.

Послеоперационный период проходил без осложнений, и пациент благополучно был выписан.

### Обсуждение

Ведущее значение при обследовании пациентов с бессимптомными стенозами артерий каротидного бассейна имеют ультразвуковые методы обследования, в первую очередь — ультразвуковая доплерография и дуплексное сканирование [3]. При дуплексном сканировании можно получить реальное изображение сосудистого русла в режиме цветового картирования, что позволяет весьма точно определить степень, структуру и локализацию атеросклеротической бляшки в сонной артерии; также при использовании дуплексного сканирования возможно проведение спектрального анализа линейной скорости кровотока. Данный метод дуплексного сканирования является базисным при определении дальнейшей тактики ведения пациентов с бессимптомным стенозом сонной артерии, так как он является неинвазивным и в то же время достаточно информативным в плане визуализации атеросклеротической бляшки [3].

До настоящего времени “золотым стандартом” при комплексном обследовании пациентов с каротидными стенозирующими процессами, позволяющим максимально объективизировать состояние просвета артерии, остается контрастная каротидная ангиография. Однако с помощью этого метода можно лишь косвенно судить о состоянии сосудистой стенки и степени стеноза, а также о функциональном состоянии мозговой гемодинамики. Контрастная ангиография достаточно информативна для определения состояния коллатерального кровоснабжения головного мозга при субтотальном стенозе или закупорке сонной артерии, а также для выявления интракраниальной патологии магистральных

артерий головного мозга, что не всегда можно определить при ультразвуковых методах обследования. Так как традиционное ангиографическое исследование сопряжено с определенным риском развития ишемического инсульта (например, в исследовании ASAT развитие осложнений после ангиографии составило 1,2%) [4, 5], его использование в качестве рутинного метода при бессимптомных стенозах ВСА не является оправданным — кроме предоперационного обследования пациентов, у которых уже имеются показания к оперативному лечению.

Для выработки научно обоснованной стратегии и тактики ведения больных с бессимптомным стенозом сонной артерии были проведены проспективные мультицентровые исследования, в которых изучалась эффективность каротидной эндартерэктомии с целью профилактики инсульта в сравнении с консервативным лечением, а также оценивался риск развития инсульта в “хирургической” и “консервативной” группах. Ключевой вопрос здесь — определение показаний к оперативному лечению при бессимптомном поражении сонной артерии. Достоверно известно, что риск развития пери- и послеоперационных осложнений при проведении каротидной эндартерэктомии (КЭА) значительно ниже при операциях по поводу бессимптомного стеноза, чем при сравнимом симптомном стенозе ВСА. Однако оценивая результаты проведенных исследований, можно отметить, что до сих пор нет полной ясности в тактике ведения пациентов с бессимптомными стенозами ВСА. Так, в исследовании CASANOVA было показано, что КЭА не является более эффективной в плане профилактики инсульта по сравнению с группой бессимптомных больных с каротидным стенозом, получавших лишь аспирин [7]. При этом стоит оговориться, что в этом исследовании имело место несоблюдение критериев рандомизации. Исследование MACE, несмотря на соблюдение критериев рандомизации, включало в себя слишком малочисленную группу наблюдений, чтобы позволить авторам сделать выводы



о сравнении оперативного и медикаментозного методов лечения при бессимптомных стенозах сонных артерий. Данное исследование было прекращено ввиду частого наступления инфаркта миокарда и транзиторных ишемических атак в группе “хирургических” больных, которое было значительно выше, чем в группе пациентов, подвергшихся консервативному лечению [6]. При выявлении пациентов с бессимптомными стенозами ВСА необходимо проведение максимально

полного, комплексного и информативного обследования. Все пациенты, которым продолжено консервативное лечение, должны находиться под динамическим наблюдением невролога, кардиолога, ангиохирурга с регулярным проведением контрольного дуплексного сканирования не реже 2 раз в год. В группе больных, подвергшихся оперативному лечению, также необходимо динамическое наблюдение в связи с опасностью развития рестенозов, о чем не следует забывать.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kamran Gaba, Peter A Ringleb, Alison Halliday Curr Neurol Neurosci Rep. 2018; 18(11): 80. doi: 10.1007/s11910-018-0888-5
2. Sridhar Venkatachalam Curr Cardiol Rep (2014) 16:440 DOI:10.1007/s11886-013-0440-9
3. Патология сонных артерий и проблема ишемического инсульта (клинические, ультразвуковые и гемодинамические аспекты) / Под ред. Джибладзе Д.Н. М., 2002.
4. Executive committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study // JAMA. 1995. V. 273. P. 1421.
5. Young B. et al. // Stroke. 1996. V. 27. P. 2216.
6. Mayo Asymptomatic Carotid Endarterectomy Study Group // Mayo Clin. Proc. 1992. V. 67. P. 513.
7. Dainer H. et al. CASANOVA Study Group // Neurology. 1990. V. 40. Suppl. 1. P. 415.

© Гурдзибеев Ацамаз Борисович ( atsamaz.gurdzibeev@mail.ru ),  
Аракелян Валерий Сергеевич, Папиташвили Василий Георгиевич .  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева Минздрава России

## АНАЛИЗ ФЕНОТИПА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЖЕНЩИН, НАХОДЯЩИХСЯ НА ЛЕЧЕНИИ В ОНКОЛОГИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ ХАБАРОВСКА

### THE ANALYSIS OF BREAST CANCER PHENOTYPES IN WOMEN TREATED IN THE CANCER CENTRE OF Khabarovsk

**V. Dubinina  
A. Volkov  
A. Balysheva  
D. Tsekaturonov  
A. Dzyuba**

**Summary.** The huge growth of oncological diseases is observed around the world, especially of hormone-dependent cancers. Despite of the new diagnostic methods appearance and specific target treatment the situation is being became actually the worst. In 2018, 71312 new cases of breast cancer were identified in Russia, which is 89.9 per 100000 female population. The increase in incidence over 10 years is 32.2%. The Mortality was 22295 (31.2%) in Russia in 2018 The depressing situation is the diagnosis of tumors in the late stages. We have analyzed the data of tumors investigations by immunohistochemistry methods all women, who had been getting the treatment as surgery as specific therapy in oncology center of Khabarovsk city. The different morphology types and correlation with proliferating index and receptors status were investigated. The database were being gathered during whole calendar year. The big amount of tissue investigations allow to do certain conclusions now and plan predicting goals in the future. Certain patterns have been identified in the hormonal status of the tumor, which can be useful precisely when prescribing therapy, as well as conclusions about the role of Her/neu receptors and the possibility of prescribing a targeted drug trastuzumab.

**Keywords:** estrogen and progesterone receptors, epidermal growth factor receptor, triple negative tumors, positive and negative responses. prognosis and analysis.

**Дубинина Виктория Васильевна**

К.м.н., доцент, Дальневосточный государственный  
медицинский университет  
vickdoctor@yandex.ru

**Волков Алексей Викторович**

К.м.н., Краевой Онкологический центр  
volkov\_av@kkco.khv.ru

**Балышева Анна Константиновна**

Ординатор, Дальневосточный государственный  
медицинский университет  
anbalysheva@mail.ru

**Цекатунов Дмитрий Анатольевич**

Краевой Онкологический центр  
volkov\_av@kkco.khv.ru

**Дзюба Анна Сергеевна**

Врач-ординатор, ГАОУ ВО Первый МГМУ им.  
И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский  
Университет)  
dzyuba\_anya@list.ru

**Аннотация.** Во всем мире наблюдается рост гормональнозависимых опухолей. Несмотря на появление новых методов диагностики и таргетного лечения ситуация с каждым годом, в том числе, и в нашей стране ухудшается. В 2018 г. в России выявлено 71312 новых случаев РМЖ, что составляет 89,9 на 100000 женского населения. Прирост заболеваемости за 10 лет составляет 32,2%.

Смертность по раку молочной железы в России в 2018 составила 22295 (31,2%). Самая печальная ситуация состоит в диагностировании опухолей на поздних стадиях. В работе проведен анализ иммуногистохимического исследования фенотипа разных морфологических форм опухолей в различных возрастных группах, особенно интересен анализ корреляционных взаимосвязей между индексом пролиферации и задействованным в патогенезе гормональным рецептором, а также изучение трижды негативных опухолей. Исследования проведены в течение календарного года у всех женщин, находящихся на лечении в онкологическом центре города Хабаровска. Выявлены определенные закономерности в гормональном статусе опухоли, которые могут быть полезными именно при назначении терапии, а также сделаны выводы о роли рецепторов Her/neu и возможности назначения таргетного препарата трастузумаба.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, рецепторы эстрогена и прогестерона, тройной негативный рак, прогноз и анализ.

## Введение

**Р**ак молочной железы занимает лидирующую позицию среди онкологических заболеваний, к тому же проблема выявления его на ранней стадии до сих пор остается значимой. По данным разных авторов, частота выявления рака молочной железы на ранних стадиях чрезвычайно низкая [1]. Согласно другим работам в сравнении частоты выявления с интервалом в 5 лет ситуация остается прежней [2]. Заболеваемость и смертность по причине рмж растет при наличии современных методов обследования и таргетных схем терапии. Особо актуальным вопросом становится заболеваемость РМЖ молодых женщин [3]. Протоколы лечения включают препараты, ориентированные на задействованные в патологическом процессе рецепторы к эстрогену, прогестерону и к рецептору эпидермального фактора роста, или HER2. Поэтому иммуногистохимическое исследование на данные рецепторы является обоснованным для назначения таргетной терапии [4]. При этом, если антиэстрогеновые препараты используются в онкологии давно, химерные пришли сравнительно недавно, отличаются высокой стоимостью и необходимы лишь для женщин с позитивным анализом на HER/neu2- рецепторы. Пациенты, у которых опухоли содержат как рецепторы к эстрогену- ER, так и к прогестерону PR, имеют наибольшую вероятность ответа на эндокринную терапию и имеют лучший прогноз, чем те, у которых опухоли не содержат стероидных рецепторов [4]. Согласно литературным данным, большинство успешных ответов на терапию тамоксифеном обусловлено высоким уровнем ER-рецепторов в опухоли, поэтому особенно важна данная диагностика перед назначением эндокринной терапии [5,6].

Антиген, связанный с пролиферацией — Ki67, характеризует прогрессирование опухоли и ее злокачественность, и это еще одно раннее изменение, связанное с процессом опухолевого генеза груди [7]. Прогностические горизонты применения маркера Ki-67 постоянно расширяются. Уточняется и дополняется его значение в предикции результатов лекарственной терапии опухолей. Например, для рака молочной железы, который не отвечает на химиотерапию, повышение Ki-67 является плохим прогностическим маркером. Напротив, в опухолях, реагирующих на химиотерапию, этот эффект не наблюдается, и даже присутствует корреляция увеличения Ki-67 с улучшением прогноза [8].

Исследования, направленные на этот белковый маркер, популярны в ряде стран и напрямую указывают на лучший прогноз у женщин с низким показателем экспрессии этой молекулы [3,5,8]. Хотя в этом вопросе мнения исследователей согласно выполненным работам неоднозначны [3,9].

## Цель исследования

Изучить данные иммуногистохимического исследования с анализом промоутера пролиферации клеток Ki-67, стероидного рецепторного аппарата опухолевых клеток молочной железы и, как показатель ауто/паракринного роста — протоонкогена HER2, кодирующего рецептор эпидермального фактора роста.

Материалы и методы исследования: Иммуногистохимические исследования были выполнены у всех женщин, находящихся на лечении в онкоцентре Хабаровска в 2018 году. Для исследования специфичных маркеров использовали фиксированные в формалине и заключенные в парафин кусочки тканей опухоли, полученные при рутинной патологоанатомической обработке, до специфического таргетного лечения.

Оценка результатов ИГХ окрашивания проводилась с применением светового микроскопа, где оценивается реакция антиген — антитело по характерной окраске. Для всех маркеров были оценены локализацию окрашивания в клетке, интенсивность пероксидазной метки (в области с максимальной экспрессией) и процент окрашенных клеток.

Экспрессию рецепторов ER и PR оценивали по балльной системе, по интенсивности окраски (от 1 до 3 баллов) и доли окрашенных опухолевых клеток.

- ◆ 0 баллов — отсутствие окрашивания;
- ◆ 1 балл — количество окрашенных клеток менее 1%;
- ◆ 2 балла — количество окрашенных клеток от 1 до 10%;
- ◆ 3 балла — количество окрашенных клеток от 11 до 33%;
- ◆ 4 балла — количество окрашенных клеток от 34 до 66%;
- ◆ 5 баллов — количество окрашенных клеток от 67 до 100%.

Для получения IRS (immune reactivity SCORE) суммируют баллы доли окрашенных клеток и интенсивности их окраски. Опухоль считают позитивной по содержанию ER, PR при суммарном балле более или равном 3 (SCORE), или более 1% окрашенных клеток.

Для определения антигена HER2/neu оценивали окрашивание мембран клеток, так как антиген относится к трансмембранному белку семейства тирозинкиназ. Оценка производилась по рекомендуемым критериям маркера:

Опухоль оценивается как отрицательная по Her 2/neu- при отсутствии мембранного окрашивания или при окрашивании менее 10% клеток;

- ◆ 1 балл (1+) — при неполном окрашивании мембран у более 10% клеток;
- ◆ 2 балла (2+) — при полной умеренно интенсивной окраске мембран у более 10% клеток;
- ◆ 3 балла (3+) при полном интенсивном окрашивании мембран более 10% клеток.

Her 2 neu (протоонкоген, кодирующий рецептор 2 человеческого эпидермального фактора роста (EGF- ERBB-2). Гиперэкспрессия (увеличенное содержание) этого фактора отмечается в 25–30% случаев рака молочной железы и ассоциируется с плохим прогнозом при наличии метастазов опухоли в регионарных лимфоузлах. Данный фактор определяет чувствительность опухоли к трастузумабу (герцептину) — одному из современных и эффективных препаратов в лечении рака молочной железы.

Пролиферативная активность опухоли оценивалась по антигену Ki-67, выявляемого также по реакции с первичным моноклональным антителом и выражалась как процент Ki-67- положительно окрашенных в коричневый цвет ядер в клетках опухоли:

Индекс пролиферации — это процент клеток с ядерным окрашиванием от общего числа опухолевых клеток. Интенсивность и тип экспрессии маркера не учитывается (перинуклеолярный, нуклеоплазменный, перихромосомный). Подсчет включает в себя не менее 500 опухолевых клеток (в идеале не менее 1000) не менее чем в 3 полях зрения при увеличении  $\times 400$ . В случае гетерогенности опухоли выбирают участки с наибольшей митотической активностью.

Общие характеристики уровня пролиферации для опухолевой ткани различных локализаций:

- ◆ < 10% — низкий уровень;
- ◆ 10–20% — пограничные опухоли;
- ◆ > 20% — высокий.

В лабораториях используют антитела к Ki-67 клонов MIB-1 (для работы с материалом, полученным от человека, крупного рогатого скота, собак, овец и лошадей) и MIB-5 (для работы с материалом, полученным от крыс и других грызунов). Эти структуры показали более высокое сродство к эпитопу антигена Ki-67 в условиях формалиновой фиксации доставляемого материала [4]. Для характеристики опухолей молочной железы была принята более упрощенная классификация процента клеток с экспрессией данного белка [2].

- ◆ высокая пролиферативная активность опухоли соответствует экспрессии Ki-67 в более чем 15% клеток;
- ◆ низкая пролиферативная активность — экспрессии Ki-67 в менее 15% клеток.

Метод ИГХ был выполнен 332 женщинам с раком молочной железы. Все женщины были разделены на исследуемые группы по возрасту, 1 группа — женщины 27–45 лет в количестве 54, 2 группа — женщины 46–60 лет в количестве 102 человека, 3 группа — 61–74 года в количестве 135, и в 4 группу вошли 46 женщин в возрасте от 75 до 87 лет. В каждой группе были оценены рецепторы к эстрогену (ER) и прогестерону (PR), антиген Her2/neu по бальной системе и пролиферативная активность, которая выражена в проценте клеток с экспрессией ядерного трансформатора- белка Ki-67.

### Результаты исследования и их обсуждение

В работе были проанализированы все образцы операционного материала в течение года, и за 2018 год наибольшее количество больных женщин приходится на возраст 61–74 года — это 41%, в возрасте 46–60—31%, в возрасте 27–45 лет это 16,27%, и число женщин старшей возрастной группы соответствовало 13,9% (таблица № 1).

В группе женщин в возрасте от 27 до 45 лет низкодифференцированные опухоли (отрицательные ER и PR) были выявлены у 13 женщин, что соответствует 24% в группе, во II недифференцируемые стероидные рецепторы в опухоли обнаружены у 15 женщин, что соответствует 14,7%, в III группе это 15 женщин и 11,11%, и в IV- самой старшей возрастной группой — 15 женщин и это 32%, что оказалось наивысшим значением среди обследованных.

Оценка выраженности позитивных результатов по рецепторам гормонов выявила недостоверные значения ( $p > 0,05$ ) в группах, но с тенденцией к увеличению обоих показателей с возрастом, что соответствовало уровню ER/PR в группах: в первой группе-I:  $4,86 \pm 0,6/5,35 \pm 0,2$ , во второй группе-II:  $5,34 \pm 0,4/5,30 \pm 0,30$ , в третьей —III:  $6,41 \pm 1,2/5,93 \pm 1,23$ , в четвертой-IV:  $7,01 \pm 0,9/6,87 \pm 1,45$  соответственно.

По данным ведущих исследований мира от 70% до 80% случаев рака молочной железы являются ER-положительными. Существует корреляция между наличием ER, типом и степенью карциномы, и, поскольку нормальная грудь должна экспрессировать ER (степень в зависимости от возраста женщины), она может действовать как внутренний положительный контроль.

Поэтому важно оценить интенсивность окрашивания и процент клеток с эстрогеновым рецептором для получения части данных по прогнозированию ответа и определению точек отсечения, в том числе и по определению метастазов; чем выше оценка, тем более вероятен ответ

Таблица 1. Результаты исследования.

Признак	Всего	Группа I 27–45	Группа II 46–60	Группа III 61–74	Группа IV 74–87
PMЖ абс %	332 100	54 16,27	102 31	135 41	46 13,9
ER+ абс .%	7 2,1%	2 3:7	-	4 2,96	1 2,2
PR+, абс %	13 3,9%	3 5,5	1 0,98	8 5,9	1 2,2
ER+ PR+ абс %	167 56,3	9 16,7	60 58,8	74 54,8	16 34,8
ER- PR- абс %	58 17,5	13 24,1	15 14,7	15 11,1	15 32,6
ER значения PR значения	5,64±1,3 5,98±0,2	4,86±0,6 5,35±0,2	5,34±0,4 5,30±0,30	6,41±1,2 5,93±1,23	7,01±0,9 6,87±1,4
HER/neu II абс %	38 11,45	11 20,4	12 11,8	13 9,6	2 4,4
Тройной негативный	49 14,8%	13 22,2	14 13,8	11 8,2	11 26,8%*
Ki-67. Абс %	206 62	40 74,1'	68 66,7	73 54,01	25 54,4
Ki-67 значения		37,23±13,17	29,45±14,2	26,23±15,9	26,15±13,9

[10] и имеются доказательства того, что даже низкие оценки могут предсказать благоприятный ответ на адъювантное лечение [11,12].

Также спорным является роль прогестеронового рецептора в этиологии рака молочной железы. По мнению большинства авторов, рецептор прогестерона (PR) индуцируется эстрогеном и, следовательно, является маркером функционирующей ER. Некоторые исследователи обнаружили, что статус прогестерона имеет большую силу, чем статус ER, при прогнозировании заболевания. От 55% до 65% случаев рака молочной железы, вероятно, будут положительными для PR, причем две трети ER α-положительных случаев экспрессируют его [5]. PR также будет присутствовать в ткани нормальной молочной железы. Степень реактивности при раке может быть похожа или меньше, чем ER. Кроме того, небольшая доля (< 5%) рака молочной железы является PR-положительным, ER рецептор отрицательным [7]. В нашем исследовании получен аналогичный процент женщин с идентифицированным прогестероновым рецептором при отрицательном рецепторе эстрогена и составил всего 2,1% от всех женщин. И положительный рецептор эстрогена при отрицательном PR статусе выявлен у 3,9% женщин.

При анализе частоты выявления рецептора эпидермального фактора роста выявлена следующая картина. В первой группе положительный антиген выявлен у 11 женщин, что соответствовало 20,37%, во второй у 12 женщин или 11,8%, в третьей HER2/neu был идентифици-

рован у 13 женщин или 9,63%, и у старшей возрастной группы он выявлен всего у 2 женщин, что соответствовало 4,35%. Таким образом, выявлена прямая слабая корреляция ( $r=0,45$ ) зависимости позитивного рецептора от возраста — наибольший процент выявлен в группе женщин 27–45 лет.

Оценка пролиферативной активности выявила следующую картину-во всех возрастных группах средний показатель пролиферирующих клеток достоверно не различался и был равен: 37,23±13,17; 29,45±14,2; 26,23±15,9; 26,15±13,9, но сравнивая абсолютное число женщин с нормальным и повышенным числом клеток по маркеру Ki-67 получилась следующая ситуация: высокая пролиферативная активность зафиксирована у 40 женщин из 54 и это соответствовало 74% в первой, у 68–66,67% во второй, у 73–54,01% в третьей и 25–54,35% в четвертой группе. То есть, в более молодом организме при ускоренном метаболизме наблюдается усиление пролиферативной активности клеток, что соответственно ухудшает прогноз и требует незамедлительного таргетного лечения.

Анализируя данные по возрастному признаку выявлено, что процент обнаружения дифференцируемых опухолей не коррелирует ( $r=-0,0012$ ) с возрастом, но активность пролиферативного процесса снижается с возрастом ( $r=-0,72$ ).

Пролиферативную активность оценивали так же в группах, и далее в зависимости от морфологической

характеристики опухоли для анализа экспрессии рецепторов и пролиферации.

В нашем исследовании получены следующие параллели: высокий уровень антигена Ki-67 был зафиксирован в опухолях низкодифференцированных, с отрицательным значением как прогестероновых, так и эстрогеновых рецепторов и, наоборот, низкий уровень этого белка соответствовал позитивным по ER и PR –рецепторам опухолям. В литературе найдены работы с оппозитной точкой зрения, полученные данные в одних из них говорят о низкодифференцируемых опухолях и высоком индексе пролиферации [8], в других, наоборот, о опухолях с позитивными рецепторами к эстрогену и прогестерону и повышены маркеров пролиферации [7].

Что касается гиперэкспрессии Her/ neu 2 рецептора и значений белка Ki 67 –получено среднее значение маркера пролиферации  $37,75 \pm 12,62$  в сравнении при тройных негативных опухолях (отрицательные рецепторы к эстрогену, прогестерону, и Her/neu2 значение Ki 67 соответствовало  $49,12 \pm 15,8$ , при этом тройной негативный рак выявлен у 49 пациентов от общей группы, что соответствовало 14,8%, по возрастным исследуемым группам это соответствовало — 13 человек (22,2%) в группе 27–45 лет, 14 (13,8%) человек в группе 46–60; 11 женщин (8,2%) возраста 61–74 и 11 человек (26,8%) в старшей возрастной группе 75–87 лет, из чего следует, что самая неблагоприятная ситуация в плане прогноза и отвечаемости на терапию наблюдается именно у пожилых. При этом морфологически тройной негативный рак был представлен большим процентом протоковой формы инвазивного рака высокой степени злокачественности — это 65,8% от общего числа тройных негативных опухолей.

Возможности прогноза и предикта ответа на лечение в отношении индекса пролиферации постоянно расши-

ряются, в нашем исследовании наиболее часто высокие значения этого антигена выявлены при протоковых формах инвазивного рака. Особую значимость этот маркер приобрел при патоморфологическом исследовании опухолей молочной железы для выделения так называемых подтипов — гормон-позитивных люминальных опухолей определяется на основании индекса Ki-67: подтип А (Ki-67 < 20%) и подтип В (Ki-67 ≥ 20%), что в нашем исследовании соответствовало явному преобладанию люминального В подтипа. Это 211 женщин из 332. Увеличивается количество клеток, экспрессирующих как ER, так и PR рецепторы в период перименопаузы. Имеются некоторые данные, показывающие, что экспрессия ER снижается при таких поражениях, как атипичная гиперплазия протоков и DCIS по сравнению с таковой в нормальном грудном эпителии. В нашей работе выявлена сильная корреляция между морфологическим субстратом, индексом высокой пролиферативной активности у трижды негативных опухолей.

## Заключение

Резюмируем, абсолютное число женщин с положительно выявленным рецептором HER2/ neu за год для того, чтобы учитывать необходимое количество приобретаемого таргетного препарата — в 2018 году это всего 38 женщин.

Таким образом, получены убедительные данные о ряде закономерных изменений при типировании злокачественных опухолей молочной железы, такие как зависимость пролиферативного роста опухоли от возраста, наличие позитивных проонкогенов Her/neu в небольшом количестве случаев, а маркер пролиферации был выявлен в наивысшем показателе в зависимости от возраста. Увеличивается количество клеток, экспрессирующих как ER, так и PR рецепторы в период перименопаузы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В.Э., Чебуркаева М.Ю. Распространенность и факторы риска рака молочной железы // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 1 (часть 2). С. 414–419.
2. Дубинина В.В., Дзюба А.С., Балышева А.К. Анализ случаев рака молочной железы в сравнении 2013 и 2018 годов в поликлинике // *Сборник «Современные проблемы науки и образования»*. 2020. № 18. С. 36.
3. Сулейманова Д.М., Жолдыбай Ж.Ж. Рак молочной железы у молодых женщин. Адаптированные рекомендации по лучевому обследованию // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2021. № 3. С. 46–52.
4. Круминь Ю.С. Клиническая значимость изменений рецепторного статуса в рецидивных и метастатических опухолях у больных раком молочной железы. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2021. 24 с.
5. Mohamed Rogab H., Nervana S. Assessment of Ki-67 as a potential biomarker in patients with breast cancer/ *Journal of genetic engineering and biotechnology* // vol. 16, issue 2. December 2018. P. 479–484. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X18300209#>
6. Завалишина Л.Э., Франк Г.А. Морфологическое исследование HER2 статуса. Методика и атлас. М.: Media Medica, 2006. № 24. URL: [https://www.rmj.ru/articles/onkologiya/Morfologicheskoe\\_testirovanie\\_HER2statusa\\_pri\\_rake\\_molochnoy\\_ghezy/](https://www.rmj.ru/articles/onkologiya/Morfologicheskoe_testirovanie_HER2statusa_pri_rake_molochnoy_ghezy/)
7. G. Monteleone Functional role of estrogen receptors during aging and their involvement in inflammatory processes. 2011. Università degli Studi di Milan. URL: <http://hdl.handle.net/2434/150266>.

8. Hosein Kamranzadeh, Reza Manouchehri Ardekani and Nasrollah Maleki. Association between Ki-67 expression and clinicopathological features in prognosis of breast cancer: A retrospective cohort study. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6521610/> (30.09.2019).
9. Megan A Healey, Kelly A Hirko, [...], and Aditi Hazra/ Assessment of Ki67 expression for breast cancer subtype classification and prognosis in the Nurses' Health Study // <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6995281/> (30.09.2019).
10. Adrian L, Rosemary A. Walker. Immunohistochemistry and Breast Cancer Diagnosis, Therapy and Prognosis., University of Leiceste, Harris, Imperial Cancer Research Fund. 2016. URL: <http://danskpatologi.org/wp-content/uploads/2016/04/5-Breast-Cancer-immunohistochemistry.pdf> (03.11.2020).
11. Anderson E, Martin Dunitz. The use of steroid receptors in predicting response to hormonal therapy. In: Walker RA, editor. Prognostic and Predictive Factors in Breast Cancer. London. 2003. P. 135–146.
12. Adrian L, Rosemary A. Walker. Immunohistochemistry and Breast Cancer Diagnosis, Therapy and Prognosis., University of Leiceste, Harris, Imperial Cancer Research Fund. 2016. URL: <http://danskpatologi.org/wp-content/uploads/2016/04/5-Breast-Cancer-immunohistochemistry.pdf> (03.11.2020)

© Дубинина Виктория Васильевна ( vickdoctor@yandex.ru ), Волков Алексей Викторович ( volkov\_av@kkco.khv.ru ),  
 Балышева Анна Константиновна ( anbalysheva@mail.ru ), Цекатунов Дмитрий Анатольевич ( volkov\_av@kkco.khv.ru ),  
 Дзюба Анна Сергеевна ( dzyuba\_anya@list.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

# ПРИОРИТЕТНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ПАТОЛОГИИ ПОЧЕК И АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 1-ГО ТИПА

## INFLUENCE OF KIDNEY PATHOLOGY ON THE DEVELOPMENT OF ARTERIAL HYPERTENSION IN PATIENTS WITH TYPE 1 DIABETES MELLITUS

L. Zhuravleva  
L. Efros

*Summary.* In type 1 diabetes mellitus, arterial hypertension is usually of renal origin. The aim of the study was to identify factors influencing the development of arterial hypertension in patients with type 1 diabetes mellitus and the presence of chronic kidney disease. The results of our study suggest that arterial hypertension is a key factor that plays a role in the development of chronic kidney disease and the progression of kidney pathology. Direct correlations between arterial hypertension and age, glomerular filtration rate, diabetes experience, body mass index, glycosylated hemoglobin level, dyslipidemia have been revealed. According to the results of univariate analysis, age, obesity of the 1st degree, smoking, chronic kidney disease of the 1st, 2nd, 3rd stages, late complications — diabetic angioretinopathy, diabetic polyneuropathy, diabetes experience, hemoglobin level, phosphorus level, cholesterol level, triglyceride levels, low-density lipoprotein cholesterol have a statistically significant effect on the risk of developing arterial hypertension in patients with type 1 diabetes mellitus and the presence of chronic kidney disease.

*Keywords:* chronic kidney disease, arterial hypertension, glomerular filtration rate.

**Журавлева Людмила Юрьевна**

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»  
milana\_1610@mail.ru

**Эфрос Лидия Александровна**

Д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский  
государственный медицинский университет»  
Минздрава России  
LLA1905@mail.ru

*Аннотация.* При сахарном диабете 1-го типа артериальная гипертензия имеет, как правило, почечный генез. Целью исследования было выявить факторы, влияющие на развитие артериальной гипертензии у больных с сахарным диабетом 1 типа и наличием хронической болезни почек. Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что артериальная гипертензия представляет собой ключевой фактор, играющий роль в развитии хронической болезни почек и прогрессировании патологии почек. Выявлены прямые корреляционные зависимости между артериальной гипертензией и возрастом, скорости клубочковой фильтрации, стажем диабета, индексом массы тела, уровнем гликированного гемоглобина, дислипидемией. По результатам однофакторного анализа возраст, ожирение 1-й степени, табакокурение, хроническая болезнь почек 1-й, 2-й, 3-й стадий, поздние осложнения — диабетическая ангиоретинопатия, диабетическая полинейропатия, стаж диабета, уровень гемоглобина, уровень фосфора, уровень холестерина, уровень триглицеридов, холестерин липопротеидов низкой плотности оказывают статистически значимое влияние на риск развития артериальной гипертензии у больных с сахарным диабетом 1 типа и наличием хронической болезни почек.

*Ключевые слова:* хроническая болезнь почек, артериальная гипертензия, скорость клубочковой фильтрации.

## Введение

**Р**оль системной артериальной гипертензии, бесспорно, лидирующая в развитии нефропатии любого генеза [1]. При этом нет принципиальной разницы, является ли артериальная гипертензия самостоятельным заболеванием, сопутствующим патологии почек, или же следствием развившейся нефропатии [2]. В крупных рандомизированных исследованиях была до-

казана четкая взаимосвязь между выраженностью артериальной гипертензии, длительностью ее существования и относительным риском развития терминальной почечной недостаточности. Так, исследование MRFIT (Multiple Risk Factor Intervention Trial) убедительно продемонстрировало, что повышение уровня артериального давления более 130/85 мм рт. ст. уже сопровождается увеличением относительного риска развития патологии почек в 2–3 раза [3]. При сочетании артериальной гипер-



Таблица 1. Сравнительный анализ группы пациентов с наличием и отсутствием хронической болезни почек Me [min–max]

Параметр		Группа с хронической болезнью почек (n = 87)	Группа без хронической болезни почек (n = 16)	p
Пол, n (%)	Мужской (м)	37 (42,5)	8 (50,0)	0,780
	Женский (ж)	50 (57,5)	8 (50,0)	
Возраст, лет		31 [18–56]	24 [18–40]	0,092
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>		92 [35–139]	112 [79–128]	0,037*
Диабетическая ангиоретинопатия, n (%)	Нет	25 (28,7)	12 (75,0)	0,001*
	Есть	62 (71,3)	4 (25,0)	
Диабетическая полинейропатия, n (%)		64 (73,6)	6 (37,5)	0,011*
Стаж диабета, лет		12 [1–39]	4 [1–19]	< 0,001*
Наличие табакокурения, n (%)		41 (47,1)	7 (43,8)	1,000
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>		23,8 [17,0–33,0]	22,3 [18,0–30,6]	0,276
Гликированный гемоглобин, %		10,0 [5,9–15,8]	8,7 [6,2–12,6]	0,010*
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.		140 [90–240]	110 [100–120]	< 0,001*
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.		80 [60–120]	70 [60–70]	< 0,001*
Гемоглобин, г/л		130 [95–172]	140 [120–166]	0,013*
Кальций общий, ммоль/л		2,10 [1,80–2,80]	2,15 [1,96–2,65]	0,245
Кальций ионизированный, ммоль/л		0,96 [0,82–1,20]	1,03 [0,88–1,22]	0,004*

тензии и сахарного диабета этот риск увеличивается в 30 раз даже при умеренном повышении артериального давления до 160/100 мм рт. ст. [4].

### Цель исследования

Выявить факторы, влияющие на развитие артериальной гипертензии у больных с сахарным диабетом и наличием хронической болезни почек.

### Материал и методы исследования

В исследование включены 103 пациента с сахарным диабетом 1-го типа, прошедшие лечение в отделении нефрологии ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница» за период 2008–2011 гг. Критерии включения в исследование: наличие сахарного диабета 1-го типа 6 месяцев и более. Критерии исключения: возраст старше 60 лет, прием препаратов витамина D, фосфатбиндеров, скорость клубочковой фильтрации менее 29 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>, сахарный диабет 2-го типа, наличие других эндокринных заболеваний, наличие тяжелых сопутствующих заболеваний печени, легких, туберкулеза, ревматологических заболеваний, заболевания почек аутоиммунного характера, женщины с постменопаузальным остеопорозом, онкологические заболевания. Из общего количества пациентов — 45 (43,7%) мужчин и 58 (56,3%) женщин. Средний возраст всех пациентов составил 31,3 ± 10,9 года, мужчин — 32,9 ± 10,9 года, женщин — 30,1 ± 11,0 года. Всем пациентам, вошедшим в исследование, производили оценку наличия и выраженности дисфунк-

ции почек. Значение скорости клубочковой фильтрации менее 60 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> считали проявлением почечной дисфункции. Величину скорости клубочковой фильтрации определяли расчетным способом по формуле СКД-EPI.

Все больные, вошедшие в исследование, были распределены по возрастным группам в соответствии с МКБ-10 (29 лет и младше; 30–39 лет; 40 лет и старше). Обследование и лечение больных проведены согласно действующим стандартам оказания медицинской помощи, клиническим рекомендациям. Был проведен корреляционный анализ (коэффициент ранговой корреляции Спирмена), однофакторный регрессионный анализ. Результаты логистической регрессии представлены в виде указания Exp B с 95% доверительным интервалом. Статистически значимыми считались результаты при значении p < 0,05. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office и программы SPSS Statistics (версия 22.0).

### Результаты исследования и их обсуждение

При сахарном диабете 1-го типа артериальная гипертензия имеет, как правило, почечный генез, то есть ее развитие определяется поражением почечной ткани. Чем выше уровень систолического и диастолического артериального давления, тем больше уровень экскреции белка с мочой, концентрация креатинина в сыворотке крови и тем ниже скорость клубочковой фильтрации [5].

Таблица 2. Общеклиническая характеристика пациентов в исследуемой группе (n = 103). В абсолютных числах (процентах)

Показатель		Наличие артериальной гипертензии (n = 44)	Отсутствие артериальной гипертензии (n = 59)	p
Возраст, лет	≤ 29	12 (27,3)	40 (67,8)	0,002 *
	30–39	17 (38,6)	9 (15,3)	
	≥ 40 лет	15 (34,1)	10 (16,9)	
Наличие табакокурения		25 (56,8)	23 (39,0)	0,66
Масса тела	Ожирение 1-й степени (индекс массы тела 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> )	3 (6,8)	3 (5,1)	0,007 *
Хроническая болезнь почек	C1	18 (40,9)	41 (69,5)	0,000 *
	C2	12 (27,3)	15 (25,4)	
	C3	14 (31,8)	3 (5,1)	
Нарушения минеральной плотности костной ткани	Есть	33 (75,0)	37 (62,7)	0,01 *
	Нет	11 (25,0)	22 (37,3)	
Диабетическая ангиоретинопатия	Есть	36 (81,8)	30 (50,8)	0,001 *
	Нет	8 (18,2)	29 (49,2)	
Диабетическая полинейропатия	Есть	39 (88,6)	31 (52,5)	0,000 *
	Нет	5 (11,4)	28 (47,5)	
Гиперхолестеринемия (холестерин ≥ 4,0 ммоль/л)		44 (100,0)	47 (79,7)	0,001 *
Гипертриглицеридемия (триглицериды ≥ 1,7 ммоль/л)		13 (29,5)	7 (11,9)	0,02 *
Высокие значения холестерина липопротеидов низкой плотности (≥ 1,4 ммоль/л)		44 (100,0)	56 (94,9)	0,000 *
Стаж диабета (среднее), лет		18,2 ± 9,4	12,3 ± 9,5	0,01*
Гликированный гемоглобин (среднее),%		10,5 ± 1,3	10,1 ± 23,0	0,08*
Общий холестерин (среднее), ммоль/л		5,7 ± 2,3	5,2 ± 1,3	0,000*

В исследовании проводилась сравнительная клиническая характеристика больных сахарным диабетом 1-го типа с наличием и отсутствием хронической болезни почек с целью определения роли факторов риска в формировании и прогрессирования начальных стадий хронической болезни почек (таблица 1).

Анализ результатов показал, что в группе пациентов с хронической болезнью почек показатель скорости клубочковой фильтрации достоверно ниже, чем у пациентов без хронической болезни почек (p=0,0037). Стаж диабета в группе пациентов с хронической болезнью почек составил 12 лет, тогда как в группе пациентов без хронической болезни почек этот показатель был статистически значимо ниже, p< 0,001. Выявлены статистически значимые различия по уровню гликированного гемоглобина — 10,0% и 8,7% соответственно у пациентов с наличием и отсутствием хронической болезни почек. Величина систолического и диастолического артериального давления в группе пациентов с хронической болезнью почек была выше, чем в группе без хронической болезни почек, различия статистически значимы, p< 0,001. Медиана уровня гемоглобина в группе пациентов с хронической болезнью почек составила 130 г/л, в группе без

хронической болезни почек — 140 г/л, p=0,013. Уровень концентрации ионизированного кальция статистически значимо выше в группе пациентов хронической болезни почек, p=0,004. Диабетическая полинейропатия в группе пациентов с хронической болезнью почек наблюдалась в 73,6% случаях, в группе без хронической болезни почек — в 37,5% случаев, различия статистически значимы, p=0,011. Диабетическая ангиоретинопатия в группе пациентов с хронической болезнью почек встречалась достоверно чаще по сравнению с группой без хронической болезни почек (71,3 и 25,0% соответственно, p=0,001)

Артериальная гипертензия играет ключевую роль в развитии и прогрессировании диабетической нефропатии. По мере прогрессирования диабетической нефропатии роль метаболических факторов снижается и возрастает роль гемодинамических факторов (артериальная гипертензия, внутриклубочковая гипертензия). Предупредить развитие и прогрессирование сосудистых осложнений возможно только при поддержании артериального давления на уровне не более 130/80 мм рт.ст. [5]. Кроме того, у больных с артериальной гипертензией высок риск присоединения и прогрессирования атеросклеротического поражения артерий почек [6].

Таблица 3. Сравнительная характеристика группы пациентов с артериальной гипертензией в зависимости от стадии хронической болезни почек (n = 103) В абсолютных числах (процентах)

Показатель		АГ и ХБП 1-й стадии (n=18)	АГ и ХБП 2-й стадии (n=12)	АГ и ХБП 3-й стадии (n=14)	p
Пол	Мужчины	4 (22,2)	8 (66,7)	8 (57,1)	0,03*
	Женщины	14 (77,8)	4 (33,3)	6 (42,9)	
Масса тела	Нормальная (индекс массы тела < 25 кг/м <sup>2</sup> )	6 (33,3)	5 (41,7)	11 (78,6)	0,03*
	Избыточная (индекс массы тела 25–29,9 кг/м <sup>2</sup> )	11 (61,1)	6 (50,0)	2 (14,3)	
	Ожирение 1-й степени (индекс массы тела 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> )	1 (5,6)	1 (8,3)	1 (7,1)	
Нарушения минеральной плотности ткани	Есть	12 (66,7)	9 (75,0)	12 (85,7)	0,04*
	Нет	6 (33,3)	3 (25,0)	2 (14,3)	
Диабетическая полинейропатия	Есть	15 (83,3)	10 (83,3)	14 (100,0)	0,02*
	Нет	3 (16,7)	2 (16,7)	0 (0,0)	
Гиперхолестеринемия (холестерин ≥ 4,0 ммоль/л)		18 (100,0)	12 (100,0)	14 (100,0)	0,000*
Высокие значения холестерина липопротеидов низкой плотности (≥ 1,4 ммоль/л)		18 (100,0)	12 (100,0)	14 (100,0)	0,000*
Общий холестерин (среднее), ммоль/л		5,5	6,0	5,7	0,001*
Стаж диабета (среднее), лет		16,6	19,7	18,8	0,02*

В исследовании проводилась оценка частоты и выраженности артериальной гипертензии у больных сахарным диабетом 1-го типа. Согласно данным исследования, артериальная гипертензия у больных с сахарным диабетом 1 типа встречалась в 42,7%, среди мужчин — в 45,5%, женщин — в 54,5% случаях, ее частота увеличивалась с возрастом ( $p = 0,002$ ). В группе пациентов с наличием артериальной гипертензии чаще наблюдалась хроническая болезнь почек 2-й и 3-й стадии ( $p = 0,000$ ) (таблица 2). Курение является одним из модифицируемых факторов риска артериальной гипертензии наравне с гиперхолестеринемией, сахарным диабетом, низкой физической активностью и ожирением [7]. Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что курение — дозозависимый фактор риска снижения скорости клубочковой фильтрации и появления микроальбуминурии [8]. Анализ результатов показал, что в группе пациентов с артериальной гипертензией курящих больных было больше, чем в группе без артериальной гипертензии. Избыточный вес признан одним из корригируемых факторов риска развития многих заболеваний и после курения является второй по значимости причиной заболеваемости и смертности, которую можно устранить. Ожирение в любом возрасте неизбежно ведет к раннему развитию нежелательных патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы. Особенно неблагоприятно повышение массы тела для лиц с семейной предрасположенностью к гипертонии

или сахарному диабету 2-го типа [9]. Нормальная масса тела достоверно чаще наблюдалась у пациентов с отсутствием артериальной гипертензии, избыточная масса тела и ожирение 1-й степени в большем проценте случаев были выявлены у пациентов с наличием артериальной гипертензии (таблица 2).

Несмотря на успехи в диабетологии, остается высокой распространенность хронических осложнений сахарного диабета, таких как микро- и макроангиопатии. В связи с этим необходимо мониторировать данные по частоте и изменению структуры осложнений сахарного диабета для своевременного оказания лечебно-профилактической помощи. Результаты исследования показали, что диабетическая ангиоретинопатия и диабетическая полинейропатия встречаются достоверно чаще среди больных с наличием артериальной гипертензии ( $p = 0,001$  и  $p = 0,000$  соответственно).

Важным фактором, который участвует в прогрессировании хронической болезни почек, является нарушение обмена липидов. Общий холестерин выступает независимым прогностическим маркером сердечно-сосудистых заболеваний. Пациенты, вошедшие в исследование, имеют очень высокий сердечно-сосудистый риск. В нашем исследовании больные были распределены на основании показателей: общий холестерин 4,0 ммоль/л и более, триглицериды –1,7 ммоль/л

Таблица 4. Группы пациентов с наличием и отсутствием хронической болезни почек в зависимости от артериальной гипертензии и нарушений минеральной плотности костной ткани (n = 103). В абсолютных числах (процентах)

Показатель	Всего (n=103)	Группа с хронической болезнью почек (n = 87)	Группа без хронической болезни почек (n = 16)	p
Наличие АГ и наличие нарушений минеральной плотности костной ткани	33 (32,0)	33 (37,9)	0	0,002*
Наличие АГ и отсутствие нарушений минеральной плотности костной ткани	11 (10,7)	11 (10,7)	0	0,13
Отсутствие АГ и наличие нарушений минеральной плотности костной ткани	37 (35,9)	30 (34,5)	7 (43,8)	0,047*
Отсутствие АГ и отсутствие нарушений минеральной плотности костной ткани	22 (21,4)	13 (14,9)	9 (56,2)	0,000*

и более, холестерин липопротеидов низкой плотности — 1,4 ммоль/л и более. Известно, что гиперлипидемия ухудшает прогноз любого почечного заболевания. Было отмечено, что гиперхолестеринемия, гипертриглицеридемия и высокие значения холестерина липопротеидов низкой плотности являются независимым предиктором снижения функции почек [10, 11]. По данным нашего исследования, 100% пациентов с артериальной гипертензией имеют высокое содержание в крови холестерина ( $p = 0,001$ ); кроме того, высокий уровень триглицеридов и холестерина липопротеидов низкой плотности (29,5 и 100% соответственно).

Согласно многочисленным исследованиям, хроническая болезнь почек в сочетании с артериальной гипертензией увеличивает риск развития сердечно-сосудистых осложнений. Степень выраженности атеросклеротического процесса в коронарном русле и уровень систолического артериального давления независимо негативно связаны с величиной скорости клубочковой фильтрации. Величина скорости клубочковой фильтрации находится в обратной зависимости от значения оценки тяжести повреждения коронарного кровообращения и величины систолического артериального давления [12].

В нашем исследовании был проведен сравнительный анализ группы пациентов с артериальной гипертензией в зависимости от стадии хронической болезни почек, таблица 3.

Из таблицы 3 видно, что мужчины достоверно чаще наблюдались в группе пациентов с наличием артериальной гипертензии и с хронической болезни почек 2-й стадии, а женщины — с хронической болезни почек 1-й стадии (66,7% и 77,8%соответственно),  $p=0,03$ .

Результаты исследования показали, что нормальная и избыточная масса тела чаще наблюдались у всех пациентов независимо от стадии хронической болезни почек, однако ожирение 1 степени достоверно чаще встречалось у пациентов с хронической болезнью почек 2-й стадии. Нарушения минеральной плотности костной ткани достоверно чаще наблюдалось у пациентов с хронической болезнью почек 3-й стадии в 85,7% случаев,  $p=0,03$ . Поздние осложнения у пациентов с сахарным диабетом и наличием артериальной гипертензии чаще наблюдались у пациентов с хронической болезнью почек 3-й стадии. Дислипидемия, включая гиперхолестеринемию и гипертриглицеридемию, наблюдалась у пациентов при всех стадиях хронической болезни почек, таблица 3.

Все пациенты, вошедшие в исследование, проходили денситометрическое исследование на наличие нарушения минеральной плотности костной ткани. В группе пациентов с артериальной гипертензией достоверно чаще встречались нарушения минеральной плотности костной ткани ( $p = 0,01$ ), таблица 2.

Минерально-костные нарушения при хронической болезни почек являются широко распространенным прогрессирующим осложнением и в последние годы внимание исследователей обращено к изучению их роли при хронической болезни почек.

Гипергликемия способствует накоплению продуктов гликозилирования белково-липидных комплексов, которые инициируют оксидативный стресс, дисбаланс между костной резорбцией и костеобразованием, в результате чего развивается остеопороз — одним из компонентов сердечно-сосудистого континуума. Потеря эластичности стенок артерий ускоряет пульсовую волну, и, как след-

Таблица 5. Сравнительная характеристика группы пациентов с наличием хронической болезни почек в зависимости от наличия или отсутствия артериальной гипертензии и нарушений минеральной плотности костной ткани (n = 87). В абсолютных числах (процентах)

Показатель		Наличие АГ и НМПКТ (n=33)	Есть АГ и нет НМПКТ (n=11)	p	Нет АГ и есть НМПКТ (n=30)	Нет АГ и нет НМПКТ (n=13)	p
Масса тела	Нормальная	21 (63,6)	1 (9,1)	0,000*	27 (90,0)	6 (46,2)	0,004*
	Избыточная	10 (30,3)	9 (81,8)		3 (10,0)	5 (38,5)	
	Ожирение 1 ст	2 (6,1)	1 (9,1)		0 (0,0)	2 (15,4)	
Хроническая болезнь почек	C1	12 (36,4)	6 (54,5)	0,04*	18 (60,0)	10 (76,9)	0,030*
	C2	9 (27,3)	3 (27,3)		9 (30,0)	3 (23,1)	
	C3	12 (36,4)	2 (18,2)		3 (10,0)	0 (0,0)	
	Нет	1 (3,0)	4 (36,4)		8 (26,7)	10 (76,9)	
Гиперхолестеринемия (холестерин $\geq 4,0$ ммоль/л)		33 (100,0)	11 (100,0)	0,000*	24 (80,0)	9 (69,2)	0,04*
Гипертриглицеридемия (триглицериды $\geq 1,7$ ммоль/л)		12 (36,4)	1 (9,1)	0,08	5 (16,7)	1 (7,7)	0,43
Высокие значения холестерина липопротеидов низкой плотности ( $\geq 1,4$ ммоль/л)		33 (100,0)	11 (100,0)	0,000*	27 (90,0)	13 (100)	0,23
Общий холестерин (среднее), ммоль/л		5,7 $\pm$ 1,3			4,99	4,6	
Гликированный гемоглобин (среднее),%		10,7 $\pm$ 2,2			10,3	9,9	
Стаж диабета (среднее), лет		17,7 $\pm$ 9,1			8,6	11,1	

Примечание:

АГ — артериальная гипертензия, НМПКТ — нарушение минеральной плотности костной ткани

стве, нарушает процесс оксигенации в капиллярном русле, повышает систолическое артериальное давление, формирует гипертрофию и диастолическую дисфункцию миокарда. С другой стороны, системное воспаление, оксидативный стресс и неблагоприятный липидный профиль при уремии, ответственные за эндотелиальную дисфункцию и поражение интимы сосудов, способствует формированию атеросклеротических бляшек и ускорению процессов атеросклероза. Для выявления частоты встречаемости артериальной гипертензии и нарушений минеральной плотности костной ткани все пациенты, вошедшие в исследование, были распределены на две группы: с хронической болезнью почек — 87 пациентов (84,5%) и без хронической болезни почек — 16 пациентов (15,5%), таблица 4.

По результатам нашего исследования, пациенты с наличием артериальной гипертензии и нарушениями минеральной плотности костной ткани достоверно чаще встречались в группе с хронической болезнью почек, таблица 4.

Далее проведен сравнительный анализ пациентов в группе с наличием хронической болезни почек в зависимости от артериальной гипертензии и нарушений минеральной плотности костной ткани.

Анализ результатов исследования показал, что у пациентов с отсутствием артериальной гипертензии достоверно чаще наблюдалась хроническая болезнь почек 1-й стадии, тогда как у пациентов с наличием артериальной гипертензии и нарушениями минеральной плотности костной ткани — хроническая болезнь почек 3-й стадии. Наличие поздних осложнений (диабетическая полинейропатия и диабетическая ангиоретинопатия) статистически чаще наблюдалось у пациентов, имеющих артериальную гипертензию вне зависимости от наличия или отсутствия нарушений минеральной плотности костной ткани. Гиперхолестеринемия достоверно чаще наблюдалась в обеих группах в большом проценте случаев. В нашем исследовании вне зависимости от наличия или отсутствия артериальной гипертензии и нарушений минеральной плотности костной ткани имели нормаль-

Таблица 6. Результаты однофакторной логистической регрессии по оценке влияния потенциальных предикторов на развитие артериальной гипертензии

Фактор		Exp B	95% доверительный интервал для Exp B	p
Возраст, лет	≤ 29	6,296	2,239–17,705	0,000*
	30–39	5,000	1,789–13,975	0,002*
	≥ 40	0,158	0,918–12,372	0,000*
Табакочурение	Не курит	0,431	1,019–5,265	0,045*
	Курит	2,316		
Диабетическая ангиоретинопатия	Нет	0,229	1,733–10,921	0,002*
	Есть	4,350		
Диабетическая полинейропатия	Нет	0,141	2,436–20,376	0,000*
	Есть	7,045		
	Нет	0,572		
Хроническая болезнь почек	C1	1,822	0,712–4,664	0,003*
	C2	10,636	2,716–41,604	0,021
	C3	4,390	1,312–21,232	0,004*
Стаж диабета, лет		1,163	1,091–1,241	0,000*
Уровень гемоглобина, г/л	> 110,0	1,352	0,732–2,339	0,001*
	< 110,0	0,739		
Масса тела, кг/м <sup>2</sup>	Ожирение 1-й степени (индекс массы тела 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> )	0,47	1,218–7,315	0,004*
Уровень фосфора, ммоль/л	> 1,45	0,091	0,011–0,771	0,028*
	< 1,45	10,98		
Уровень холестерина, ммоль/л	< 3,9	0,306	1,219–7,815	0,000*
	> 4,0	3,258		
	< 1,7	2,754		
Холестерин липопротеидов низкой плотности, ммоль/л	< 1,4	1,406	0,165–3,063	0,033*
	≥ 1,4	0,711		
	< 64,0	1,196		

ную или избыточную массу тела, ожирение 1-й степени встречалось в малом проценте случаев, таблица 5.

Далее было проведено изучение влияния различных факторов на развитие артериальной гипертензии в группе больных сахарным диабетом 1-го типа с хронической болезнью почек. В таблице 6 представлены данные однофакторного регрессионного анализа оценки влияния клиничко-лабораторных параметров на развитие артериальной гипертензии, таблица 6.

Результаты однофакторной логистической регрессии по оценке влияния потенциальных предикторов развития артериальной гипертензии показали, что возраст, ожирение 1-й степени, табакочурение, хроническая болезнь почек 1-й, 2-й, 3-й стадий, поздние осложнения — диабетическая ангиоретинопатия, диабетическая полинейропатия, стаж диабета, уровень гемоглобина, уровень фосфора, уровень холестерина, уровень триглицеридов, холестерин липопротеидов низкой плотности оказывают статистически значимое влияние на риск развития артериальной гипертензии у больных с сахар-

ным диабетом 1 типа и наличием хронической болезни почек, таблица 6.

Проведение корреляционного анализа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена) продемонстрировало, что уровень артериального давления отчетливо связан со снижением скорости клубочковой фильтрации и тяжестью атеросклероза, были выявлены достоверные обратные связи между ними. При этом наиболее высокие цифры систолического и диастолического артериального давления отмечались у пациентов с более низкой скоростью клубочковой фильтрации. Также была выявлена взаимосвязь между цифрами систолического артериального давления и уровнем общего холестерина и холестерина липопротеидов низкой плотности, (таблица 7).

### Заключение

Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что артериальная гипертензия представляет собой ключевой фактор, играющий роль

Таблица 7. Результаты корреляционного анализа Спирмена

Параметры	Систолическое АД, мм рт. ст.	Диастолическое АД, мм рт. ст.
Возраст	0,48 (p = 0,000)	0,443 (p = 0,000)
Скорость клубочковой фильтрации	-0,421 (p = 0,000)	-0,412 (p = 0,000)
Стаж диабета	0,507 (p = 0,000)	0,493 (p = 0,000)
Индекс массы тела	0,339 (p = 0,000)	0,375 (p = 0,000)
Уровень гликированного гемоглобина	0,198 (p = 0,044)	0,214 (p = 0,030)
Общий холестерин	0,331 (p = 0,001)	0,319 (p = 0,001)
Триглицериды	0,208 (p = 0,035)	0,188 (p = 0,057)
Холестерин липопротеидов низкой плотности	0,215 (p = 0,000)	0,222 (p = 0,024)
Холестерин липопротеидов очень низкой плотности	0,172 (p = 0,082)	0,135 (p = 0,174)
Холестерин липопротеидов высокой плотности	-0,016 (p = 0,872)	0,005 (p = 0,960)
Эритроциты	-0,242 (p = 0,014)	-0,236 (p = 0,016)
Гемоглобин	-0,282 (p = 0,004)	-0,319 (p = 0,001)
Лимфоциты	-0,079 (p = 0,429)	-0,058 (p = 0,559)
Кальций общий	-0,022 (p = 0,826)	-0,058 (p = 0,581)
Кальций ионизированный	-0,059 (p = 0,551)	-0,043 (p = 0,663)
Фосфор	0,159 (p = 0,110)	0,152 (p = 0,126)
Альбумин	-0,342 (p = 0,000)	-0,354 (p = 0,000)
Общий белок	-0,108 (p = 0,279)	-0,053 (p = 0,592)

в развитии хронической болезни почек и прогрессировании патологии почек. Артериальная гипертензия является фактором риска не только атеросклероза, но и дисфункции почек.

Выявлены прямые корреляционные зависимости между артериальной гипертензией и возрастом, скоростью клубочковой фильтрации, стажем диабета, индексом массы тела, уровнем гликированного гемоглобина, дислипидемией. По результатам однофакторного

анализа возраст, ожирение 1-й степени, табакокурение, хроническая болезнь почек 1-й, 2-й, 3-й стадий, поздние осложнения — диабетическая ангиоретинопатия, диабетическая полинейропатия, стаж диабета, уровень гемоглобина, уровень фосфора, уровень холестерина, уровень триглицеридов, холестерин липопротеидов низкой плотности оказывают статистически значимое влияние на риск развития артериальной гипертензии у больных с сахарным диабетом 1 типа и наличием хронической болезни почек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арьев А.Л., Овсянникова Н.А., Арьева Г.Т. Факторы риска развития и прогрессирования патологии почек, сердечно-сосудистой и цереброваскулярной систем едины (взгляд гериатра) // Нефрология. 2011. Т. 15. № 1. С. 76–82.
2. Пыхтина В.С., Стражеско И.Д., Ткачева О.Н., Шарашкина Н.В. Взаимосвязь функции почек с состоянием артериальной стенки у лиц без хронической болезни почек и сердечно-сосудистых заболеваний // Клиническая практика. 2017. № 2. С. 11–20.
3. Зуева Т.В., Жданова Т.В. Артериальная гипертензия при хронической болезни почек: современное состояние проблемы // Лечащий врач. 2020. № 9. С. 11–14.
4. Шестакова М.В., Дедов И.И. Сахарный диабет и хроническая болезнь почек. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. 482 с.
5. Шестакова М.В., Шамхалова М.Ш., Ярек-Мартынова И.Я., Клефортова И.И. Сахарный диабет и хроническая болезнь почек: достижения, нерешенные проблемы и перспективы лечения // Сахарный диабет. 2011. № 1. С. 81–88.
6. Оленко Е.С. Кодочигова А.И., Киричук В.Ф., Лифшиц В.Б., Симонова Е.А., Субботина В.Г. Факторы риска развития хронической болезни почек // Вестник ТГУ. 2012. Т. 17. Вып. 4. С. 1293–1299.
7. Кошельская О.А. Маркеры хронической болезни почек и нарушения ренальной гемодинамики у пациентов с контролируемой артериальной гипертензией высокого риска // Российский кардиологический журнал. 2018. Т. 23. № 10. С. 112–118.
8. Худякова А.Д., Ковалькова Н.А., Каштанова Е.В., Щербакова Л.В., Рагино Ю.И. Артериальная гипертензия и дисфункция почек: ассоциации. 2019. Т. 8. № 51. С. 38.

9. Эфрос Л.А., Лукин О.П., Ленева В.О., Барлит А.А., Никульшина Л.Л., Сафина Е.Ф. Распространенность почечной дисфункции у пациентов с ишемической болезнью сердца, прошедших коронарное шунтирование // Уральский медицинский журнал. 2019. № 7. С. 81–90.
10. Митина Е.В., Стуров Н.В., Кобыляну Г.Н., Мансур Т.И., Русанова Е.И. Артериальная гипертензия и хроническая болезнь почек: верификация диагноза и тактика ведения пациентов в амбулаторной практике // Трудный пациент. 2017. Т. 18. № 3.
11. Babu M., Drawz P. Masked Hypertension in CKD: Increased Prevalence and Risk for Cardiovascular and Renal Events. Curr Cardiol Rep. 2019. Vol. 21. No 7. P. 58.
12. Каюков И.Г., Смирнов А.В., Седов В.М., Лхаахуу Од-Эрдэне, Дулаев А.В., Пизин В.М. Состояние функции почек у мужчин с коронарной болезнью сердца // Нефрология. 2008. Т. 12. № 3. С. 36–55.

---

© Журавлева Людмила Юрьевна ( milana\_1610@mail.ru ), Эфрос Лидия Александровна ( LLA1905@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



«Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации



# ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ АБФРАКЦИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ И ИХ ПРИЗНАКОВ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

## A STUDY OF THE FREQUENCY OF ABFRACTION LESIONS AND THEIR SIGNS AMONG THE POPULATION OF THE CITY OF VOLGOGRAD

**A. Imanmalikova  
M. Kabytova  
G. Kantaria  
E. Admaev**

*Summary.* In recent years, a large number of studies have been conducted on the development of non-carious lesions due to increased stress on the hard tissues of the teeth. We considered such pathogenetic and clinical aspects of the development of an abfraction defect as: increased tooth abrasion, bruxism, occlusion features, large occlusal load, overestimated orthopedic structures. We analyzed the relationship between the prevalence of abfraction-type pathologies and an increase in life expectancy.

*Keywords:* non-carious lesions; abfraction; abrasion of teeth; hard tissues of the tooth; inflammation; defect.

**Иманмаликова Аминат Хаджимурадовна**  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный  
медицинский университет»  
aimanmalikova@bk.ru

**Кабытова Мария Викторовна**  
К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный медицинский университет»  
tashan.hoi@mail.ru

**Кантария Гванца Отариевна**  
Ординатор, ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный медицинский университет»  
gvantsa\_15@mail.ru

**Адмаев Егор Вячеславович**  
Ординатор, ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный медицинский университет»  
egor199804@mail.ru

*Аннотация.* В последние годы было проведено большое количество исследований о развитии некариозных поражений вследствие повышенной нагрузки на твердые ткани зубов. Рассмотрели такие патогенетические и клинические аспекты развития абфракционного дефекта, как: повышенное стирание зубов, бруксизм, особенности прикуса, большая окклюзионная нагрузка, завышенные ортопедические конструкции. Проанализировали взаимосвязь частоты распространенности патологий абфракционного типа с увеличением продолжительности жизни.

*Ключевые слова:* некариозные поражения; абфракция; стираемость зубов; твердые ткани зуба; воспаление; дефект.

### Введение

**В** современной стоматологии существует много различных гипотез о причинах возникновения абфракционных дефектов. Вопрос происхождения абфракционных дефектов вызывает большое количество споров, мнений и вопросов среди врачей и ученых. Эта проблема требует особого внимания. Для проведения успешного лечения важно иметь четкое представление об этиологии данного некариозного поражения твердых тканей зубов. Это поможет, во-первых, устранить саму причину развития абфракционного дефекта, и, во-вторых, понять механизм его образования.

Все это позволит повысить эффективность лечения. Необходимо помнить о тесной связи абфракции с другими некариозными пришеечными поражениями.

Под «абфракцией» понимают микротрещины, микросколы представляющие собой некариозные поражения эмали в форме клина, которые возникают из-за длительного воздействия боковых окклюзионных нагрузок.

В зарубежной литературе под термином «абфракция» понимают потерю твердых тканей зубов вследствие их функциональной перегрузки и образования микротрещин [1, 2].

Первоначально абфракцию связывали с неправильным способом применения зубной щетки и ее подбором. Но эта теория не объясняла следующее: возникновение дефектов на лингвальных или апроксимальных поверхностях зубов, там, где зубной щетке сложно проникнуть; развитие абфракции лишь на некоторых, а не на всех зубах; увеличение числа дефектов. И это несмотря на то, что применяли зубные щетки различной жесткости и проводили тщательный подбор средств индивидуальной гигиены [3, 4].

Существует теория, что абфракция связана с стираемостью твердых тканей зубов с возрастом.

Еще одна теория связывает абфракционные дефекты со стрессом, в результате которого возникают изгибающие напряжения в области шеек зубов. Установлено, что в результате биомеханического перенапряжения при динамической функции (жевании) и статическом сжатии (глотании или бруксизме) может произойти образование дефекта [5].

На сегодняшний день актуальной является теория пьезоэлектрического эффекта — в зубе возникает напряжение на изгиб из-за воздействия атипичных окклюзионных нагрузок.

Еще одной причиной абфракционных дефектов считают парафункцию языка, недостаточный объем ротовой полости, суженные челюсти, глубокий прикус — все это вызывает в разной степени латеральную нагрузку на зубы [6, 7].

В современной медицине в результате всех вышеперечисленных факторов возникновения абфракционных дефектов был введен термин «биокоррозия», охватывающий все формы биохимической, химической и электрохимической деградации.

Абфракцию также рассматривают, как микроперелом зубного вещества в местах повышенной концентрации напряжения [8].

## Цель

Изучить частоту встречаемости абфракционных поражений и их признаков среди населения города Волгограда.

## Материалы и методы исследования

Для изучения частоты встречаемости абфракционных дефектов среди населения города Волгограда было проведено клиническое обследование 40 пациентов, из них 23 мужчин и 17 женщин. Средний возраст паци-

ентов составил  $45,2 \pm 2,1$  лет. Выбор данной возрастной группы обусловлен тем, что стирание твердых тканей зубов происходит физиологически с увеличением продолжительности жизни. В ходе функционирования бугорки зубов сглаживаются, формируются фасетки стирания, объем эмали уменьшается и обнажается поверхность дентина, а также возрастает распространенность рецессии десен с обнажением участков, находящихся в норме ниже уровня десен.

Стоматологическое обследование включало в себя осмотр полости рта, определение типа прикуса, выявление супраконтактов. Для оценки состояния гигиены полости рта всем пациентам определяли гигиенический индекс ОНI-S (Грину-Вермильон, 1964) и папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс РМА (Parma, 1960).

При сборе анамнеза выявляли наличие хронической соматической патологии, наличие вредных привычек. В ходе беседы с пациентами спрашивали о применяемых средствах для индивидуальной гигиены полости рта. Пациентам было предложено продемонстрировать свои мануальные навыки чистки зубов.

## Результаты исследования и их обсуждение

Для определения гигиенического состояния полости рта использовался индекс гигиены по Грин-Вермильону, позволяющий получить количественную оценку зубного налета и зубного камня.

У 23 человек (57,5%) индекс гигиены составил 1,66. Подобная клиническая картина характерна для пациентов с плохим уровнем гигиены полости рта.

У 15 человек (37,5%) индекс гигиены составил 3. Подобная клиническая картина характерна для пациентов с очень плохим уровнем гигиены полости рта.

У двух человек (5%) — зубной налет и зубной камень не выявлены. Подобная клиническая картина характерна для пациентов с хорошим уровнем гигиены полости рта.

Общее гигиеническое состояние полости рта обследованных пациентов оценено как «неудовлетворительное», причем, стоит отметить, что показатели среди женщин и мужчин существенно не различаются.

Главная причина развития кариеса в пришеечной области зуба — несоблюдение основных правил гигиенического ухода за полостью рта, которое, в свою очередь, приводит к накоплению зубного налета. Впоследствии,

развивается повышенная чувствительность зубов, сопровождающаяся болевой реакцией на механически раздражители, что затрудняет произвести правильную чистку.

Прогрессирующая убыль эмали и дентина зубов связана с чрезмерным механическим воздействием жестких зубных щеток, отбеливающих зубных порошков и паст, имеющих повышенную абразивность. Также, основную роль в эрозивно-абразивном износе тканей зуба отводят нерациональной технике чистки зубов — преобладанию горизонтальных движений. Согласно теории механического сошлифовывания (абразии) зубов, дно дефекта с гладкими закругленными краями, на котором отчетливо видны ее следы как результат неправильной техники чистки зубов.

При проведении контролируемой чистки зубов практически все пациенты не справились. Многие из них чистили зубы в произвольном порядке, чаще всего совершая горизонтальные движения по вестибулярной поверхности зубов.

У 15 из опрошенных есть электрическая зубная щетка, которой они не умеют правильно пользоваться. О том, что зубы необходимо чистить с оральной поверхности знали единицы.

Из 40 обследуемых пациентов только 8 владеют стандартной техникой чистки зубов. Дополнительными средствами гигиены, которыми пользуются 4 человека — это ирригатор и зубная нить.

Из зубных паст большинство предпочитает отбеливающие, причем, пользуются ими на протяжении длительного срока.

Пародонтит различной степени тяжести диагностирован у 32 человек (80%), гингивит — у 8 человек (20%).

Для определения протяженности и тяжести гингивита и воспалительной реакции в десне использовался папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс (РМА).

У 16 человек (40%) интенсивность воспалительного процесса при пародонтите составляет 55%. Подобная клиническая картина характерна для пациентов с тяжелой степенью гингивита.

У 12 человек (30%) интенсивность воспалительного процесса при пародонтите составляет 41%. Подобная клиническая картина характерна для пациентов со средней степенью гингивита.

У 12 человек (30%) интенсивность воспалительного процесса при пародонтите составляет 20%. Подобная

клиническая картина характерна для пациентов с легкой степенью гингивита.

Для снижения активности течения воспалительных заболеваний пародонта необходимость проводить лечебно-профилактические мероприятия: санитарно-просветительская работа; контроль за качеством чистки зубов; гигиенический уход за полостью рта; своевременная санация полости рта; диспансерное наблюдение. Это позволит уменьшить процент пародонтальных абсцессов.

У большинства пациентов при обследовании были выявлены некариозные поражения: у мужчин 75%, у женщин — 60%. Из 40 человек выявлено у 12 человек (15%) — 7 мужчин и 5 женщин — наличие абфракционных дефектов. Премоляры и резцы чаще всего поражаются некариозными поражениями. Причем, нижние премоляры подвержены более тяжелым некариозным пришеечным поражениям, чем верхние.

В основном, абфракционные поражения возникают на щечных поверхностях. Они имеют V-образную или клиновидную форму с четко определяемыми внешними и внутренними углами. Сопутствующие абразивные или эрозивные факторы способны изменить клиническую картину данных поражений. Глубина абфракционных поражений может быть больше, чем их ширина. Это обусловлено стадией развития этих поражений и наличием других причинных факторов [9, 10].

У двух пациентов были обнаружены абфракционные поражения, расположенные ниже уровня десны — в местах недоступных для зубной щетки и других приспособлений.

У 8 обследованных пациентов (20%) — 5 мужчин и 3 женщины — клиновидные дефекты обнаружены на премолярах и на клыках нижней челюсти.

Глубокие клиновидные дефекты составляют 5% (2 мужчин) с характерным патологическим процессом глубоких слоев дентина зуба при сохранении гладких и блестящих краев дефекта. Также, у одного из них было поражение кариеса.

Клинически у пациентов определялся дефект, расположенный в зоне эмалево-цементной границы; «нестандартной» формы в виде «перевернутого клиновидного дефекта». По форме дефект напоминает ступеньку или уступ и локализуется в области шейки зуба. Пациенты предъявляли жалобы на активную гиперестезию твердых тканей зуба в зоне дефекта. Это связано с достаточно большой убылью твердых тканей зуба и обнажением поверхности дентина.

Для определения патологической стираемости зубов и наличия супраконтактов использовали их маркировку копировательной бумагой.

Окклюзионные фасетки истирания считаются показателем абфракции. Однако, стоит заметить, что не у всех зубов с некариозными пришеечными поражениями наблюдаются фасетки истирания и, напротив, не у всех зубов с фасетками истирания имеются некариозные пришеечные поражения.

Повышенное стирание зубов определялось как у мужчин, так и у женщин — 12 мужчин (60%) и 8 женщин (40%). С возрастом интенсивность увеличивается. Это объясняется перераспределением жевательной нагрузки, развитием частичной вторичной адентии и парафункциями жевательных мышц. Наличие и размеры окклюзионных фасеток истирания нужно соотносить с возрастом пациента. Стирание разнообразных поверхностей зубов возникает из-за применения неправильной конструкции несъемных и съемных протезов. Чаще стираются зубы, являющиеся опорными для кламмеров.

Два пациента нуждаются в рациональном протезировании жевательной группы зубов — при пережевывании пищи происходит неправильное распределение жевательной нагрузки.

У 6 пациентов есть жалобы на болезненность в области жевательных и височной мышц в утренние часы после пробуждения. При осмотре полости рта режущие края резцов стертые, на поверхности эмали зубов имеются трещины, болезненность при пальпации жевательных мышц. Все вышеперечисленные признаки являются характерными при бруксизме.

Около 40% имеют прямой прикус. При таком строении зубного ряда поверхность боковых и края режущих зубов постепенно стирается. Чем больше стирается эмаль, тем быстрее действует разрушающий процесс.

При объективном исследовании пораженной области определялось отсутствие признаков кариозного поражения дентина и эмали, следы абразивного воздействия, пигментация эмали в пораженной области. Воспалительные явления в маргинальном пародонте отсутствуют, при этом отмечается утолщение десневого края в виде валика и его рецессия.

## ВЫВОДЫ

С учетом многофакторной природы абфракционных поражений и изменчивости самих факторов, задействованных в данном заболевании, необходимо учесть все потенциальные причинные факторы при обследовании пациента с пришеечными поражениями твердых тканей зуба, а также учесть гистологическую структуру тканей зубов.

В основном, распространенность некариозных поражений, вызванных повышенной окклюзионной нагрузкой, с возрастом существенно увеличилась, что может быть обусловлено нарушением адаптации, развитием частичной вторичной адентии и прогрессированием травматической окклюзии. Окклюзионные силы при глотании и жевании составляют приблизительно 40% от максимальной силы при кусании. Длительность и величина таких сил во время бруксизма значительно больше, чем во время функциональной активности. Вполне вероятно, что парафункция впоследствии приведет к развитию абфракции.

По данным современной литературы известно, что окклюзионные фасетки истирания могут являться показателем абфракции, так как они показательны для контакта зубов-антагонистов [10]. Стоит отметить, что не все зубы с фасетками истирания имеют пришеечные поражения и что не все зубы с некариозными пришеечными поражениями имеют фасетки истирания. В добавлении к этому, необходимо соотносить возраст пациента с наличием и размером окклюзионных фасеток истирания. Следует признать ограничение использования фасеток в качестве индикаторов бруксизма. Они могут быть как следствием стираемости зубов, связанной с бруксизмом, так и результатом абразии, окклюзионной коррозии и/или аттриции. В большинстве случаев (около 90%) наблюдаются некариозные окклюзионные и пришеечные поражения, но статистически значимых различий между числом клиновидных дефектов, связанных с окклюзией, обнаружено не было. Соответственно, необходимо учитывать многофакторную этиологию фасеток истирания. Также, анализ окклюзии имеет ограничения в связи с тем, что окклюзионные взаимоотношения, выявленные во время стоматологического исследования, могут измениться по мере прогрессирования некариозных пришеечных поражений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Experimental substantiation of the choice of the restoration method in the cervical area of teeth with abfraction defects / Y u.I. Enina, A.V. Sevbitov, A.E. Dorofeev [et al.] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. — 2019. — Vol. 10. — No 5. — P. 41–47. — EDN JRKJFQ.
2. Diagnostic algorithm of the masticatory musclehypertoniain dental patients / Y u.A. Makedonova, A.A. Vorobiev, O.N. Kurkina [et al.] // International Journal of Dentistry and Oral Research. — 2021. — T. 1. — № 2.

3. Успенская, О.А. Морфологические изменения в эмали и дентине, возникающие в отбеливании зубов / О.А. Успенская, О.В. Ганичева, Е.А. Шевченко // Эндонтия Today. — 2017. — № 4. — С. 66–68.
4. Сувырина, М.Б. Клинические аспекты абфракционных дефектов / М.Б. Сувырина, О.А. Ситникова // Научный посыл высшей школы — реальные достижения практического здравоохранения: Сборник научных трудов, посвященный 30-летию стоматологического факультета Приволжского исследовательского медицинского университета / Под общей редакцией О.А. Успенской, А.В. Кочубейник; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. — Нижний Новгород: Ремедиум Приволжье, 2018. — С. 501–506.
5. Сувырина, М.Б. Оценка распространенности некариозных поражений твердых тканей зубов у взрослого населения (на примере Амурской области) / М.Б. Сувырина, А.В. Юркевич // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2017. — № 4 (64). — С. 96–98.
6. Чуйкин, С.В. Ортодонтическое лечение детей с некариозными поражениями твердых тканей зубов / С.В. Чуйкин [и др.] // Сибирский стоматологический форум. Инновационные подходы к образованию, науке и практике в стоматологии: труды XII Всероссийской научно-практической конференции, XXII Краевой научно-практической конференции, посвященных 40-летию специальности «Стоматология» Красноярского государственного медицинского университета имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого. — Уфа: Знак. — 2018. — С. 232–237.
7. Ешиев, А.М. Стираемость твердых тканей зубов и методы ее профилактики и лечения / А.М. Ешиев, Ж.К. Пақыров // Наука, образование и культура. — 2018. — № 6 (30). — С. 48–50.
8. Зубкова, А.А. Оценка клинических аспектов появления некариозных дефектов в пришеечной области зубов у пациентов с бруксизмом / А.А. Зубкова [и др.] // Российский стоматологический журнал. — 2019. — Т. 23. — № 2. — С. 59–63. — DOI 10.18821/1728–2802–2019–23–2–59–63.
9. Ешиев, А.М. Стираемость твердых тканей зубов и методы ее профилактики и лечения [Текст] / А.М. Ешиев, Ж.К. Пақыров // Наука, образование и культура. — 2018. — № 6 (30). — С. 48–50.
10. Кавецкий, В.П. Современные подходы к комплексной диагностике бруксизма в стоматологии / В.П. Кавецкий, В.И. Долин // Стоматологический журнал. — 2019. — Т. 20. — № 4. — С. 269–273.

© Иманмаликова Аминат Хаджимурадовна ( aimanmalikova@bk.ru ), Кабытова Мария Викторовна ( mashan.hoi@mail.ru ),  
Кантария Гванца Отариевна ( gvantsa\_15@mail.ru ), Адмаев Егор Вячеславович ( egor199804@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мамаев курган, г. Волгоград

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ БЕСПЛОДИЯ И НЕВЫНАШИВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФИДНОЙ БАЛЬНЕОТЕРАПИИ

### INCREASING THE EFFICIENCY OF INFERTILITY AND MISSION TREATMENT USING SULFIDE BALNEOTHERAPY

**I. Kabulova  
L. Tsallagova**

*Summary.* The purpose of this article is to analyze the results of a study conducted in the conditions of the gynecological department of the Central District Hospital of Beslan in 116 women with reproductive disorders who underwent laparoscopic reconstructive plastic surgery on the pelvic organs (RPS at PO), regarding tubal-peritoneal infertility (TPI) and miscarriage pregnancy (MP) at the age of 24 to 41 years, using the method of sulfide balneotherapy. Blind sampling was used to form 2 groups: the main group consisted of 68 women with RPS on the pelvic organs for TPI and MP, who, along with traditional therapy, were treated with hydrogen sulfide baths; The comparison group included 48 women with RPS on PO for TPI and MP, who were treated with traditional methods of drug therapy. The analysis of the obtained results revealed that the use of the method of sulfide balneotherapy in patients with RPS for PO for TPI and MP allows to reduce the duration of successive treatment and achieve the preservation of positive dynamics and duration of regression of the pelvic adhesions.

*Keywords:* tubal-peritoneal infertility, miscarriage, hydrogen sulfide baths.

**Кабулова Ирва Вахтанговна**

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»*

*Министерства здравоохранения Российской Федерации; м.н.с., ИБМИ ВНЦ РАН; г. Владикавказ*

**Цаллагова Лариса Владимировна**

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия»*

*Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующая отделом, ИБМИ ВНЦ РАН г. Владикавказ*

*akusherstvo\_1@mail.ru*

*Аннотация.* Целью данной статьи является анализ результатов проведенного в условиях гинекологического отделения ЦРБ г. Беслана исследования 116 женщин с нарушениями репродуктивной функции, перенесших лапароскопические реконструктивно-пластические операции на органах малого таза (РПО на ОМТ), по поводу трубно-перитонеального бесплодия (ТПБ) и невынашивания беременности (НБ) в возрасте от 24 до 41 года, с использованием метода сульфидной бальнеотерапии. Методом слепой выборки было сформировано 2 группы: основную группу составили 68 женщин с РПО на органах малого таза по поводу ТПБ и НБ, которым наряду с традиционной терапией применялись сероводородные ванны; в группу сравнения входили 48 женщин с РПО на ОМТ по поводу ТПБ и НБ, лечение которых проводилось традиционными методами лекарственной терапии. Анализ полученных результатов выявил, что использование метода сульфидной бальнеотерапии у пациенток с РПО на ОМТ по поводу ТПБ и НБ позволяет сократить сроки преемственного лечения и добиться сохранения положительной динамики и длительности регресса спаечного процесса малого таза.

*Ключевые слова:* трубно-перитонеальное бесплодие, невынашивание беременности, сероводородные ванны.

### Введение

**В** медицине достигнуто много успехов в лечении хронических воспалительных процессов органов малого таза, осложненных бесплодием и невынашиванием беременности, но несмотря на это частота нарушений репродуктивной функции не только не снижается, но, напротив, отмечается медленный и неуклонный рост [1]. Важным аспектом терапии данной категории больных наряду с лечебно-диагностическими операциями по лизису спаек и реконструктивно-пластической хирургии малого таза, является купирование воспалительного процесса и реабилитация репродуктивной функции. Среди осложнений

в послеоперационном периоде наиболее значимыми являются остаточный стойкий болевой синдром (21–80%), нарушения репродуктивной функции (75–82%), обусловленные как изменениями эндокринного статуса, так и трубно-перитонеальными факторами, нарушение психо-эмоциональной сферы и снижение качества жизни больных [2].

Низкая эффективность проводимой медикаментозной терапии и значимое снижение качества жизни пациенток с перенесенными РПО на ОМТ по поводу ТПБ и НБ инфекционно-воспалительного генеза требует поиска новых, перспективных методов немедикаментозного лечения, в частности, с учетом региональных особенностей

стей Республики Северная Осетия -Алания и ее природных ресурсов [3,4,5]. Одним из основных путей повышения эффективности и интенсификации лечения данной категории пациенток является использование природных факторов, а именно сульфидных ванн местного месторождения «Редант-4», обладающих целым рядом противовоспалительных эффектов [6,7].

Все это явилось предпосылкой к изучению эффективности применения сероводородной бальнеотерапии в качестве комбинированного метода лечения больных с нарушениями репродуктивной функции.

### Цель исследования

Повышение эффективности лечения бесплодия и невынашивания беременности с применением бальнеологических факторов местного месторождения.

### Материалы и методы

В условиях гинекологического отделения ЦРБ г. Беслана было проведено комплексное динамическое обследование 116 больных в возрасте от 24 до 41 года с нарушениями репродуктивной функции (ТПБ и НБ) и тазовыми болями различной интенсивности.

Все больные в зависимости от применяемых лечебных мероприятий были разделены на 2 группы.

*Основную группу* составили 68 женщин с РПО на органах малого таза по поводу ТПБ и НБ, которым наряду с традиционной терапией применялись сероводородные ванны; в *группу сравнения* входили 48 женщин с РПО на ОМТ по поводу ТПБ и НБ, лечение которых проводилось традиционными методами лекарственной терапии. Медикаментозный комплекс включал в себя применение энзимотерапии (вобэнзим и др.), циклическую витаминотерапию (фолиевая кислота 5 мг/сут в фазу пролиферации менструального цикла, аскорбиновая кислота 100 мг/сут — в лютеиновую фазу; витамин Е 100 мг/сут в течение 3 мес. и витамины группы В), препаратов, устраняющих нарушения в микробиоценозе кишечника и влагалища (антимикотические средства: флюкостат, тержинан, ацилакт в течении 7–14 дней).

Пациентки исследуемых групп наблюдались до лечения и через 1–12 месяцев после лечения, при этом отдаленные результаты лечения оценивались у 112 (94%) больных сроком от 3 до 12 месяцев путем повторных амбулаторных приемов в женской консультации.

Система обследования включала в себя как общеклинические, так и специальные методы исследования.

При гинекологическом исследовании определяли состояние кожных покровов и видимых слизистых оболочек наружных половых органов, слизистых оболочек влагалища и влагалищной части шейки матки; при бимануальном исследовании оценивали наличие болезненности и увеличения матки и ее придатков, а также степень их подвижности.

Ультразвуковое исследование органов малого таза (УЗИ) позволяет диагностировать хронические воспалительные процессы в малом тазу, наличие жидкости в маточных трубах (гидро- и пиосальпинкс), выявлять спаечные процессы в малом тазу, изменения структуры яичников, изменение эндометрия. Трансвагинальная эхография практически является скрининговым методом достоверной неинвазивной диагностики. УЗИ до начала лечения, а так же для динамической оценки эффективности лечения всем больным проводили с помощью аппарата Philips-HD-3.

Допплеровское измерение кровотока проводили в маточных артериях на 5–8 день цикла до начала и после окончания лечения. В настоящее время общепризнано, что наиболее достоверным, безопасным и простым методом неинвазивной диагностики поражений сосудов является ультразвуковая доплерография, которая может быть использована также для динамической оценки эффективности консервативного лечения.

Гистеросальпингографию с целью оценки анатомического состояния матки, маточных труб, их проходимости, выявления возможных аномалий и пороков развития больным, страдающим бесплодием, для оценки состояния матки, маточных труб и выявления спаечного процесса в малом тазу на 19–23 менструального цикла проводили с использованием водных растворов контрастных веществ (верографина) по общепринятой методике.

Диагностическая лапароскопия с целью оценки анатомического состояния маточных труб, матки, яичников была проведена 62 больным лапароскопом фирмы «Storz» после ультразвукового сканирования и гистеросальпингографии.

Определение уровней гонадотропных гормонов гипофиза (ЛГ, ФСГ, пролактин) и гормонов яичников (эстрадиола, прогестерона) в сыворотке крови проводилось методом иммуноферментного анализа (ИФА).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием общепринятых методов параметрической и непараметрической статистики с помощью стандартного пакета программ прикладного статистического анализа «STATGRAFICS FOR WINDOWS», оте-

Таблица 1. Результаты ультразвукового исследования исследуемых больных

Характер изменений	Количество больных	%
Спаечный процесс в малом тазу	78	69,1
Увеличение размеров яичников	65	45,6
Неоднородность структуры яичников	84	71,8

чественного программного продукта «STADIA» и пакета «EXCEL», применяли разностный метод с вычислением t-критерия по Стьюденту-Фишеру и критерии достоверности различий в результатах исследований (р).

### Результаты и обсуждение

В соответствии с поставленной задачей было проведено обследование и лечение 116 больных, перенесших РПО по поводу ТПБ и НБ инфекционно-воспалительного генеза в раннем и позднем послеоперационном и послеабортном периодах. Обращает на себя внимание высокий процент (61,8%) перенесенных больными экстрагенитальных заболеваний и оперативных вмешательств. 66,2% пациенток в анамнезе перенесли различные гинекологические заболевания и оперативные вмешательства. У 62,5% имели место кольпиты различной этиологии; у 45% — эрозия шейки матки; у 57,5% — аборт, у 34,5% — самопроизвольные выкидыши; у 13,7% — операции, проведенные по поводу ретенционных кист яичника, у 5% пациенток по поводу трубной беременности; у 2,5% — апоплексии яичника; у 1,3% пациенток — кесарево сечение, вскрытие абсцесса бартолиниевой железы — у 1,3% пациенток. Причинами возникновения воспалительного процесса у 57,5% женщин являлись аборт, у 9,7% — патологические роды и осложнения послеродового периода, у 11,3% — резкое переохлаждение, у 9,4% -оперативные вмешательства (аппендэктомия, тубэктомия, кесарево сечение).

Основными жалобами у наблюдаемых женщин были боли в нижних отделах живота и пояснично-крестцовой области, нарушение менструальной, генеративной функций, изменение общего самочувствия. У 87,5% наблюдаемых женщин имели место боли внизу живота и пояснично-крестцовой области различной интенсивности, преимущественно ноющего тянущего характера, несвязанные с фазами менструального цикла; у 45,7% из них отмечалась иррадиация болей в область заднего прохода и внутреннюю поверхность бедер. У 48,6% больных они возникали периодически, у 51,4% боли были имели постоянный характер.

Нарушения менструального цикла отмечали большинство (71,3%) обследованных женщин, причем беспокоили они уже 6 месяцев — 3 года до начала обследования, наиболее часто встречающимися формами

нарушения являлись альгоменорея, гипоменорея а также нарушение цикличности менструаций. Фертильная функция была нарушена у 82% обследованных женщин, из них в анамнезе 53,1% пациенток имели прервавшие беременность.

Для оценки морфофункционального состояния органов малого таза пациенткам, находившимся под наблюдением, было проведено УЗИ органов малого таза. У всех наблюдаемых увеличение размеров матки не зарегистрировано. Толщина эндометрия во всех случаях наблюдения соответствовала фазе цикла и не превышала нормальных значений для той фазы цикла, в которую проводилось УЗИ (таблица 1).

Изменений конфигурации матки не отмечено, контур ее был четким и ровным. Наиболее часто у обследованных женщин при УЗИ определялась неоднородность структуры яичников, увеличение их размеров, нечеткость контуров, изменение развития фолликулов. Спаечный процесс в виде эконегативных включений вытянутой линейной формы, в основном в параметральных, параовариальных областях или в позадимадном пространстве, был диагностирован практически у всех пациенток.

Гистеросальпингография, произведенная всем больным с бесплодием с целью уточнения анатомических особенностей матки и маточных труб, позволила выявить у 62,7% спаечный процесс в малом тазу, непроходимость труб с одной или обеих сторон была установлена у 41% больных. Рентгенологические исследования подтверждали обширность и тяжесть локальных изменений и способствовали выявлению трубно-перитонеального бесплодия. Проведенная диагностическая лапароскопия выявила изменения органов малого таза воспалительного характера и спаечный процесс различной степени выраженности (таблица 2).

Анализ полученных результатов выявил существенные изменения в эндокринной системе у больных в послеабортном и послеоперационном периодах. Преобладающей формой нарушения гормональной функции яичников являлась недостаточность лютеиновой фазы менструального цикла (в 64% случаев). У 10 (8,6%) женщин имела место недостаточность обеих фаз менструального цикла.



Таблица 2. Результаты лапароскопического исследования у больных

Данные лапароскопического исследования	Абс. число	%
Перитубарные спайки	74	62,7
Периовариальные спайки	47	39,6
Вовлечение матки в спаечный процесс с придатками	53	48,3
Изменение толщины стенок маточных труб	76	61,8
Гидросальпинксы	34	31,1
Гидатиды маточных труб	35	33,2
Непроходимость маточных труб	27	24,6
Затруднение проходимости маточных труб	66	54,2
Внутриматочные синехии	7	5,9

Нормальная функциональная активность яичников была диагностирована только у 16 (14,7%) обследуемых. Базальная температура у них представляла собой двухфазный график с разницей температур 0,3–0,6–0,7° С. Вторая фаза длилась от 11 до 16 дней, что в среднем составило 13,1±0,80 дней. У пациенток данной группы слизь из цервикального канала появлялась с 6–7 дня менструального цикла, ее количество постепенно увеличивалось и к 14–16 дню достигало максимума (3+), затем количество слизи уменьшалось и она исчезала к 22–24 дню цикла.

Недостаточность лютеиновой фазы менструального цикла выявлена у 74 (64%) больных. При изучении гонадотропной функции гипофиза у пациенток с недостаточностью лютеиновой фазы цикла выявлена сохранность циклических процессов в системе гипофиз-яичник, но секреция ФСГ была снижена на протяжении всего менструального цикла.

Проводился сравнительный анализ между основной группой (68 пациенток), которым с целью реабилитации осложнений послеоперационного и послеабортного периодов применялись немедикаментозные методы лечения, в том числе сероводородные ванны Северо-Осетинского месторождения, и группой сравнения (48 пациенток), получавших только традиционное лечение. Применение сероводородных ванн оказало положительное влияние на течение ряда клинических симптомов у больных. В основной группе в результате проведенного лечения болевой синдром купировался у 54 (79,4%) пациенток. Уменьшение тазовых болей после проведенного курса лечения отмечали 23 (33,8%) больных. Интенсивность болей осталась на прежнем уровне у 8 (11,7%). Необходимо отметить, что у большинства пациенток 47 (69,1%), получавших бальнеотерапию, уменьшение интенсивности болей начиналось уже с 6–7 процедуры, полное исчезновение болей происходило к концу лечения. Параллельно с этим уменьшались или

полностью исчезали утомляемость, раздражительность, эмоциональная лабильность, нарушения сна, головные боли, повышалась работоспособность, настроение.

В группе сравнения болевой синдром купировался у 28 (59%), уменьшился у 11 (23%), остался на прежнем уровне у 15 (31%). Болеутоляющий эффект лечения в данной группе больных проявлялся в большинстве наблюдений при периодическом характере болевых ощущений. Наряду с улучшением общего состояния и проявлением выраженного анальгезирующего действия сульфидных ванн в процессе лечения наблюдалась положительная динамика и других клинических симптомов. Благоприятное влияние на менструальную функцию было отмечено у 42 из 68 (61,7%) больных основной группы. При альгоменорее, гипоменорее нормализующее действие лечения было одинаково хорошо выражено в обеих группах. Выявлено, что восстановление правильного ритма менструаций в большем проценте случаев (68,3%) отмечалось в основной группе после проведенного комплексного лечения. В группе сравнения нормализация менструальной функции была отмечена у 16 (33,3%) из 48 больных.

По данным бимануального исследования по окончании курса лечения установлено, что ранее выявляемые изменения в области придатков матки отсутствовали у 53 (77,9%) из 68 пациенток основной группы. В группе сравнения положительная динамика имела место в 40% случаев. Дальнейшее наблюдение за больными в течение 12 мес. после лечения, выявило устойчивость достигнутого анальгезирующего эффекта в основной группе больных. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о выраженном обезболивающем, противовоспалительном и рассасывающем влиянии сульфидной бальнеотерапии.

Полученные данные свидетельствуют о регулирующем влиянии восстановительного лечения с приме-

нением сульфидной бальнеотерапии на концентрацию в сыворотке крови ЛГ и ФСГ ( $p < 0,05$ ). Уровень прогестерона в лютеиновую фазу цикла достоверно повысился с  $7,14 \pm 0,35$  до  $17,03 \pm 0,87$  нг/мл ( $p < 0,01$ ) у больных основной группы в отличие от больных группы сравнения с  $8,12 \pm 0,41$  до  $10,02 \pm 0,42$  нг/мл. Снижение эстрогенной насыщенности обуславливалось уменьшением секреции эстрадиола в период овуляции и фолликулярную фазу цикла в основной группе ( $p < 0,001$ ), а также в группе сравнения ( $p < 0,05$ ).

Изучение отдаленных результатов показало, что при применении курса сероводородной бальнеотерапии число больных с рецидивами спаечного процесса в течение 12 месяцев составило 5 (7,3%) из 68 пациенток основной группы и 12 (24%) из 48 больных группы сравнения. У пациенток после бальнеотерапии положительная динамика клинической симптоматики сохранялась в течение всего периода наблюдения. Боли несколько усиливались через 7–9 месяцев, но даже через 10–12 месяцев не достигали прежней интенсивности. При сравнении средних величин показателей выраженности болевого синдрома значимых отличий показателей в основной группе не было, при всем том бальная оценка болевого синдрома в группе сравнения была в отдаленном периоде более инертна и изменялась в меньшей степени, чем у пациенток основной группы ( $p < 0,05$ ).

Были изучены основные показатели эффективности реабилитационной терапии у пациенток с бесплодием и невынашиванием беременности — это наступление беременности и его благоприятное течение. В течение года у 15% пациенток группы сравнения беременность наступила на фоне применения вспомогательных репродуктивных технологий (искусственная инсеминация-ИИ). В основной группе у 28% пациенток наступила беременность на фоне второго этапа лечения без вспомогательных репродуктивных технологий, а у 20% пациенток на фоне ИИ по собственному настоянию. Беременность в основной группе наступила у 32 (47%) пациенток, против 9 женщин (17%) группы сравнения. Анализ исходов беременностей и родов показал, что в группе сравнения родилось только 54% здоровых, доношенных детей, тогда как у всех пациенток основной группы беременность завершилась в срок в 84% случаев. В основной группе —

78% здоровых детей без признаков асфиксии, недоношенности и внутриутробной инфекции.

Таким образом, в ходе проведенного исследования были выявлены статистически значимые различия в длительности безрецидивного периода и восстановления фертильности в группе пациенток, получавших сульфидную бальнеотерапию в комплексе с традиционной терапией нарушений репродуктивной функции в виде ТПБ и НБ инфекционно-воспалительного генеза. Исползованная у пациенток с нарушениями репродукции инфекционно-воспалительного генеза схема реабилитационной терапии способствовала улучшению качества жизни, существенно повысила эффективность лечения с наступлением беременности в 47% случаев, улучшила исходы беременности с увеличением числа своевременных родов и одновременным уменьшением числа преждевременных родов.

## ВЫВОДЫ

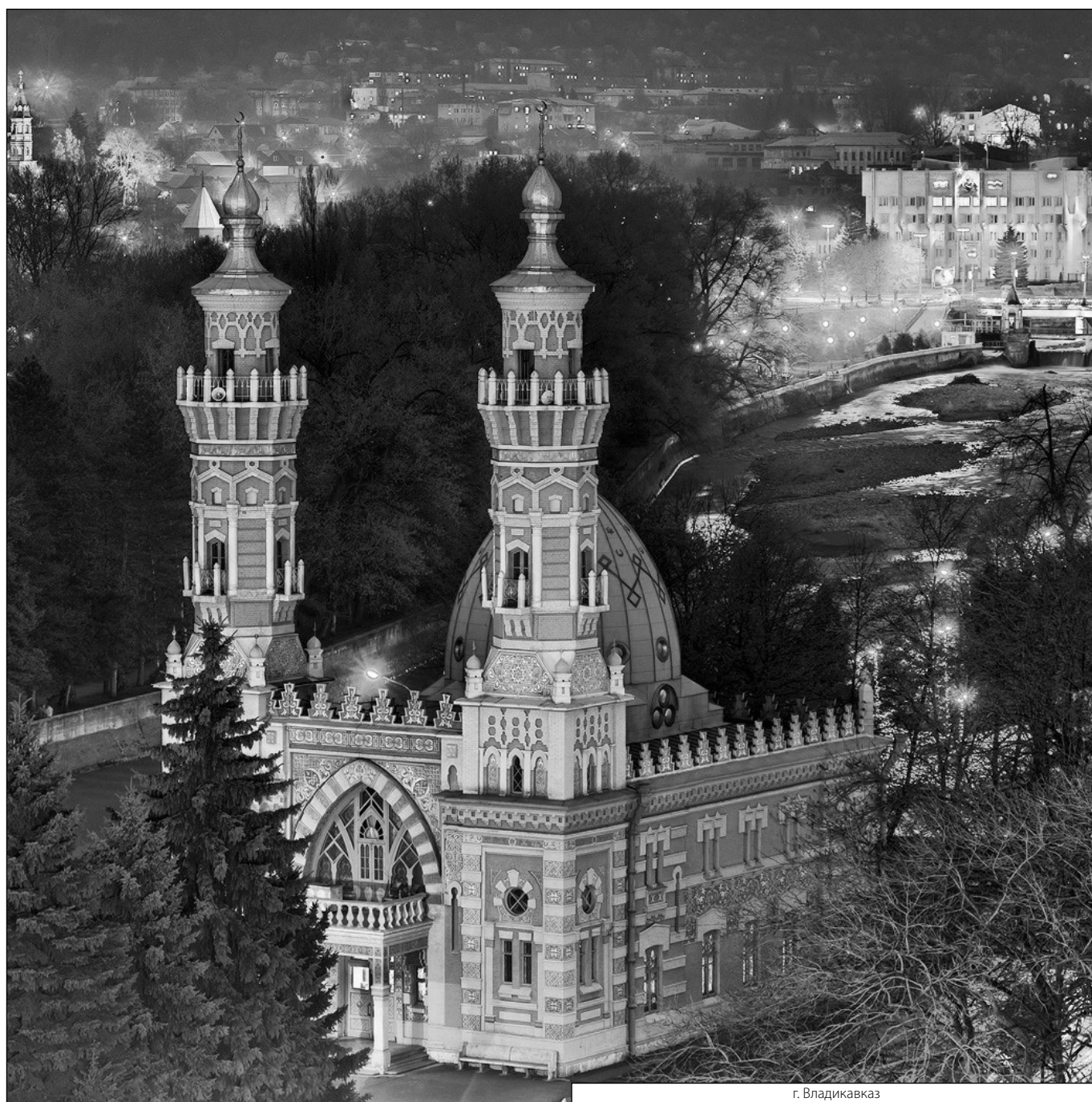
1. Использование метода сероводородной бальнеотерапии у пациенток с перенесенными РПО по поводу ТПБ и послеабортном периодах при НБ позволяет сократить сроки лечения в стационаре и добиться сохранения положительной динамики и длительности безрецидивного периода заболевания.
2. Применение курсовой бальнеотерапии сероводородными водами Северо-Осетинского месторождения в восстановительном лечении данной категории больных с осложнениями в виде болевого синдрома, бесплодия и невынашивания беременности патогенетически обосновано и эффективно.
3. Исползованная у пациенток с нарушениями репродукции инфекционно-воспалительного генеза комплексная реабилитация с применением сульфидных вод местного месторождения, способствовала улучшению качества жизни, существенно повысила эффективность лечения с наступлением беременности в 47% случаев, улучшила исходы беременности с увеличением числа своевременных родов и одновременным уменьшением числа преждевременных родов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рудова Н.К. Эффективность хирургического лечения трубно-перитонеального бесплодия по материалам гинекологического отделения МСЧ № 42 // Журнал акушерства и женских болезней. — 2006. — № 5. — С. 35.
2. Зайнетдинова Л.Ф. Восстановление репродуктивной функции у женщин с трубно-перитонеальным бесплодием, ассоциированным с актуальными генитальными инфекциями. // Человек. Спорт. Медицина. — 2010. — № 6 (182). — С. 33.
3. Царькова М.А. Комплексное лечение и профилактика рецидивов бактериального вагиноза у женщин репродуктивного возраста // Медицинский совет. 2014. № 2. С. 68–71.

4. Белокриницкая Т.Е., Фролова Н.И., Глотова Е.Ю. и др. Эффективность интравагинальной пелоидотерапии гязями Мертвого моря у женщин с бесплодием // *Акушерство и гинекология*. 2014. № 7. С. 68–73.
5. Мелкозерова О.А., Башмакова Н.В., Глухов Е.Ю. и др. Эффект ультразвуковой кавитации в восстановлении эндометрия у пациенток с хроническим эндометритом после прерывания регрессирующей беременности // *Практическая медицина*. 2015. № 1. С. 25–32.
6. Василенко Г.И., Дикке Г.Б. Курорт Мертвого моря на дому. Возможности повышения эффективности лечения трубно-перитонеального бесплодия у женщин // *Фарматека*. 2013. № 12. С. 74–79.
7. Глухов Е.Ю., Богданова А.М., Козырева Е.Н. Использование низкочастотного ультразвука в лечении пациенток с хроническим эндометритом, страдающих различными формами бесплодия // *Российский вестник акушера-гинеколога*. 2015. № 1. С. 32–37.

© Кабулова Ирва Вахтанговна, Цаллагова Лариса Владимировна ( akusherstvo\_1@mail.ru ).  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владикавказ

## АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ ГИПЕРТРОФИИ ДЕСЕН НА ФОНЕ ПРИЕМА ГИПОТЕНЗИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

### CLINICAL CASE ANALYSIS OF GINGIVAL HYPERTROPHY ON ANTIHYPERTENSIVE MEDICATION

**M. Kabytova  
O. Kharlamova  
V. Ryzhkova**

*Summary.* Among the numerous periodontal diseases a special place is occupied by pathological processes consisting in gingival proliferation. Gingival hypertrophy is a consequence of various pathogenic factors both general and local on the body. One of the causes of the pathology includes the intake of hypotensive drugs by patients with cardiovascular disease. Drug-induced hypertrophy is manifested by such characteristic symptoms as bleeding gums, supra- and sub-gingival dental deposits, hypertrophy of interdental papillae and marginal gums, and the presence of periodontal pockets. This disease requires a specific treatment algorithm from the dentist. Because of the close relationship between poor oral hygiene and proliferative processes in periodontal tissues, great attention should be paid to the observance of individual oral hygiene of the patient. Performing professional oral hygiene and monitoring the effectiveness of the patient's individual hygiene are the main points in the treatment plan for hypertrophic gingival overgrowth. But without changing the drug-inducer, a complete recovery of the patient is impossible, as there is a high probability of recurrence of the disease. Only with the cooperation of the dentist and the treating cardiologist can a successful treatment of the patient be expected. This paper presents a clinical case of gingival hypertrophy caused by taking calcium channel blockers.

*Keywords:* medicinal gum hypertrophy, periodontitis, hygiene.

**Кабытова Мария Викторовна**

*К.м.н., доцент, Волгоградский государственный  
медицинский университет  
tashan.hoi@mail.ru*

**Харламова Ольга Владимировна**

*Волгоградский государственный медицинский  
университет  
olgakriushina1999@mail.ru*

**Рыжкова Варвара Ивановна**

*Волгоградский государственный медицинский  
университет  
varyaR99@yandex.ru*

*Аннотация.* Среди многочисленных заболеваний пародонта особое место занимают патологические процессы, заключающиеся в пролиферации десен. Гипертрофия десен является последствием действия на организм различных патогенных факторов как общих, так и местных. К одной из причин патологии относится прием гипотензивных препаратов пациентами с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Лекарственная гипертрофия проявляется такими характерными симптомами как: кровоточивость десен, над- и поддесневые зубные отложения, гипертрофия межзубных сосочков и маргинальной десны, наличие пародонтальных карманов. Данное заболевание требует от врача-стоматолога определенного алгоритма лечения. Из-за тесной взаимосвязи плохого гигиенического состояния ротовой полости и пролиферативных процессов в тканях пародонта, большое внимание должно уделяться соблюдению индивидуальной гигиены полости рта пациента. Проведение профессиональной гигиены полости рта и контроль эффективности индивидуальной гигиены пациента — главные пункты в плане лечения гипертрофического разрастания десны. Но без смены препарата-индуктора полное выздоровление пациента невозможно, так как имеется большая вероятность рецидивов заболевания. Только при взаимодействии врача-стоматолога и лечащего врача-кардиолога можно рассчитывать на успешное лечение пациента. В данной работе представлен клинический случай возникновения гипертрофии десен на фоне приема блокаторов кальциевых каналов.

*Ключевые слова:* лекарственная гипертрофия десен, пародонтит, гигиена.

**В**оспалительные заболевания пародонта занимают лидирующее место по обращаемости среди пациентов. Все чаще пациенты обращаются с жалобами на разрастание десны. Необходимо отметить увеличение случаев лекарственной гипертрофии десен. Основной группой пациентов с данной патологией являются люди 60 лет и старше. Это связано с увеличением продолжительности жизни и ростом гериатрических пациентов. В связи с полиморбидной нагрузкой у данной

категории пациентов и приемом препаратов различных групп, например, блокаторы кальциевых каналов, иммунодепрессанты, антиконвульсанты наиболее частым осложнением при приеме данных препаратов является лекарственная гипертрофия десен. Данные препараты обладают совершенно разным фармакологическим действием, но, несмотря на это, одинаково воздействуют на ткани пародонта, в особенности на эпителий десны, вызывая его гиперплазию. [1 с.74–75]



Рис. 1. Ортопантомограмма пациентки М. на момент обращения в клинику

Механизм возникновения лекарственной гипертрофии до конца не ясен. Известно, что при приеме гипотензивных препаратов в основном он связан с блокадой прохождения ионов кальция через мембрану фибробластов десны. [2] Это приводит к перемене активности фермента, участвующего в разрушении пептидных связей коллагена (коллагеназа), а также изменению самого гомеостаза клеток. Расщепление коллагена замедляется, из чего следует его избыточное накопление в тканях десны. Частота осложнения в виде гипертрофии десны у пациентов, принимающих препараты данной группы равна 18–25%. Следует отметить, что вместе с приемом гипотензивных препаратов к избыточному росту ткани десен приводит неудовлетворительная гигиена полости рта пациента. Это также является важным звеном для возникновения сочетанных патологий пародонта. Существует связь между плохой гигиеной полости рта, воспалением в тканях пародонта и выраженностью разрастания десен.

Помимо воспаления десны, у пациентов данной категории возникает пародонтит, который сопровождается образованием карманов, горизонтальной резорбцией альвеолярной кости, убылью межальвеолярных перегородок. [3]

Поэтому необходимо своевременно проводить комплексное лечение, включающее в себя не только стоматологическую помощь (терапевтическую и хирургическую), но и помощь специалиста-кардиолога для корректировки или смены препарата. Положительная динамика лечения может наблюдаться при применении препаратов, содержащих бактериофаги. Действие основано на вирусах, избирательно поражающих бактерии. В результате избирательного действия препараты не нарушают нормальную микрофлору полости рта, способствуют ее улучшению, и не воздействуют на органы

и системы организма. Лечение гипертрофии десен охватывает достаточно большой промежуток времени, поэтому требует от пациента мотивации и дисциплины, что необходимо для достижения хороших результатов. [4]

Провести анализ клинического случая лекарственной гипертрофии десен на фоне постоянного приема антигипертензивных препаратов.

Пациентка М., 65 лет, обратилась с жалобами на разрастание десен, кровоточивость при чистке зубов и приеме твердой пищи, неприятный запах изо рта. Со слов пациентки, данная проблема оказывает значительное влияние на качество ее жизни. Из анамнеза отмечает ухудшение состояния десен в последний месяц. За пародонтологической помощью ранее не обращалась. Около 10 лет назад было проведено ортопедическое лечение. При сборе анамнеза отмечает наличие гипертонической болезни, на постоянной основе принимает препараты следующих фармакологических групп: блокатор кальциевых каналов,  $\beta$ -адреноблокатор, ингибитор ангиотензинпревращающего фермента. Коррекции гипотензивной терапии в течении длительного времени не проводилось. Аллергические реакции на лекарственные средства отрицает. Также проводилась оценка состояния гигиены полости рта.

Результатами объективного осмотра и клинико-рентгенологического обследования явились:

- ◆ неудовлетворительная гигиена полости рта;
- ◆ обильные над- и поддесневые зубные отложения;
- ◆ гипертрофия десен;
- ◆ кровоточивость десен при зондировании и самопроизвольная;
- ◆ наличие пародонтальных карманов глубиной до 5 мм;



Рис. 2. Состояние полости рта на момент обращения

- ◆ гнойное отделяемое из пародонтальных карманов;
- ◆ деструктивные процессы в костной ткани альвеолярного отростка вертикального типа в области первых моляров, а также в области премоляров верхней челюсти;
- ◆ вовлеченность фуркаций (II тип) (Рис. 1).

Комплекс лечебных мероприятий по ведению пациента был разбит на несколько этапов, в соответствии с тяжестью процесса и результатами клинических и рентгенологических методов обследования. Протокол лечения пациента осуществляли в соответствии с клиническими рекомендациями (протоколы лечения) при диагнозе пародонтит.

На первом этапе комплексного лечения проводилась:

- ◆ профессиональная гигиена полости рта с использованием ультразвукового аппарата «DTE»;
- ◆ обучение индивидуальной гигиене рта;
- ◆ противовоспалительная терапия согласно клиническим рекомендациям.

На втором этапе лечения планируется хирургическое вмешательство на тканях пародонта с целью коррекции гипертрофии десны.

Пациентке в дополнение общепринятой медикаментозной терапии было назначено применение геля с бактериофагами для десен «Фагодент» с целью коррекции микрофлоры полости рта. Рекомендовано нанесение геля на десну ежедневно на протяжении двух недель.

Клиническую оценку проводили на основании данных осмотра, пальпации. До начала лечения оценивали гигиенический индекс ОНI-S (Green, Vermillion, 1964). Для

оценки воспаления определяли индекс РМА (С. Parma, 1960), определяли глубину пародонтальных карманов. Также пациентке определяли индекс кровоточивости (Muhlemann H.R., Cowel I). Результаты лечения оценивали на 7, 14 сутки и через 1 месяц.

#### Результаты исследования и их обсуждение (Results and discussions)

Пациентка до начала лечения предъявляла жалобы на разрастание десен, кровоточивость при чистке зубов и приеме твердой пищи, неприятный запах изо рта (Рис. 2). Также данная проблема оказывает значительное влияние на качество жизни пациентки.

Гигиенический индекс ОНI-S составил 1,7 баллов, из чего следует неудовлетворительная гигиена полости рта. РМА (папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс) равен 52%, что говорит о гингивите средней степени тяжести. По результатам измерения пародонтальных карманов их глубина составила 3,7 мм., что свидетельствует о наличии пародонтита средней степени тяжести. Индекс кровоточивости по Мюллерману (ИК) равен 1,8 баллов (соответствует среднему воспалению в тканях пародонта).

При осмотре полости рта через 1 неделю отмечается положительная динамика. Сохраняется незначительная гиперемия десны, её поверхность имеет бугристую форму. При подсчете индексов получены следующие изменения: индекс РМА составил 39% (средняя степень тяжести гингивита), что свидетельствует о снижении воспалительного процесса в тканях пародонта. Гигиенический индекс ОНI-S составил 1,4 балла, что говорит об улучшении гигиенического состояния полости рта (гигиена удовлетворительная). Уменьшилась глубина пародонтальных карманов (до 3,6 мм). Снизилась кро-

воточивость десен (ИК=0,8). Пациентка отмечает отсутствие дискомфортных ощущений во время приёма пищи и чистки зубов.

Через 2 недели при осмотре отмечено повышение уровня гигиены полости рта пациентки (гигиенический индекс ОНI-S=1,3). Объем гипертрофированной, воспаленной десны заметно уменьшился, о чём свидетельствует папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс (РМА=35%). Отмечается снижение кровоточивости десен (ИК=0,3). Уменьшилась глубина пародонтальных карманов (3,5 мм).

Пациентка направлена на хирургическое лечение.

После проведенного лечения через месяц у пациентки выявляется значительное улучшение состояния пародонтальных тканей. Десна на большем участке бледно — розового цвета, имеет гладкую поверхность. Индекс РМА = 3,5%, отмечен локализованный гингивит легкой степени тяжести. Глубина пародонтальных карманов до 3,5 мм, кровоточивость и гнойное содержимое отсутствует. Уровень гигиены полости рта хороший (ОНI-S =0,48)

Стоматологическое здоровье индивидуума значительно влияет на качество его жизни. Патологические состояния пародонта являются социально значимой проблемой значительно ухудшаю эстетику лица, качество питания, влияют на психику и поведение человека в обществе. Заболевания пародонта имеют полиэтио-

логическую природу возникновения. По этой причине необходимо учитывать все риски возникновения заболевания в процессе лечения. [5]

Приведенный клинический случай возникновения патологии обусловлен длительным приемом гипотензивных средств. Примерно в 20% процентов случаев у пациентов с гипотензивной терапии возникают гипертрофические изменения десны. Чаще всего среди гипотензивных средств гиперпластические процессы вызывают препараты группы блокаторов кальциевых каналов.[6,7] Помимо негативного действия гипотензивных препаратов на патологию тканей пародонта могли так же оказать влияние плохой уровень гигиены, воспалительные изменения в тканях пародонта, а также генетическая предрасположенность и возраст пациентки. [8]

Лечение должно быть направлено на снятие воспалительных процессов, нормализацию микрофлоры полости рта и устранение гиперпластических изменений десневой ткани. Оно должно иметь комплексный подход с сочетанием терапевтического, хирургического и ортопедического лечения, а для большей эффективности необходима коррекция гипотензивной терапии врачом кардиологом.[9,10] Немаловажную роль также имеет мотивация и психологическая подготовка пациента к процессу длительного лечения, обсуждение необходимости поддержания хорошего гигиенического состояния полости рта и регулярное посещения врача-стоматолога. Соблюдение всех факторов является основой успешного лечения патологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тиунова Н.В., С.М. Толмачева, Л.В. Вдовина, Е.Ю. Иванченко // Тактика ведения пациента при гипертрофии десны на фоне приема антигипертензивных препаратов //Dental Forum. — 2021. — № 4(83). — С. 74–75.
2. Bán, Ágnes et al. "[Proper oral health can protect from developing gingival hyperplasia induced by calcium channel blockers]." Orvosi hetilap 159 29 (2018): 1183–1187.
3. Brochet MS, Harry M, Morin F. Nifedipine Induced Gingival Hyperplasia in Pregnancy: A Case Report. Curr Drug Saf. 2017.
4. Dorri M. Periodontal diseases: New classification for periodontal diseases. BDJ. 2018;225(8):686.
5. Makkar H., Reynold M.A., Wadhawan A., Dagdag A., Merchant A.T., Postolache T.T. Periodontal, metabolic, and cardiovascular disease: exploring the role of inflammation and mental health. Pteridines. 2018; 29: 124–63.
6. Maurizio ST, Henry G, Kenneth SK. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. J Clin Periodontol. 2018;45(20):149–61
7. Needleman I, Garcia R, Gkraniias N, Kirkwood KL, Kocher T, Iorio AD, et al. Mean annual attachment, bone level, and tooth loss: A systematic review. J Clin Periodontol. 2018;45(20):112–29
8. Niklaus PL, Bartold PM. Periodontal health. J Clin Periodontol. 2018;45(20):9–16
9. Fiorillo L., Cervino G., Laino L., et al. Porphyromonas gingivalis, periodontal and systemic implications: a systematic review. Dent J (Basel). 2019; 7 (4): 114.
10. Winning L., Patterson C.C., Linden K., Evans A., Yarnel J., McKeown P.P., et al. Periodontitis and risk of prevalent and incident coronary heart disease events. J Clin Periodontol. 2020; 47 (12): 1446–56. Epub 2020 Nov 9

© Кабытова Мария Викторовна (mashan.hoi@mail.ru),

Харламова Ольга Владимировна (olgakriushina1999@mail.ru), Рыжкова Варвара Ивановна (varyaR99@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## СЛУЧАЙ СЕЛЕКТИВНОГО ДЕФИЦИТА ИММУНОГЛОБУЛИНА А КАК ОСЛОЖНЕНИЕ ТЕРАПИИ РИТУКСИМАБОМ

### A CASE OF SELECTIVE IMMUNOGLOBULIN A DEFICIENCY AS A COMPLICATION OF RITUXIMAB TREATMENT

**O. Moskalets**

*Summary.* The article presents a clinical case of selective IgA deficiency which gradually developed in patient with primary Sjogren's syndrome and MALT-lymphoma treated by rituximab for several years. It was associated with increased frequency of acute respiratory infections. The molecular mechanisms of secondary antibody deficiencies followed by immunosuppressive therapy are virtually unknown and are likely to be heterogenous. Assessment of serum immunoglobulin levels before rituximab and follow-up during several years after discontinuation of treatment are recommended.

*Keywords:* rituximab, complications, antibody deficiency, immunoglobulin A, Sjogren's syndrome, lymphoma.

**Москалец Оксана Владимировна**

*К.м.н., доцент, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им.*

*М.Ф. Владимирского  
6816000@mail.ru*

*Аннотация.* В статье представлено клиническое наблюдение селективного дефицита IgA, который постепенно развивался у пациентки с болезнью Шегрена и MALT-лимфомой, получавшей в течение нескольких лет ритуксимаб. Это сопровождалось увеличением частоты острых респираторных инфекций. Механизмы развития вторичного дефицита антител вследствие иммуносупрессивной терапии фактически неизвестны и, скорее всего, гетерогенны. Перед началом терапии ритуксимабом рекомендуется определять уровень сывороточных иммуноглобулинов и продолжать наблюдение в течение нескольких лет после прекращения терапии.

*Ключевые слова:* ритуксимаб, осложнения, дефицит антител, иммуноглобулин А, синдром Шегрена, лимфома.

**В** настоящее время современную клиническую медицину трудно представить без таргетной терапии. Одним из первых препаратов, разработанных для такого использования, был ритуксимаб — моноклональное антитело к рецептору CD20, экспрессирующегося на поверхности большинства В-лимфоцитов. Сначала он применялся для лечения неходжкинских лимфом, потом был разрешен для лечения ревматоидного артрита. Имеется опыт его применения и при других хронических воспалительных ревматических заболеваниях, в частности, при болезни Шегрена. Этот препарат приводит к деплеции зрелых В-клеток на периферии (как циркулирующих, так и связанных с лимфоидной тканью). Эффект деплеции сохраняется в течение 24 недель и более. Восстановление периферического пула происходит через 6–9 мес. после окончания курса лечения [1].

До последнего времени считалось, что ритуксимаб не влияет или слабо влияет на зрелые плазматические клетки, которые продуцируют антитела [2]. Вместе с тем, в литературе стали появляться сообщения, что после лечения данным препаратом у некоторых больных впоследствии развивался дефицит антител [3–7]. Об этом феномене известно немного, нет четких инструкций по тактике ведения таких больных (кого и как лечить). Сообщается, что при одном курсе ритуксимаба время

от первого введения препарата до выявления вторичного дефицита антител составляет 1–2 г., а при неоднократных курсах оно увеличивается, в среднем, до 5 лет. [3]. Следствием дефицита антител является развитие инфекционной патологии, увеличение частоты летальных исходов [3,6,8]. Но в ряде случаев клинические проявления, свойственные данному дефекту, могут длительное время отсутствовать.

Ниже приводится собственное клиническое наблюдение, когда длительное лечение ритуксимабом привело к развитию селективного дефицита А.

Больная Х., возраст 53 года, была направлена к врачу аллергологу-иммунологу консультативно-диагностического центра для оценки состояния иммунной системы с целью решения вопроса о возможности продолжения терапии ритуксимабом. Из анамнеза: с 2006 г. отмечала боли в лучезапястных, локтевых суставах, сухость во рту, ощущение рези в глазах, в дальнейшем присоединилось нарушение чувствительности в верхних конечностях. Наблюдалась у терапевта и невролога по месту жительства. Постепенно вышеуказанные симптомы усиливались, в связи с чем была госпитализирована, установлен диагноз болезни Шегрена, осложненного MALT-лимфомой слюнных желез. Проведено лечение ритукси-



мабом 500 мг внутривенно капельно, преднизолоном 500 мг внутривенно капельно, выписана с улучшением состояния, по данным гистологии и иммуногистохимии опухолевая лимфоидная пролиферация отсутствовала. В дальнейшем наблюдалась у ревматолога, в течение 5 лет получала ритуксимаб в той же дозе 1 раз в 4 месяца, потом был длительный (около 1 г.) перерыв из-за отсутствия препарата. В 2014 г. терапию возобновили, но с сентября 2015 г. из-за частых ОРВИ, затяжных риносинуситов и выраженного снижения уровня сывороточного IgA введение ритуксимаба прекратили, в качестве базисной терапии был назначен метилпреднизолон по 4 мг через день. Через 2 года частота ОРВИ снизилась, но в связи с жалобами на нарастание сухости во рту и рези в глазах вновь стал вопрос о возобновлении лечения ритуксимабом, поэтому была рекомендована консультация аллерголога-иммунолога.

Объективный статус. Состояние удовлетворительное. Кожный покров и видимые слизистые обычной окраски, умеренно влажные. Отеков нет. Периферические лимфатические узлы не пальпируются. Суставы визуально не изменены, движения сохранены в полном объеме. Дыхание в легких везикулярное, ЧДД 16 в мин., хрипы не выслушиваются. Тоны сердца приглушены, ритм правильный, ЧСС 80 в мин. Язык влажный, обложен у корня желтоватым налетом. Живот не вздут, при пальпации мягкий, безболезненный. Нижняя граница печени — по краю реберной дуги. Селезенка не пальпируется. Физиологические отправления в норме.

УЗИ слюнных желез. Диффузные незначительные изменения слюнных желез.

Биопсия слюнной железы. Признаков опухолевого роста не обнаружено.

Консультация гематолога. MALT-лимфома слюнных желез, состояние после монотерапии ритуксимабом, ремиссия. В настоящее время в специфической терапии не нуждается.

Лабораторные исследования. Общий анализ крови и мочи — без особенностей. СРБ — норма, АНФ — положительный (1:160), анти-SS-A- 91,6 ЕД/мл (норма 0–15 ЕД/мл), анти-SS-B1,4 ЕД/мл (норма 0–15 ЕД/мл). Иммунофенотипирование: CD3<sup>+</sup> 82% (норма 55–85%), CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup> 30% (норма 31–49%), CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup> 50% (норма 19–37%), CD3<sup>+</sup>CD16/56<sup>+</sup> 14% (норма 6–20%), CD19<sup>+</sup> 5% (норма 5–19%). IgG 11,7 г/л (норма 7,5–18,0 г/л), IgM 3,3 г/л (норма 0,5–2,5 г/л), IgA 0,035 г/л (норма 0,7–4,0 г/л).

Предыдущие результаты определения содержания IgA: 2008 г. (до начала терапии ритуксимабом) — 64 МЕ/мл (норма 55–250 МЕ/мл), 2009 г. — 17 МЕ/мл, 2011 г. — 13

МЕ/мл, 2012 г. — 6 МЕ/мл, 2016 г. — 0,45 г/л (норма 0,7–4,0 г/л). Уровни IgG и IgM во всех анализах были в пределах нормы.

## Обсуждение

Как показывают результаты лабораторных исследований, у данной пациентки отмечалось прогрессирующее снижение содержания IgA в процессе длительного лечения ритуксимабом. Однако следует отметить, что через год после отмены препарата (в 2016 г.) наметилась тенденция к повышению его содержания, но впоследствии развился селективный дефицит Ig A. При этом количество В-лимфоцитов было на нижней границе нормы.

Если бы не результаты предыдущих анализов, было бы логично предположить, что у пациентки уже изначально был первичный иммунодефицит в виде селективного дефицита Ig A. Как известно, данная патология в 80–90% случаев протекает бессимптомно и обычно является случайной лабораторной находкой. У остальных больных встречаются разные клинические «маски»: синопульмональные или гастроинтестинальные инфекции, аллергические заболевания, аутоиммунная патология, реже — лимфопролиферативные заболевания. По некоторым данным у этих больных выше риск неопластической трансформации [9]. В приведенном выше случае сочетание болезни Шегрена с MALT-лимфомой могло бы соответствовать диагнозу первичного иммунодефицита. Но результаты динамического наблюдения демонстрируют, что селективный дефицит IgA сформировался вторично, уже после отмены ритуксимаба, хотя его механизм не совсем ясен. Следует также отметить, что применение ритуксимаба при болезни Шегрена является предметом дискуссий, а результаты лечения весьма неоднозначны [10,11]. В частности, мало данных о долгосрочных (более 1 г.) результатах лечения ритуксимабом и результатах лечения при наличии лимфомы.

Учитывая невысокую активность болезни Шегрена, наличие стойкой ремиссии MALT-лимфомы, риск возобновления инфекционных осложнений на фоне терапии ритуксимабом и потенциальную возможность трансформации селективного дефицита IgA в общую переменную иммунную недостаточность, было рекомендовано от терапии ритуксимабом воздержаться и увеличить дозу метилпреднизолона до 4 мг ежедневно. При дальнейшем мониторинге IgA в сыворотке крови по-прежнему определялся в следовых количествах, что подтверждает необратимость изменения его продукции.

## Заключение

На основании данного клинического наблюдения можно констатировать, что при терапии ритуксимабом

нельзя забывать о возможности развития гипои-  
ммуноглобулинемии, в том числе и в отдаленном периоде.  
Прежде чем принять решение о его назначении (а так-  
же о назначении других анти-В-клеточных препаратов),

целесообразно определять исходное содержание им-  
муноглобулинов в сыворотке крови и обязательно про-  
водить их мониторинг даже после завершения курса  
лечения.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Maloney D.G. Mechanisms of action of rituximab // *Anticancer drugs*. — 2001. — Vol.12(Suppl.2): 14. PMID:11508930.
2. De La Torre I., Leandro M.J., Valor L., Becerra E., Edwards J.C., Cambridge G. Total serum immunoglobulin levels in patients with RA after multiple B-cell depletion cycles based on rituximab: relationship with B-cell kinetic // *Rheumatology(Oxford)*. — 2012. — Vol. 51. — № 5. — P.833–840.
3. Duraisingham S.S., Buckland M., Dempster J., Grigoriadou S., Longhurst H.J. Primary vs secondary antibody deficiency: clinical features and infection outcomes of immunoglobulin replacement // *PLoS One*. — 2014. — Vol.9. — № 6: e100324. <https://doi:10.1371/journal.pone.0100324>.
4. Sacco K.A., Abraham R.S. Consequences of B-cell-depleting therapy: hypogammaglobulinemia and impaired B-cell reconstitution // *Immunotherapy*. — 2018. — Vol.10. — № 8. — P. 713–728.
5. Casulo C., Maragulia J., Zelenetz A.D.I. Incidence of hypogammaglobulinemia in patients receiving rituximab and the use of intravenous immunoglobulin for recurrent infection // *Clin. Lymphoma Myeloma Leuk*. — 2013. — Vol.13. — № 2. — 106–111.
6. Makatsori M., Kiani-Alikhan S., Manson A.L., Verma N., Leandro M., Gurugama N.P., Longhurst H.J., Grigoriadou S., Buckland M., Kanfer E., Hanson S., Ibrahim M.A., Grimbacher B., Chee R., Seneviratne S.L. Hypogammaglobulinemia after rituximab treatment — incidence and outcomes // *QJM*. — 2014. — Vol.107. — № 10. — P.821–828.
7. Москалец О.В. Отсроченная гипогаммаглобулинемия при терапии ритуксимабом // *Казанский медицинский журнал*. — 2019. — Т. 100. — № 2. — С. 288–294.
8. Shah S., Jaggi K., Greenberg K., Geetha D. Immunoglobulin levels and infection risk with rituximab induction for anti-neutrophil cytoplasmic antibody-associated vasculitis // *Clin. Kidney J*. — 2017. — Vol. 10. — № 4. — P.470–474.
9. Москалец О.В. Случай селективного дефицита иммуноглобулина А, ассоциированного с аутоиммунным гастритом // *Альманах клинической медицины*. — 2016. — Т. 44. — № 6. — С. 790–795.
10. Schioppo T., Ingegnoli F. Current perspective on rituximab in rheumatic diseases // *Drug. Des. Devel. Ther.* — 2017. — Vol.11. — P. 2891–2904.
11. Verstappen G.M., van Nimwegen J.F., Vissink A., Kroese F.G.M., Bootsma H. The value of rituximab treatment in primary Sjögren's syndrome // *Clin. Immunol.* — 2017. — 82:6271. <https://doi:10.1016/j.clim.2017.05.002>

---

© Москалец Оксана Владимировна ( 6816000@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСХОДОВ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ У ЖЕНЩИН, ПОЛУЧАВШИХ РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ЛЕЧЕНИЯ МИОМЫ МАТКИ, АССОЦИИРОВАННОЙ С БЕСПЛОДИЕМ

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OUTCOMES OF IVF IN WOMEN RECEIVING VARIOUS OPTIONS FOR THE TREATMENT OF UTERINE FIBROMA ASSOCIATED WITH INFERTILITY

**A. Trebunskikh  
L. Tselkovich  
R. Balter  
A. Ibragimova  
T. Ivanova  
O. Ilchenko**

*Summary.* The outcomes of in vitro fertilization of women with uterine myoma after various types of treatment are considered. Based on a comparative analysis of the outcome of IVF, measures were proposed to prepare for pregnancy in these women, depending on the location of the myomatous nodes and the individual characteristics of the endometrial reception after the treatment of uterine fibroids.

*Keywords:* uterine fibroids, infertility, conservative myomectomy, uterine artery embolization.

**Требунских Анна Сергеевна**

Соискатель, Самарский государственный  
медицинский университет, г. Самара; врач-акушер-  
гинеколог, ГБУЗ СО СГП № 3, г. Самара

**Целкович Людмила Савельевна**

Д.м.н., профессор, Самарский государственный  
медицинский университет, г. Самара

**Балтер Регина Борисовна**

К.м.н., профессор, Самарский государственный  
медицинский университет, г. Самара  
samaraobsgyn2@yandex.ru

**Ибрагимова Алина Ришатовна**

К.м.н., доцент, Самарский государственный  
медицинский университет, г. Самара  
a.r.ibragimova@samsmu.ru

**Иванова Татьяна Владимировна**

К.м.н., доцент, Самарский государственный  
медицинский университет, г. Самара  
t.v.ivanova@samsmu.ru

**Ильченко Олеся Андреевна**

Аспирант, Самарский государственный медицинский  
университет, г. Самара; врач-акушер-гинеколог ГБУЗ СО  
СГП № 3, г. Самара  
olesay.ilchenko@gmail.com

*Аннотация.* Рассмотрены исходы проведения экстракорпорального оплодотворения женщин с миомой матки после различных видов лечения. На основании сравнительного анализа исхода экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) предложены меры по подготовке к вынашиванию беременности у данных женщин, в зависимости от расположения миоматозных узлов и индивидуальных особенностей рецепции эндометрия после проведенного лечения миомы матки.

*Ключевые слова:* миома матки, бесплодие, консервативная миомэктомия, эмболизация маточных артерий.

**В** последние двадцать лет с появлением новых фармакологических препаратов и малоинвазивных эндоваскулярных методов терапии миомы матки, появились возможности сохранения репродуктивной функции женщин [1–3]. Вместе с тем успешность выбора того или иного вмешательства широко обсуждается литературе [4–6]. Дискуссию вызывают вопросы эффективности проведения определенного метода вмеша-

тельства и его влияния на дальнейшую репродуктивную функцию женщины [7–9].

Ряд клиницистов придерживается мнения, что наиболее эффективным методом сохранения репродуктивной функции является консервативная миомэктомия, несмотря на рубцовое изменение миометрия после такого вмешательства [10–12]. Предлагаются варианты

Таблица 1. Результаты проведения ВРТ (по частоте наступления беременности)

Показатель	Основная группа (n=85)		Группа сравнения (n=92)		P <sub>1-2</sub>
	Число женщин с миомой	Число беременных	Число женщин с миомой	Число беременных	
Сочетанное	5	3 60,0 (24,5)	20	9 45,0 (11,4)	0,36
Субсерозная миома матки	35	5 22,8 (7,2)	51	22 41,3 (4,0)	<0,001
Субмукозная миома матки	12	9 75,0 (13,1)	28	2 7,1 (4,9)	<0,001
Интрамуральная миома матки	38	11 28,9 (7,4)	13	1 7,7 (7,7)	0,05

Примечание. p<sub>1-2</sub> — показатель статистической значимости различий показателей в группах

микрохирургических вмешательств с наложением гемостатических атравматических швов для минимизации побочных эффектов, более полноценного восстановления стенки матки [13, 14].

Другой точки зрения придерживаются сторонники эмболизации маточных артерий (ЭМА), обосновывая свое мнение сохранением тканевой структуры миометрия и минимальным влиянием на матку, особенно у женщин с интрамуральным или субсерозным расположением узлов [15, 16].

Рассматриваются вопросы выбора протокола проведения ЭКО. Большинство клиницистов придерживается мнения, что одним из определяющих критериев является толщина эндометрия. Рост эндометрия может обеспечиваться, как эндогенным эстрадиолом, продуцируемым фолликулярным яичниковым аппаратом во время контролируемой овариальной стимуляции в программах вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), так и экзогенным эстрадиолом, доставляемым в виде лекарственных форм [17]. Второй вариант обычно применяется у пациенток, готовящихся к донации ооцитов или перед подсадкой эмбрионов в естественном цикле [18].

Проведенные множественные исследования позволили сделать вывод, что у пациенток с миомой матки возможно применение любых протоколов ЭКО. Однако результативность их проведения будет зависеть от индивидуальных особенностей женщины. Отметим, что в настоящее время вопрос выбора терапии миомы матки обусловлен, в основном, экономической составляющей, а также техническими возможностями осуществления вмешательства. В то же время от тактики лечения миомы матки во многом зависит исход дальнейшей реализации репродуктивной функции женщин, планирующих ВРТ.

Целью исследования стал сравнительный анализ результатов проведения ЭКО у женщин с различными

видами лечения миомы матки, обоснование этапов подготовки к проведению ВРТ. Для этого обследовано 177 женщин, бесплодие которых было ассоциировано с миомой матки. Всем женщинам до проведения ВРТ было проведено лечение миомы матки: 85 пациенток прошли процедуру ЭМА (основная группа) [19], 92 пациенткам была проведена консервативная миомэктомия (группа сравнения). Все пациентки были обследованы в соответствии с клиническими рекомендациями для проведения ВРТ. Включение пациенток в протоколы ЭКО осуществлялось через 10–12 мес. после лечения миомы матки.

В процессе обследования было *установлено*, что у части пациенток имелись изменения рецепции эндометрия, которые зависели, в основном, от расположения миоматозного узла и, соответственно, от особенностей гемодинамики миометрия после проведенного вмешательства. Всем женщинам проводилось ЭКО по стандартному короткому протоколу, который начинался с 1–2 дня очередного менструального цикла, с учетом того, что овуляторный резерв у всех пациенток был достаточен и до настоящего проведения ЭКО стимулирующих овуляцию препаратов не назначалось. Протокол включал использование агонистов гонадотропин-рилизинг гормонов, хорионического гонадотропина, а также гестагены для поддержки лютеиновой фазы цикла. Перенос эмбрионов осуществлялся на 12–13 день от начала стимуляции.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием стандартного пакета Statistica12.6 (разработчик Dell) в системе Microsoft Windows. Описание полученных результатов осуществлялось в соответствии с ГОСТ Р 50779.10–2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения».

Анализ результатов протоколов ЭКО у женщин сравнимых групп свидетельствовал о том, что биохимиче-

Таблица 2. Содержание ХГЧ у женщин с миомой матки

Показатель	Основная группа (n=28)	Группа сравнения (n=34)	P <sub>1-2</sub>
Сочетанное	94,8 (22,1)	95,2 (26,1)	0,99
Субсерозная миома матки	91,5 (23,1)	106,3 (11,9)	0,57
Субмукозная миома матки	103,6 (24,9)	109,2 (16,5)	0,85
Интрамуральная миома матки	98,4 (19,4)	98,5 (22,1)	0,99

Примечание. p<sub>1-2</sub> — показатель статистической значимости различий показателей в группах

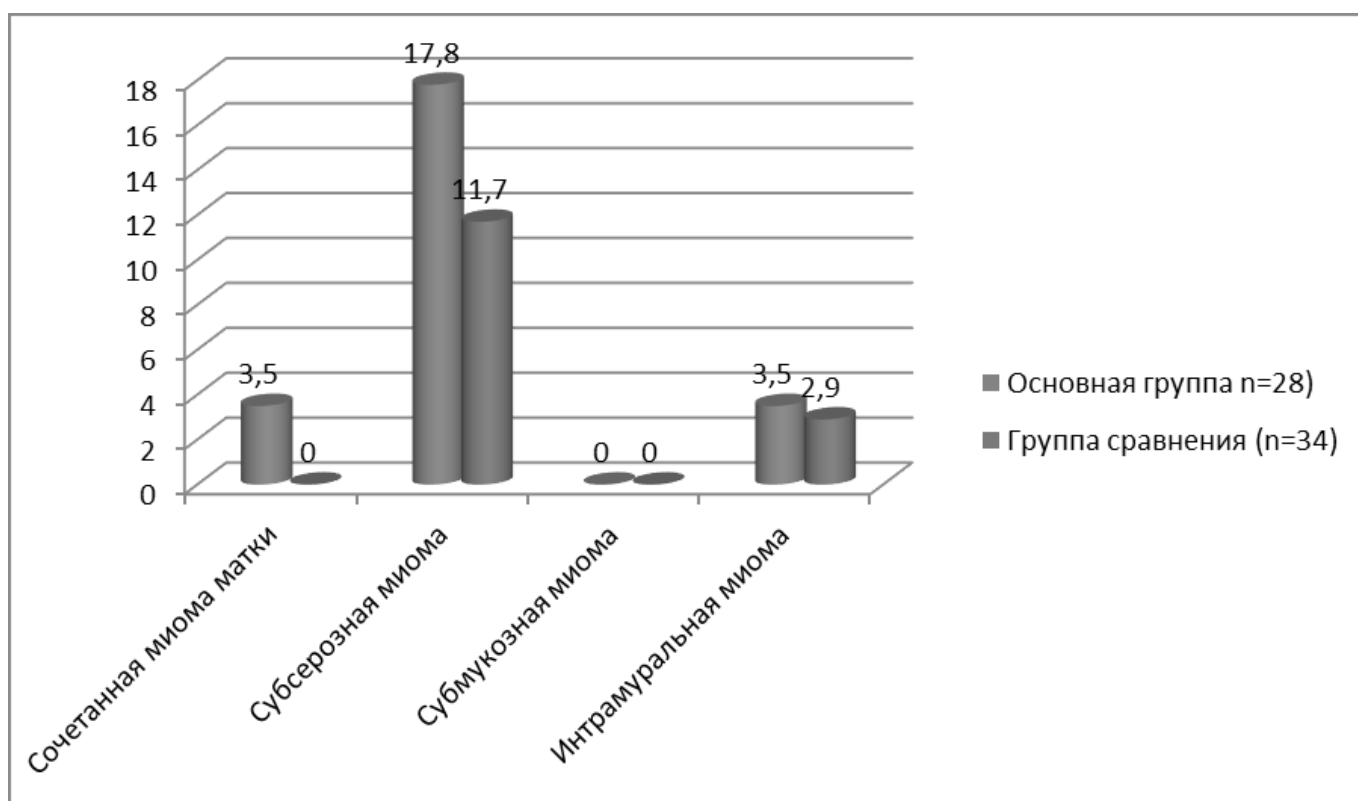


Рис. 1. Распределение женщин в группах по факту прерывания беременности в первом триместре после ЭКО

ски беременность была подтверждена у 27 (31,7%) пациенток основной группы и у 34 (36,9%) пациенток группы сравнения (p=0,46).

Однако рассматривая частоту наступления беременности внутри групп отметим, что в основной группе женщин, перенесших эмболизацию маточных артерий (ЭМА), лучшие результаты были получены в подгруппах женщин с субмукозной и интрамуральной миомой матки. В них частота наступления беременности составила 75,0 (13,1) и 28,9 (7,4)%, соответственно. Что касается женщин, перенесших консервативную миомэктомию, то у них ситуация была несколько иной — наибольшая

частота наступления беременности регистрировалась у пациенток со смешанной 45,0 (11,4)% и субсерозной миомой матки 41,3 (4,0)% (табл. 1).

Отметим, что беременность была подтверждена биохимически. Уровень хорионического гонадотропина человека (ХГЧ), забранный на 14 день подсадки эмбриона, отражен в табл. 2.

Показатели всех женщин в обеих группах находились в пределах лабораторной нормы и подтверждали имплантацию эмбриона в результате проведения протоколов ЭКО.

Результаты содержания прогестерона в сыворотке крови также были в норме у всех пациенток, независимо от расположения миоматозных узлов и произведенных лечебных вмешательств до проведения ЭКО. Среднее содержание прогестерона в основной группе на 14 день переноса эмбриона составил 61,8 (23,7) нмоль/л, в группе сравнения — 71,4 (11,7) нмоль/л,  $p=0,71$ .

Обозначим, что все женщины с наступившей беременностью продолжили получать гормональную поддержку после подтверждения факта гестации. Они были взяты под диспансерное наблюдение в женскую консультацию, дальнейшее их ведение осуществлялось в соответствии с действующими приказами и клиническими протоколами с учетом индивидуальных особенностей состояния здоровья. Наблюдение за течением гестационного процесса осуществлялось до 12 недель беременности.

Отметим, что угроза прерывания беременности регистрировалась практически у всех женщин в обеих группах, по поводу чего каждая пациентка получала сохраняющую терапию, включающую препараты прогестерона, дозировки и способ введения которого осуществлялись индивидуально.

Самопроизвольное прерывание беременности было зарегистрировано у 7 (25%) женщин основной группы и у 5 (14,7%) пациенток группы сравнения,  $p=0,32$ . Проведен анализ случаев прерывания беременности в зависимости от расположения миоматозных узлов (рис. 1).

Большинство женщин в обеих группах с прервавшейся беременностью получали лечение по поводу субсерозной миомы матки. Независимо от того, какой именно метод лечения был использован, в основной группе из всех наступивших беременностей прервалось 17,8% беременностей, в группе сравнения — 11,7%. Сохранились до 12 недель беременности у всех пациенток с субмукозной миомой матки. С интрамуральной миомой в основной группе прервалась беременность в 3,5% случаев, в группе сравнения — в 2,9%. Также у 3,5% пациенток основной группы гестация прервалась при наличии смешанной формы миомы матки. В группе сравнения таких женщин не было.

Детальное рассмотрение каждого индивидуального случая прерывания беременности после проведения протокола ЭКО позволило установить, что у подавляющего большинства женщин (5 (71,4%) пациенток в основной группе и 4 (80%) пациентки в группе сравнения) с прервавшейся беременностью имело место изменение рецепции эндометрия. Оно было выражено в умеренно высоких показателях уровня экспрессии ядерных рецепторов прогестерона в строме эндометрия, а также в умеренно повышенной экспрессии ядерных

рецепторов эстрогенов в железистом эпителии эндометрия.

В связи с изложенным, была оценена подготовка к ЭКО и ведение периода реабилитации у этих пациенток после проведения лечения миомы матки.

Установлено, что независимо от формы лечения, в первые 3–6 мес. после проведения вмешательства всем женщинам рекомендовался прием комбинированных оральных контрацептивов (КОК) в режиме контрацепции, содержащих дидрогестерон, поливитамины, а также мероприятия, направленные на предупреждение спаечного процесса в малом тазу. Однако тщательный сбор анамнеза позволил установить, что эти рекомендации выполнялись не в полном объеме, особенно те, которые касались реабилитационной гормонотерапии. Ни одна пациентка не принимала в реабилитационном периоде КОК дольше 2-х менструальных циклов. Обоснованием отказа от приема препаратов являлась их плохая переносимость (тошнота, головные боли, снижение либидо) или нежелание длительного приема.

Таким образом, в процессе подготовки к протоколу ЭКО не были учтены анамнестические данные и результаты иммуногистохимического исследования (ИГХ), которые имели место преимущественно у пациенток с субсерозной миомой матки (т.е. повышенная экспрессия ядерных рецепторов к эстрогенам и прогестерону).

Что касается остальных женщин, то независимо от способа лечения миомы матки, средние показатели наступления гестации соответствовали данным литературы о частоте наступления беременности у женщин в протоколах ЭКО (в среднем частота удачного протокола ЭКО по данным Российской ассоциации репродукции человека составляет 34,5–36,9% в расчете на один протокол).

Учитывая вышеизложенные факты, были разработаны меры по улучшению показателей проведения ЭКО у пациенток с миомой матки, которые включают *несколько этапов*:

#### **1. Этап планирования вмешательства по лечению миомы матки.**

У женщин, предполагающих далее проведение ВРТ, необходимо учитывать овulatoryный резерв, поскольку эмболизация маточных артерий [20, 21] у пациенток с интрамуральной и смешанной миомой матки может менять скорость кровотока в яичниках. Это, в свою очередь, снижает овulatoryный резерв, что можно подтвердить определением уровня эстрадиола и антимюллерова гормона в сыворотке крови.

В связи с изложенным, оптимальным вмешательством у женщин с небольшими интрамуральными узлами может считаться консервативная миомэктомия, не затрагивающая полость матки.

## 2. Реабилитационный этап.

Данный этап наступает после проведения вмешательства. Длится от 10 до 12 мес. Кроме известных правил ведения послеоперационного периода с профилактикой спаечного процесса в малом тазу, необходимо учитывать индивидуальные особенности рецепции эндометрия для оптимального выбора дальнейшей подготовки к ВРТ.

Отметим, что особое внимание следует уделять женщинам с субсерозной и интрамуральной миомой матки, планирующим ЭМА. У женщин с субсерозной миомой матки более часто определяется повышение экспрессии ядерных рецепторов к эстрогенам в поверхностном и железистом эпителии, чем в строме. В случаях интрамурального расположения узлов после проведения ЭМА отмечается снижение прогестероновых рецепторов в строме эндометрия, что может негативно сказываться на имплантации эмбриона. В данной ситуации в качестве восстановления рецепции возможно назначение монофазных оральных контрацептивов на протяжении шести месяцев послеоперационного периода.

Что касается предпочтения КОК, то наиболее оптимально использование препаратов, содержащих гестагены третьего поколения (гестоден), поскольку их

биологическое действие предусматривает ликвидацию физиологического избытка эстрадиола, минимальный антиминералокортикоидный эффект и профилактику гиперпластических изменений эндо- и миометрия.

При выборе хирургического вмешательства в случае субсерозного расположения миоматозных узлов необходимо учитывать достаточно высокую экспрессию рецепторов к эстрогенам в эпителиоцитах и железах эндометрия. Кроме того, у таких пациенток сохраняется повышенная экспрессия рецепторов к прогестерону, что является одним из патогенетических механизмов развития миоматозного узла. В таком случае целесообразно назначение препаратов селективных модуляторов прогестероновых рецепторов (улипристала ацетата) в течение 2 мес. с последующим переходом на оральные контрацептивы (до 6 мес. послеоперационного периода). Выбор данных препаратов объясняется их биологическим действием — влиянием не только непосредственно на прогестероновые рецепторы в миоматозных узлах, но и эндометрия, и гипофиза (без значимого влияния на уровень продукции эстрогенов и глюкокортикоидов).

## 3. Этап подготовки к проведению протокола ЭКО.

Необходимо учитывать приведенные выше особенности состояния эндометрия путем иммуногистохимической оценки его рецепции, которая должна быть обязательной у женщин, перенесших лечение миомы матки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев М.Б. Дифференцированный подход к лечению больных с миомой матки в зависимости от клинико-морфологического варианта развития опухоли: дисс. ... канд. мед. наук. М., 2018. 148 с.
2. Миома матки: диагностика, лечение и реабилитация. Клинические рекомендации по ведению больных / Л.В. Адамян, Е.Н. Андреева, Н.В. Артымук и др. М.: Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова, 2008. 100 с.
3. Gupta J.K., Sinha A., Lumsden M.A., Hickey M. Uterine artery embolization for symptomatic uterine fibroids // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2012 (5). CD005073.
4. Laparoscopic myomectomy versus uterine artery embolization: long-term impact on markers of ovarian reserve / R. Arthur, J. Kachura, G. Liu, et al // *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada.* 2014. № 36 (3). P. 240–247.
5. The impact of uterine artery embolization on ovarian reserve: A systematic review and meta-analysis / T. El Shamy, S.A.K. Amer, A.A. Mohamed, et al // *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2020. № 99 (1). P. 16–23.
6. Falcone T., Parker W.H. Surgical management of leiomyomas or fertility or uterine preservation // *Obstetrics and Gynecology.* 2013. № 121 (4). P. 856–68.
7. Адамян Л.В., Козаченко А.В., Ревазова З.В. Новые подходы к медикаментозному лечению симптомной миомы матки // *Проблемы репродукции.* 2013. № 19 (3). С. 22–24.
8. Беженарь В.Ф., Комличенко Э.В., Шевелева Т.С., Кондратьев А.А. Терапия миомы матки: от хирургии к медикаментозной стратегии. *StatusPraesents // Гинекология, акушерство, бесплодный брак.* 2016. № 4. С. 147–156.
9. Uterine fibroid torsion during pregnancy: a case of laparotomic myomectomy at 18 weeks' gestation with systematic review of the literature / A. Basso, M.R. Catalano, G. Loverro, et al // *Case Rep. Obstet. Gynecol.* 2017. 4970802: 11.
10. Взгляд на проблему миомэктомии при беременности и во время кесарева сечения / С.Н. Буянова, Е.Л. Бабунашвили, Л.С. Логотова и др. // *Акушерство и гинекология.* 2020. № 8. С. 22–28.
11. Буянова С.Н., Юдина Н.В., Гукасян С.А., Ермолаева Е.Е. Показания к миомэктомии во время беременности и ее исходы // *Акушерство и гинекология.* 2019. № 6. С. 70–77.

12. Каробекова Д.А., Рахматулова Ш.Х., Сафаров Ч.Б. Хирургическое лечение больных с миомой матки // Вестник Авиценны. 2014. № 2. С. 79–83.
13. Абишев Б.Х., Алиакпаров М.Т., Тажибаев Д.М., Питель Е.С. Отдаленные результаты эмболизации маточных артерий при миоме матки по данным ультразвукового исследования и магнитно-резонансной томографии. РМЖ // *Мать и дитя*. 2014. № 22 (14). С. 1020–1022.
14. Фертильность пациенток с миомой матки, перенесших эмболизацию маточных артерий / В.Г. Бреусенко, Р.И. Шалина, И.А. Краснова и др. // *Таврический медико-биологический вестник*. 2012. № 15 (2). Ч. 2 (58). С. 32–35.
15. Гришин И.И., Хачатрян А.С., Ибрагимова Д.М., Доброхотова Ю.Э. Лечение субмукозных миоматозных узлов методом эмболизации маточных артерий // *Акушерство и гинекология*. 2014. № 10. С. 48–51.
16. Wong J., Gold E. Circulating Sex Hormones and Risk of Uterine Fibroids: Study of Women's Health Across the Nation (SWAN) // *Clin Endocrinol Metab*. 2016. № 101 (1). P. 123–130.
17. Vitale S.G., Padula F., Gulino F.A. Management of uterine fibroids in pregnancy: recent trends // *Curr. Opin. Obstet. Gynecol*. 2015. № 27 (6). P. 432–437.
18. Effect of fibroids not distorting the endometrial cavity on the outcome of in vitro fertilization treatment: a retrospective cohort study / L. Yan, L. Ding, C. Li, et al // *Fertility and Sterility*. 2014. № 101 (3). P. 716–721.
19. Целкович Л.С., Требунских А.С. Балтер Р.Б. Характер и оценка течения настоящей беременности у женщин с миомой матки, перенесших в анамнезе ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года. «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 175–179.
20. Ильченко О.А., Иванова Т.В., Требунских А.С. Особенности восстановления специфических функций женщин с миомой матки после ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 168–170.
21. Ибрагимова А.Р., Каторкина Е.С., Требунских А.С. Состояние фето-плацентарного комплекса у беременных с миомой матки после ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 179–172.

---

© Требунских Анна Сергеевна, Целкович Людмила Савельевна,

Балтер Регина Борисовна ( samaraobsgyn2@yandex.ru ), Ибрагимова Алина Ришатовна ( a.r.ibragimova@samsmu.ru ),  
Иванова Татьяна Владимировна ( t.v.ivanova@samsmu.ru ), Ильченко Олеся Андреевна ( olesay.ilchenko@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПЕРФОРАТИВНЫМИ ЯЗВАМИ ЖЕЛУДКА И ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ

## CLINICAL CHARACTERISTICS AND SHORT-TERM OUTCOMES OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH GASTRODUODENAL PERFORATED ULCERS

**M. Tsoroeva  
D. Tsoroeva  
J. Khasanova  
M. Karkaeva  
A. Alpatskaya  
I. Abdullaev**

*Summary.* The prevalence of peptic ulcer disease, according to various literary sources, is about 1.5–3% among the population. One of the formidable complications of peptic ulcer disease is perforation, accompanied by high mortality, especially in the group of patients of the older age group with comorbid pathology. The article analyzes the structure of patients, as well as the experience of surgical treatment of 216 patients with secondary peritonitis resulting from perforation of an ulcerative defect.

*Keywords:* perforated gastric ulcer, perforated duodenal ulcer, *Helicobacter pylori*, peritonitis.

**Цороева Мадина Беслановна**

Северо-Западный государственный медицинский университет им И.И. Мечникова  
mtsoroyeva@list.ru

**Цороева Дали Беслановна**

Северо-Западный государственный медицинский университет им И.И. Мечникова  
tsoroeva.dali@mail.ru

**Хасанова Джамиля Денесовна**

Северо-Западный государственный медицинский университет им И.И. Мечникова  
khasanova.dzhamilia@yandex.ru

**Каркаева Минаят Ризвановна**

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет  
karkaevamr@gmail.com

**Алпацкая Алена Дмитриевна**

Северо-Западный государственный медицинский университет им И.И. Мечникова  
a.alpatskaia@mail.ru

**Абдуллаев Иршад Алиярович**

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет  
abdullaev@gmail.com

*Аннотация.* Распространенность язвенной болезни, по данным различных литературных источников, составляет порядка 1,5–3% среди населения. Одним из грозных осложнений язвенной болезни является перфорация, сопровождающаяся высокой летальностью, особенно в группе пациентов старшей возрастной группы с коморбидной патологией. В статье проанализирована структура пациентов, а также опыт хирургического лечения 216 больных с вторичным перитонитом, возникшим вследствие прободения язвенного дефекта.

*Ключевые слова:* прободная язва желудка, прободная язва двенадцатиперстной кишки, *Helicobacter pylori*, перитонит.

## Введение

**Я**звенная болезнь представляет собой повреждение внутренней оболочки желудка или начальных отделов тонкой кишки, и по данным литературы, распространенность данной патологии составляет 1,5–3% среди населения. У лиц младше 40 лет язвы двенадца-

типерстной кишки встречаются в 4 раза чаще, обратная тенденция наблюдается в отношении язв желудочной локализации. К ведущим этиологическим факторам, ассоциированным с язвенной болезнью, относят прием нестероидных и стероидных противовоспалительных препаратов, а также персистенция *Helicobacter pylori*. Среди прочих факторов отводится роль курению, при-

ему алкоголя, хронической почечной и печеночной недостаточности, гиперпаратиреозу и т.д. [1]. Нередким жизнеугрожающим осложнением язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки является перфорация, следствием которой может стать перитонит, переходящий в септический шок. [2]. Прободная язва является собой дефект в стенке полого органа, приводящий к проникновению воздуха и излитию желудочно-кишечного содержимого в брюшинную полость. [3]. Считается, что дефект, находящийся на расстоянии не менее 2–3 см выше привратника, является язвой желудка. К ключевым патофизиологическим механизмам, приводящим к перфорации, относятся повреждение слизистого барьера и гиперпродукция соляной кислоты.

По данным различных исследований, летальность в данной группе пациентов достигает 10–40%. [4, 5]. К факторам, оказывающим влияние на высокую смертность, относят быстрое наступление септического шока, почечную недостаточность, цирроз печени, иммунодепрессивные состояния, возраст старше 70 лет, а также хирургическое пособие, оказанное позже 12 часов от начала развития симптоматики. [6].

Лечение язвенной болезни вышло на гораздо более прогрессивный уровень с момента изобретения антагонистов H<sub>2</sub>-гистаминовых рецепторов в 70-х годах прошлого столетия, а далее — ингибиторов протонной помпы и открытия *Helicobacter pylori* как главного этиологического фактора. Несмотря на значительные успехи, которые демонстрируют фармакологические методы лечения, перфорация по-прежнему является частой причиной местного или распространенного перитонита, сепсиса и сопровождается высокой смертностью. [7]. Разработка современных алгоритмов оказания помощи данной группе пациентов по-прежнему является особо актуальной задачей абдоминальной хирургии.

## Цель

В данной статье представлена структура пациентов с перфоративными язвами желудка и двенадцатиперстной кишки, а также проанализирован многолетний опыт хирургического лечения.

## Материалы и методы

В ретроспективное исследование были включены 216 пациентов хирургического стационара с вторичным перитонитом, возникшим вследствие прободения язвы желудка и/или двенадцатиперстной кишки. Нами проанализированы показатели, отражающие как особенности клинической картины, так и хирургического пособия, оказанного пациентам.

Диагностика перфоративной язвы производилась, в первую очередь, по данным физикального обследования, вторым этапом — с использованием дополнительных методов. Важнейшую роль в диагностике перфорации язвы приобретают инструментальные методы: обзорная рентгенография, мультиспиральная компьютерная томография (при отсутствии признаков наличия свободного газа в брюшинной полости по данным рентгенографии), ультразвуковое исследование органов брюшной полости. Лабораторная диагностика не является специфичной, тем не менее, ряд лабораторных показателей имеют принципиальное значение в проведении дифференциальной диагностики и оценке степени метаболического ацидоза, поэтому в обязательном порядке проводились всем пациентам: клинический анализ крови, С-реактивный белок, амилаза, липаза, альбумин, креатинин, мочевины крови, показатели кислотно-щелочного равновесия и уровень электролитов (Na, K, Cl, Mg, Ca, бикарбонат). Дифференциальная диагностика проводилась с другими состояниями, относящимися к группе «острого живота», с расслаивающей аневризмой брюшной аорты и др.

## Результаты

Средний возраст больных составил 51,6 лет (минимальный — 16, максимальный — 89 лет), среди них лиц мужского пола — 128 (59,3%), женского пола — 88 (40,7%), соотношение м: ж = 1,45:1. Средний возраст мужчин составил 44,2 года, женщин — 61,5 лет. Распределение больных по возрасту выглядело следующим образом: до 18 лет — 3 (1,4%), 18–29 лет — 39 (18,1%), 30–49 лет — 85 (39,4%), 50–70 лет — 61 (28,2%), старше 70 лет — 28 (12,9%). Время, прошедшее от начала развития симптоматики: до 3 часов — 75 пациентов (34,7%), 4–8 часов — 69 пациентов (31,9%), 8–12 часов — 38 пациентов (17,6%), 12–24 часа — 21 пациент (9,7%), свыше 24 часов — 13 пациентов (6,0%).

На догоспитальном этапе перфорация полого органа диагностирована лишь у 117 пациентов (54,2%), в остальных случаях предварительный диагноз формулировался следующим образом: «острый панкреатит» — 54 (26,4%), «острый аппендицит» — 25 (11,6%), «острая кишечная непроходимость» — 10 (4,6%), «панкреонекроз» — 4 (1,8%), «острый холецистит» — 3 (1,4%), «расслаивающая аневризма аорты» — 3 (1,4%). На госпитальном этапе поставить достоверный диагноз по результатам физикального обследования и неинвазивных методов диагностики удалось в 85,1% случаев, в оставшихся случаях потребовалось проведение диагностической лапароскопии. (Табл. 1).

На наличие язвенного анамнеза (от 1 месяца до 22 лет) указывали 76 пациентов (35,2%), при этом медикаментозную терапию получали лишь 18 из них (8,3%).

Таблица 1. Выраженность клинических симптомов.

Клинический симптом	Значение (абс.)	Значение (относ.,%)
Резкие, «кинжальные» боли	216	100
Положительный ответ на медикаментозную анальгезию	14	6,5
Положительные симптомы раздражения брюшины	205	94,9
Ослабление перистальтики	189	87,5
Задержка стула	174	80,6
Признаки наличия газа в брюшинной полости (пневмоперитонеум)	195	90,3
Мышечный дефанс	201	93,1
Повышение температуры тела (выше 37 гр.)	153	70,8
Рвота	57	26,4
Метеоризм	45	20,8
Артериальная гипотензия	167	77,3
Тахикардия	121	56,0
Свободный газ на рентгенограмме	167	77,3
Повышение уровня амилазы в крови (выше 3 ВГН)	204	94,4
Повышение уровня липазы в крови (выше 3 ВГН)	187	86,6
Язвенный анамнез, лет	76	35,2

Таблица 2. Характеристика язвенных дефектов.

Параметр	Значение (абс.)	Значение (относ.,%)	
Клиническое течение	Типичная форма (вытекание содержимого в свободную брюшную стенку)	192	88,9%
	Атипичная форма (дефект прикрыт сальником или соседним органом)	24	11,1%
Локализация	Пилорический отдел	47	21,8
	Кардия и дно желудка	4	1,9
	Постбульбарный отдел	8	3,7
	Малая кривизна	10	4,6
	Большая кривизна	2	0,9
	Двенадцатиперстная кишка	145	67,1
Размер дефекта	До 5 мм	133	61,6
	6–10 мм	41	18,9
	11–15 мм	27	12,5
	Свыше 15 мм	15	6,9

Все включенные в исследование пациенты подвергались хирургическому лечению. Во всех случаях доступ к брюшной полости осуществлялся посредством срединной лапаротомии. Производилась полная ревизия органов брюшной полости, оценивался размер, количество, локализация дефектов, а также выраженность и распространенность перитонита. (Табл. 2). Наиболее часто язвенный дефект локализовался в пределах двенадцатиперстной кишки (145 пациентов, 67,1%), преимущественно на передней стенке, реже — в различных участках желудка: пилорический отдел — 47 случаев (21,8%), малая кривизна — 10 случаев (4,6%), постбульбарный отдел — 8 случаев (3,7%), кардиальный отдел и дно — 4 случая (1,9%), большая кривизна — 2 случая

(0,9%). Перитонит был расценен как местный в 26 случаях (12,0%), распространенный — в 190 случаях (88,0%). Объем содержимого, находящегося в свободной брюшной полости, составил от 45 мл до 1700 мл.

Для язвенных дефектов небольшого и среднего размеров (до 1,5–2 см) производилось ушивание отверстия однорядным или двухрядным швом. В 78% случаев при таких язвах дефект дополнительно прикрывался участком сальника на ножке. Для язв, локализующихся в антральном отделе, в 12,4% случаев выполнялась пилоропластика по Гейнеке-Микуличу. Реже, в 7,8% случаев производилась частичная или субтотальная резекция желудка, в сочетании или без ваготомии. Помимо ликви-

Таблица 3. Структура осложнений в ближайшем послеоперационном периоде.

Группа осложнений (n=37)	Значение (абс.)	Значение (относ.,%)	
Интраабдоминальные осложнения	Парез кишечника	10	4,6
	Гнойно-септические осложнения	7	3,2
	Формирование кишечных свищей	3	1,4
	Кровотечение	2	0,9
Экстраабдоминальные осложнения	Системная воспалительная реакция	9	4,2
	Нозокомиальная пневмония	3	1,4
	Острая почечная недостаточность	2	0,9
	Синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания	1	0,5

дации источника перитонита, производилась тщательная санация и дренирование брюшной полости.

Все пациенты получали эмпирическую антимикробную химиотерапию препаратами широкого спектра, начиная с предоперационного периода, антисекреторную терапию на протяжении 4–8 недель после операции, детоксикационную и симптоматическую терапию. Средний койко-день составил 12,5 суток (минимальный — 6, максимальный — 27).

В ближайшем послеоперационном периоде у 37 пациентов (17,2%) наблюдались осложнения. Первую группу составили интраабдоминальные осложнения: парез кишечника — 10 случаев (4,6%), гнойно-септические осложнения — 7 случаев (3,2%), формирование кишечных свищей — 3 случая (1,4%), кровотечение — 2 случая (0,9%). Во вторую группу вошли экстраабдоминальные осложнения: системная воспалительная реакция — 9 случаев (4,2%), госпитальная пневмония — 3 случая (1,4%), острая почечная недостаточность — 2 случая (0,9%), синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания — 1 случай (0,5%). (Табл. 3).

Летальный исход наступил в 13,9% случаев, преимущественно это были пациенты старше 65–70 лет. Смертность в период до 3-х суток после операции наблюдался у 17 пациентов, до 1 месяца — у 7 пациентов. У шести пациентов имел место летальный исход без проведения оперативного вмешательства. Ведущей причиной смертности по данным патологоанатомического исследования являлись перитонеальный сепсис и полиорганная недостаточность. Смертность была выше среди мужчин, соотношение м: ж = 2,5:1.

### Обсуждение

Несмотря на усовершенствование подходов к лечению пациентов с прободными язвами желудка и двенадцатиперстной кишки, сохраняется высокий процент

осложнений и смертности. Установлено, что лучший прогноз имеют пациенты, оперированные в течение 6–7 часов от начала перфорации. Далее наблюдается прогрессивное увеличение риска летального исхода, особенно в группе пациентов, оперированных после 12 часов от манифестации заболевания. Попадание пищи и ферментов в брюшинную полость приводит к химическому перитониту, позже присоединяется бактериальный компонент.

Большое значение в литературе уделяется инструментальным методам диагностики перфоративных язв. Обзорная рентгенография является быстрым и сравнительно недорогим методом, однако, чувствительность составляет порядка 75%. Большая чувствительность присуща мультиспиральной компьютерной томографии брюшной полости (98%), поэтому этот метод по праву считается «золотым стандартом», позволяющий с высокой степенью точности провести дифференциальную диагностику.

К сожалению, результаты хирургического лечения не являются совершенными, сохраняется высокая летальность, особенно среди пациентов старше 65–70 лет. Одной из причин является стертость клинической картины у пожилых пациентов. Поэтому в настоящее время следует обратить усилия в сторону менее агрессивных методов лечения неосложненных язв, и, в первую очередь, это касается элиминации таких этиологических факторов как *Helicobacter pylori* и необоснованное применение нестероидных противовоспалительных препаратов.

В литературе описаны лапароскопические методики закрытия язвенного дефекта, некоторые авторы приводят показатели 30–45% лапароскопических операций в структуре пациентов с перфоративной язвой. Тем не менее, доля таких вмешательств варьирует. Было показано, что не существует достоверных различий в смертности или количестве послеоперационных ос-

ложнений между открытой и лапароскопической хирургией перфоративных язв. [8, 9].

Выбор объема операции зависит от ряда факторов, включающих размер, локализацию, количество язв, наличие признаков малигнизации и т.д. Для перфораций крупных размеров (>2 см в диаметре) или при наличии воспаленных тканей вокруг дефекта, первичное ушивание может быть небезопасным, для таких случаев предпочтительна резекция участка. Крупные дефекты чаще малигнизируются, поэтому хирургическая стратегия должна включать резекцию (дистальную гастрэктомию или резекцию желудка при подозрении на малигнизацию), сложных реконструктивных вмешательств и т.д.

## Заключение

Пациенты с прободной язвой желудка и вторичным перитонитом являются исходно тяжелой группой больных, нуждающихся в экстренной хирургической помощи. К сожалению, несмотря на успехи, которые демонстрирует абдоминальная хирургия, летальность и количество осложнений остается на довольно высоком уровне. Ведущими причинами является поздняя обращаемость пациентов, пожилой возраст и наличие коморбидной патологии. С целью профилактики рекомендуется плановый скрининг пациентов с целью раннего проведения эрадикационной терапии. Необходим дальнейший научный поиск с целью оптимизации диагностическо-лечебной тактики у данных пациентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Weledji EP. An Overview of Gastroduodenal Perforation. *Front Surg.* 2020;7:573901. Published 2020 Nov 9. doi:10.3389/fsurg.2020.573901
2. Lin TY, Chuang YC, Kao FC, et al. Early detection and intervention for acute perforated peptic ulcer after elective spine surgeries: a review of 13 cases from 24,026 patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):548. Published 2021 Jun 16. doi:10.1186/s12891-021-04443-x
3. Møller MH, Adamsen S, Wøjdemann M, Møller AM. Perforated peptic ulcer: how to improve outcome?. *Scand J Gastroenterol.* 2009;44(1):15–22. doi:10.1080/00365520802307997
4. Wysocki A, Biesiada Z, Beben P, Budzynski A. Perforated gastric ulcer. *Dig Surg.* 2000;17(2):132–137. doi:10.1159/000018815
5. Thorsen K, Glomsaker TB, von Meer A, Søreide K, Søreide JA. Trends in diagnosis and surgical management of patients with perforated peptic ulcer. *J Gastrointest Surg.* 2011;15(8):1329–1335. doi:10.1007/s11605-011-1482-1
6. Chung KT, Shelat VG. Perforated peptic ulcer — an update. *World J Gastrointest Surg.* 2017;9(1):1–12. doi:10.4240/wjgs.v9.i1.1
7. Søreide K, Thorsen K, Harrison EM, et al. Perforated peptic ulcer. *Lancet.* 2015;386(10000):1288–1298. doi:10.1016/S0140-6736(15)00276-7
8. Sanabria A, Villegas MI, Morales Uribe CH. Laparoscopic repair for perforated peptic ulcer disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(2): CD004778. Published 2013 Feb 28. doi:10.1002/14651858.CD004778.pub3
9. Antoniou SA, Antoniou GA, Koch OO, Pointner R, Granderath FA. Meta-analysis of laparoscopic versus open repair of perforated peptic ulcer. *JSLs.* 2013;17(1):15–22. doi:10.4293/108680812X13517013317752

© Цороева Мадина Беслановна ( mtsoroyeva@list.ru ), Цороева Дали Беслановна ( tsoroeva.dali@mail.ru ),  
Хасанова Джамиля Денесовна ( khasanova.dzhamilia@yandex.ru ), Каркаева Минаят Ризвановна ( karkaevamr@gmail.com ),  
Алпацкая Алена Дмитриевна ( a.alpatckaia@mail.ru ), Абдуллаев Иршад Алиярович ( abdullaev@gmail.com ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## COVID-19 В ПОПУЛЯЦИИ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ

### COVID-19 IN THE POPULATION OF TUBERCULOSIS PATIENTS

**M. Yusupalieva  
D. Chudinova  
M. Zaurova  
D. Enzel**

*Summary.* Unlike COVID-19, tuberculosis is an ancient infection. WHO declared it a global health emergency back in 1993. Over the past decade, the incidence of tuberculosis has been slowly declining, and mortality has decreased by almost a third, although the global burden remains significant, amounting to more than 10 million newly ill people per year. Data from the latest WHO global tuberculosis report shows an 18% reduction in the number of TB cases in 2020 compared to 2019. Until 2002, coronaviruses were considered as agents causing mild upper respiratory tract diseases with extremely rare deaths. In December 2019, the first case of infection with a new coronavirus (SARS-CoV2) was reported in Wuhan (China). The World Health Organization (WHO) declared COVID-19 a pandemic on March 11, 2020. At one time, the 2003 SARS epidemic was caused by the SARS-CoV virus. During the pandemic period, more than 8 thousand cases of diseases were registered in 37 countries, 774 of them with fatal outcomes. No new cases have been registered since 2004. Currently, the main source of infection is a sick person, including in the incubation period. The purpose of this article is to review the interactions between COVID-19 and tuberculosis, including the impact of COVID-19 on tuberculosis outcomes at the population level, the clinical picture and diagnosis of tuberculosis-COVID-19 coinfection, the impact of COVID-19, the level of patients on management and treatment. In addition, tuberculosis patients were considered, as well as tuberculosis prognosis and innovative strategies that can be used to mitigate the devastating effects of COVID-19 on the global burden of tuberculosis, including lessons learned from the response to the COVID-19 pandemic.

*Keywords:* tuberculosis, Covid-19, SARS-CoV-2, co-infection, multidrug-resistant tuberculosis (MDR-TB), extensively drug-resistant tuberculosis (XDR-TB), distress syndrome (ARDS).

**Юсупалиева Муяссар Мансуровна**

*Д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», г. Симферополь  
1717pul@gmail.com*

**Чудинова Дарья Сергеевна**

*Ассистент, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», г. Симферополь  
d.chudinova90@gmail.com*

**Заурова Мариам Борисовна**

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», г. Симферополь  
zaurova.mariam@bk.ru*

**Энзель Дарья Анатольевна**

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», г. Симферополь  
darya.enzel@yandex.ru*

*Аннотация.* В отличие от COVID-19, туберкулез — это древняя инфекция. ВОЗ объявила ее глобальной чрезвычайной ситуацией в области здравоохранения еще в 1993 году. В течение последнего десятилетия заболеваемость туберкулезом медленно снижалась, а смертность снизилась почти на треть, хотя глобальное бремя остается значительным, и составляет более 10 миллионов вновь заболевших человек в год. Данные из последнего глобального доклада ВОЗ по туберкулезу показывают сокращение числа случаев туберкулеза на 18% в 2020 году по сравнению с 2019 годом. До 2002 года коронавирусы рассматривались в качестве агентов, вызывающих нетяжелые заболевания верхних дыхательных путей с крайне редкими летальными исходами. В декабре 2019 года в городе Ухань (Китай) было сообщено о первом случае заражения новым коронавирусом (SARS-CoV2). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила COVID-19 пандемией 11 марта 2020 года. В свое время, эпидемия атипичной пневмонии 2003 года была вызвана вирусом SARS-CoV. За период пандемии в 37 странах зарегистрировано больше 8 тысяч случаев заболеваний, из них 774 с летальными исходами. С 2004 года новых случаев не зарегистрировано. В настоящее время основным источником инфекции является больной человек, в том числе в инкубационном периоде. Целью данной статьи является обзор взаимодействий между COVID-19 и туберкулезом, включая влияние COVID-19 на исходы туберкулеза на уровне населения, клиническую картину и диагностику коинфекции туберкулез-COVID-19, влияние COVID-19, уровень пациентов на ведение и лечение. Кроме того, рассматривались больные туберкулезом, а так же прогноз туберкулеза и инновационные стратегии, которые могут быть использованы для смягчения разрушительных последствий COVID-19 для глобального бремени туберкулеза, включая уроки, извлеченные из ответных мер на пандемию COVID-19.



**П**о сравнению с 2019 годом выявление случаев туберкулеза в 2020 году сократилось на 18% во всем мире, и до 24% в десяти наиболее пострадавших странах с высоким бременем туберкулеза. На Индию, Индонезию, Филиппины и Китай приходится 93% случаев глобального снижения выявления случаев туберкулеза. Основные сокращения зарегистрированных случаев были отмечены на Филиппинах (37%), в Индонезии (31%), Южной Африке (26%) и в Индии. [29]

Ранее не опубликованные данные Национального института инфекционных заболеваний Южной Африки (NICD) показывают значительное сокращение тестирования на туберкулез, и выявления случаев заболевания по всей стране, что совпадает с каждой волной COVID-19 и последующей национальной блокировкой. К маю 2020 года тестирование на туберкулез в Южной Африке сократилось более чем на 50% по сравнению с предыдущим годом: из 193 067 ожидаемых тестов амплификации нуклеиновых кислот Xpert MTB/RIF (NAATs) для выявления микобактерий туберкулеза за месяц, только 99 513 были фактически завершены. Микробиологическое подтверждение лекарственно-чувствительного туберкулеза также сократилось на 40%, а число случаев туберкулеза, устойчивого к рифампицину, сократилось примерно на 50%. К концу 2020 года в Южной Африке общее сокращение числа тестов на туберкулез составило 22%, а уровень подтвержденных случаев активного туберкулеза в государственном секторе снизился на 15%. [25, 26, 27] Кроме того, на 18% сократилась посещаемость учреждений первичной медико-санитарной помощи. Эти тенденции являются существенными, учитывая, что самые высокие общепопуляционные ограничения на общественную деятельность и социальное взаимодействие имели место только в течение полугода. Подобные закономерности распространились и на другие эндемичные страны, такие как Индия и Китай. Полное влияние текущей волны Омикрона в Южной Африке и в других, эндемичных по туберкулезу странах, неизвестно, но, вероятно, будет отрицательным для служб по борьбе с туберкулезом. В глобальном докладе ВОЗ по туберкулезу за 2021 год оценивается примерно 15%-ное сокращение числа людей, получающих лечение от лекарственно-устойчивого туберкулеза, и 21%-ное сокращение числа людей, получающих профилактическую терапию от латентной туберкулезной инфекции. [31]

Согласно данным, которые были представлены О.Б. Нечаевой в 2020 году, в Российской Федерации также наблюдалось снижение числа выявленных больных

*Ключевые слова:* туберкулез, COVID-19, SARS-CoV-2, ко-инфекция, туберкулез с множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ-ТБ), туберкулез с широкой лекарственной устойчивостью (ШЛУ-ТБ), дистресс-синдром (ОРДС).

туберкулезом на 14,8% по сравнению с 2019 годом. За январь-июнь 2019 было отмечено 25 393 случаев заболевания, а в 2020 году за этот же период — 21 632 человека. [34]

Кроме того, было отмечено снижение показателя смертности от данной патологии на 8,9%. За январь-март 2019 г.— 1 901, за такой же период в 2020 г.— 1731 случай. Вместе с тем за год, в период с 2019 по 2020 г., снизился охват населения профилактическими осмотрами. Поэтому, факт отсутствия адекватного выявления туберкулеза вполне мог повлиять на показатели статистики. [35]

В то же время, остается неясным, в какой степени снижение выявления случаев заболевания можно объяснить сокращением доступа к медицинской помощи, по сравнению со снижением передачи туберкулеза в результате не медикаментозных вмешательств, это наблюдается при других респираторных инфекциях, таких как грипп, респираторно-синцитиальный вирус, *Streptococcus pneumoniae* и *Haemophilus influenzae*. Широко распространено мнение, что сокращение доступа к медицинской помощи доминирует в этом вопросе, и компенсирует любое сокращение передачи инфекции. Такое предположение подтверждается характером сокращения случаев выявления заболевания. Вероятно, последствия снижения передачи инфекции будут заметны только через несколько месяцев. Таким образом, острое снижение обнаружения поддерживает снижение доступа, но не исключает и не подтверждает эффект снижения передачи. [21, 22, 23]

Несколько модельных исследований показали, что COVID-19 и ответные меры на пандемию вполне могут привести к росту смертности от туберкулеза, обусловленному главным образом сокращением доступа к медицинским услугам. Силлони и его коллеги прогнозируют, что в 2020 году глобальная смертность вернется к уровню 2013 года, и сведет на нет почти десятилетие работы, в то время как Хоган и его коллеги подсчитали, что смертность от туберкулеза может увеличиться до 20% в период с 2020 по 2025 год, и подчеркнули важность сохранения предоставления услуг по борьбе с туберкулезом, несмотря на текущую Пандемию. Следует отметить, что анализы ВОЗ и Партнерства «Остановить туберкулез» предсказали, соответственно, 190000 дополнительных случаев смерти от туберкулеза в 2020 году и около 1,4 миллиона дополнительных случаев смерти от туберкулеза в период с 2020 по 2025 год. [35]

В 2020 году во всем мире было зарегистрировано примерно 32 миллиона случаев смерти от туберкулеза. Эти цифры представляют собой первый ежегодный рост смертности от туберкулеза с 2005 года. Влияние пандемии на смертность от туберкулеза в 2021 году неясно, но, вероятно, значительно ухудшилось после больших дельта-всплесков во многих эндемичных по туберкулезу странах и нынешней волны омикронного варианта.[36] Проблема осложняется методами оценки смертности от туберкулеза, которые в значительной степени опираются на косвенные показатели и экстраполяцию. Отчасти это происходит потому, что во многих странах с высоким бременем туберкулеза системы регистрации актов гражданского состояния и статистики естественного движения населения слабы.[37]

Эволюция знаний о патогенетических механизмах поражения организма при COVID-19 за последнее время претерпела значительные изменения. Накопленный практический опыт позволяет сделать вывод о широком вовлечение органов и систем организма в патологический процесс при инфекции SARS-CoV-2. На сегодняшний день значимым фактором риска тяжелого течения COVID-19 и его фатального исхода является патология легких.[38]

Новая коронавирусная инфекция COVID-19, вызванная ранее неизвестным в природе рекомбинантным б-коронавирусом типа 2 (SARS-CoV-2), представляет собой острое респираторное заболевание, характеризующееся высокой контагиозностью и быстрым прогрессированием [1,2]. Несмотря на то, что в большом проценте случаев инфекция COVID-19 протекает в легкой форме, когда пневмония отсутствует или выражена лишь минимально, в 14% заболевание принимает тяжелое течение, а у 5% больных вызывает критическое состояние, которое характеризуется развитием дыхательной недостаточности, коагулопатией с полиорганной дисфункцией и септическим шоком. В последнем случае уровень летальности достигает 49% [3].

SARS-CoV-2 относится к семейству коронавирусов, которое включает в себя: коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома, коронавирус ближневосточного респираторного синдрома и четыре сезонных коронавируса, вызывающих легкие инфекции, с преимущественным воздушно-капельным механизмом передачи [1,2].

Факторами риска являются пожилой возраст, мужской пол и сопутствующие заболевания, включая хронические заболевания легких, сердечно-сосудистые заболевания, эндокринные, в частности сахарный диабет, ожирение и онкологические заболевания [7, 8, 9], этническая принадлежность [10,11]. Кроме того, в качестве фак-

торов риска инфекции SARS-CoV-2 или тяжелого течения COVID-19, предполагаются и генетические факторы пациентов.

Входные ворота возбудителя COVID-19 – эпителии верхних дыхательных путей и эпителиоциты желудка и кишечника. Начальным этапом заражения является проникновение SARS-CoV-2 в клетки-мишени, имеющие рецепторы ангиотензин-превращающего фермента II типа (АПФ2). Основной и быстро достижимой мишенью SARS-CoV-2 являются альвеолярные клетки второго типа (AT2) легких, что определяет развитие диффузного альвеолярного повреждения. [39]

Патогенез COVID-19 находится в процессе активного изучения. В отечественной и зарубежной литературе констатировано, что основным рецептором клеток, с которым связывается S-белок (Spike Protein) оболочки SARS-CoV-2, является ангиотензин-превращающий фермент 2 (angiotensin-converting enzyme 2, ACE2). Инфицирование происходит при участии трансмембранной сериновой протеазы 2 (transmembrane protease serine 2, TMPRSS2), необходимой для активации S-белка. Рецептор ACE2 обнаружен на клетках различных органов (легкие, сердце, почки, тонкая кишка и др.). В том числе он присутствует на клетках иммунной системы, эндотелиальных клетках артериальных и венозных сосудов. [40]

Основной мишенью вируса SARS-CoV-2 является респираторный тракт. Происходит поражение альвеоцитов 1-го и 2-го типов, клеток эндотелия сосудов, что приводит к нарушению функционирования аэрогематического барьера и сурфактантного альвеолярного комплекса. [41]

Одной из наиболее актуальных патогенетических концепций COVID-19 является иммунная дисфункция, в основе которой лежит синдром активации макрофагов (macrophage activation syndrome, MAS). [42] Дисрегуляторная активация моноцитарных фагоцитов, наблюдаемая у пациентов с тяжелыми формами COVID-19, возможно, ассоциируется с гипериммунным ответом, стимулирующим моноцитарно-макрофагальную систему легких с массивным выбросом цитокинов. [17]

При генерализации инфекционного процесса наблюдается повышение уровня провоспалительных цитокинов и других маркеров воспаления с развитием цитокинового шторма (CS) [3,4]. Этот гипервоспалительный синдром может вызвать коагулопатию, окислительный стресс, повреждение органов и смерть [4]. В соответствии с этим, можно предполагать, что COVID-19 является в первую очередь сосудистым, а не чисто респираторным заболеванием. [5]



Сложность течения COVID-19 обусловлена не только прямым цитопатическим действием SARS-CoV-2, но и возможным побочным развитием агрессивной иммунной реакции со стороны организма-хозяина, влекущим за собой системное гиперэргическое воспаление. [25] Согласно данным литературы, тяжелое течение инфекции SARS-CoV-2 ассоциировано с повышением уровня таких маркеров системного воспалительного ответа, как С-реактивный белок (СРБ), интерлейкин-6 (ИЛ-6), интерферон- $\gamma$  (ИНФ- $\gamma$ ), фактор некроза опухоли- $\alpha$  (ФНО- $\alpha$ ), что приводит к развитию синдрома «цитокинового шторма», значительно ухудшающего прогноз для пациента с COVID-19. Рядом авторов высказывались предположения, что именно «цитокиновая буря» может быть основной детерминантой «вирусного сепсиса» и полиорганной недостаточности. [26]

Ключевой клинической характеристикой COVID-19, признаваемой всеми специалистами, является крайне короткий период между стабильным течением заболевания и стадией декомпенсации, требующей протезирования витальных функций. [2] На сегодняшний день имеется достаточно свидетельств в пользу того, что для инфекции SARS-CoV-2 свойственно мультисистемное воспаление. [4,5] Помимо непосредственного повреждения вирусом легочной паренхимы, которому изначально уделялось центральное внимание, формируется полиорганное поражение, характеризующееся молниеносным течением и неблагоприятным прогнозом. Клинический спектр COVID-19 варьируется от бессимптомного, легкого до умеренного, тяжелого и критического течения. Наиболее распространенными симптомами являются лихорадка, кашель, головная боль, усталость, затрудненное дыхание, гипо — или аносмия и дисгевзия. Примерно у одной трети инфицированных болезнь протекает бессимптомно. Среди симптоматических пациентов у 81% наблюдаются симптомы легкой или средней степени тяжести, у 14% развиваются тяжелые осложнения (одышка, гипоксия, поражение легких при визуализации); у 5% наблюдается дыхательная недостаточность, ОРДС, шок или полиорганная недостаточность. [12, 13]

Следует отметить, что пандемия COVID-19 является определенной угрозой для борьбы с туберкулезом, так как она может обратить вспять достигнутый к концу 2019 года прогресс в выявлении и лечении этого заболевания. Туберкулез, так же как и коронавирусная инфекция, преимущественно поражает органы дыхания, что дает повод предполагать взаимное отягощающее влияние этих заболеваний. [13,14] К настоящему времени, особенности эпидемиологии и клиники туберкулеза в сочетании с COVID-19, недостаточно изучены. Однако, данные мета-анализа свидетельствуют о том, что туберкулез может утяжелять течение и ухудшать прогноз COVID-19. [15]

В первом когортном исследовании, включающем 49 пациентов с активным туберкулезом и COVID-19, были проанализированы данные и получены следующие результаты: [16]

1. Из 49 пациентов у 26 (53,0%) был туберкулез до COVID-19, у 14 (28,5%) впервые был COVID-19, и у девяти (18,3%) оба заболевания были диагностированы в течение одной недели.
2. У 48 пациентов был туберкулез легких (один из них был вызван *Mycobacterium bovis*).
3. У 37 пациентов была сохранена чувствительность к лекарствам, и они лечились по стандартной схеме первой линии для новых случаев, а у 8 был туберкулез с лекарственной устойчивостью (лечились препаратами второй линии).
4. Признаки и симптомы, характерные для COVID-19, включали: лихорадку (32/48, 81,2%), сухой кашель (27/48, 56,2%) и одышку (17/48, 35,4%).
5. Рентгенологическая информация была доступна для 48/49 (98,0%) пациентов: у 23 (47,9%) имелись полости. У 21 пациента проявилась типичная картина КТ при COVID-19 (двусторонняя тень по типу матового стекла), в то время как у 23 были различные картины при КТ или рентгенографии грудной клетки, по существу, сообщающие о поражениях, связанных с туберкулезом (инфильтраты, уплотнения, полости и т.д.), и 5 не были изучены в течение заболевания COVID-19.
6. 43 (87,8%) пациента были госпитализированы, среднее количество дней госпитализации составило 15 (8–27), 6 пациентам требовалась неинвазивная вентиляция легких и 14-подача кислорода.
7. Летальность была высокой (6/49, 12,3%); пятерым из этих шести было более 60 лет, и у всех была зарегистрирована, по крайней мере, одна сопутствующая патология.
8. Учитывая небольшое число наблюдений, необходимы более масштабные исследования.

Таким образом, данное исследование показало, что противотуберкулезная терапия не предотвращает развитие COVID-19. Кроме того, до сих пор не подтверждены такие факты, как вклад COVID-19 в патоморфоз туберкулеза, влияние COVID-19/ ТБ-коинфекции на систему здравоохранения (количество койко-дней, нахождение в ОПИТ и т.п.), и влияние вакцинации БЦЖ на развитие COVID-19. Не изучены межлекарственные взаимодействия при лечении коинфекции COVID-19/туберкулез. [44]

За период с 20 апреля по 23 сентября 2020 года исследованы 215 больных туберкулезом и лиц с латентной туберкулезной инфекцией и COVID-19. Для диагностики туберкулеза применялись бактериологические, иммунологические и молекулярно генетические методы, в том

числе Xpert MTB/RIF. Всем производили КТ органов дыхания, тестирование на ВИЧ, ПЦР диагностику COVID-19 в мазках из носо- и ротоглотки. [18]

На основании обследований, выяснено:

1. Подверженность больных туберкулезом новой коронавирусной инфекции COVID-19 наиболее характерна в возрастной группе от 18 до 60 лет (86,0%); чаще заболевают мужчины (71,2%).
2. Почти каждый третий случай (29,8%) коинфекции COVID-19/туберкулез приходится на ВИЧ-позитивных пациентов.
3. Больные коинфекцией COVID-19/туберкулез в 29,6% случаев требуют лечения в ОРИТ, в 8,8% — хирургическими методами, более чем четверть (27,3%) из них с применением трахеостомы.
4. Летальность при коинфекции COVID-19/туберкулез составляет 10,2%, большая доля смертей (40,9%) приходится на возрастную группу от 41 до 50 лет. При этом туберкулез не является основной причиной летальности.[19]

В период с 13.03.2020 г. (дата появления первого пациента с COVID-19) по 31.12.2020 г. изучена заболеваемость COVID-19 и реализованный риск инфекции в различных группах населения Кемеровской области—Кузбасса.

Группу наблюдения составили 3929 больных туберкулезом, из которых к окончанию исследования COVID-19 заболело 113 человек. В группе сравнения (лица, не болеющие на момент исследования туберкулезом) COVID-19 заболело 25774 человек. [43]

По результатам исследования групп населения Кемеровской области, больных туберкулезом представлены следующие выводы:

1. Активный туберкулез является фактором, повышающим риск развития COVID-19: заболеваемость COVID-19 среди больных туберкулезом в 2,95 раза превышает аналогичный показатель среди населения региона в целом.
2. Риск заболевания COVID-19 в 1,4 раза был выше у мужчин, существенно возрастал в возрасте 18–29 лет (3404,25 на 100 тысяч населения) и в группе лиц 65 и старше (3864,73 на 100 тысяч населения)
3. В группе бактериовыделителей риск заболевания был в 41 раз выше, чем у больных туберкулезом без бактериовыделения.
4. Клиническое течение COVID-19 у больных туберкулезом характеризовалось преимущественно легкими формами (90,14% случаев), с меньшим реализованным риском развития вирусной пневмонии (в 9,2 раза), чем в основной популяции и значительно меньшей частотой потребности в оксигенотерапии (1,41% случаев).

5. Подтверждено влияние на тяжесть течения COVID-19 таких факторов риска, как гипертоническая болезнь, хроническая сердечная недостаточность, ожирение. [20]

Такое развитие событий позволяет предположить отсутствие возможности адекватного выявления туберкулеза, даже в социально стабильных группах населения. Схожая симптоматика при туберкулезе и новой коронавирусной инфекции (наличие кашля, гипертермии, одышки, боли в грудной клетке [21, 22]), требует дополнительного обследования и создает трудности в диагностике одновременно двух инфекционных процессов.

Ряд авторов отмечают ухудшение эпидемиологической ситуации по туберкулезу в связи с глобальным распространением SARS-CoV-2.

Организационные меры, принимаемые в ответ на продолжающуюся пандемию Covid-19, особенно закрытие и перераспределение медицинского персонала и оборудования, также, предположительно, влияют на эффективность программ профилактики и лечения туберкулеза.

К примеру, если глобальная регистрация случаев туберкулеза снизится в среднем на 25% в течение 3 месяцев, то прогнозируется повышение смертности от туберкулеза на 13%, в результате чего общее число случаев смертей от туберкулеза в 2020 году достигнет 1,66 (1,3–2,1) миллиона, что близко к глобальному уровню смертности от туберкулеза в 2015 году. Налицо серьезное замедление прогресса в достижении основных этапов стратегии по борьбе с туберкулезом. Если же выявление случаев заболевания снизится на 50% в течение 3 месяцев, то число смертей от туберкулеза, составит 1,85 (1,4–2,4) миллиона (увеличение на 26%) и вернется к уровню 2012 года. [23]

Согласно результатам последних исследований, многие авторы подтверждают негативное влияние пандемии COVID-19 на процессы выявления туберкулеза. При этом в России не отмечалось особенно негативного влияния данных процессов на выявление туберкулеза у детей; профилактические осмотры с целью выявления туберкулеза, которые достаточно быстро восстановились. Охват мероприятиями по микробиологической диагностике туберкулеза снизился незначительно. Например, охват тестами на лекарственную чувствительность снизился на 0,4%, хотя эксперты ожидали снижения на 5–25%.

В России также не отмечалось предсказанной P. Glaziou [23] избыточной смертности от туберкулеза. Не отмечалось и повышения летальности больных туберкулезом, как от туберкулеза, так и от других причин.

COVID-19 отбросил усилия по борьбе с туберкулезом примерно на десятилетие назад. Эта неудача, вероятно, приведет к долгосрочному увеличению смертности от туберкулеза и структурных заболеваний легких. С низкими показателями вакцинации SARS-CoV-2 в эндемичных по туберкулезу странах, и появлением новых вариантов, эта тенденция, вероятно, сохранится. И поэтому, чтобы избежать таких тревожных тенденций, необходимо срочное осуществление новых стратегий, включающих методы сортировки и инновационные активные мероприятия по выявлению случаев заболевания [45]

Эксперты ВОЗ, проводя предварительные расчеты эпидемических показателей, констатировали статистическое снижение числа заболевших туберкулезом в различных странах мира. Это вполне возможно, не является благоприятным показателем, так как связано с объективными и субъективными причинами низкого выявления больных из-за проведения противоэпидемических мероприятий по COVID-19.

Таким образом можно отметить, что новая коронавирусная инфекция обострила проблемы, существовавшие до пандемии. Туберкулез по-прежнему представляет

угрозу жизням пациентов и проблему для здравоохранения многих стран. Существует вероятность ухудшения эпидемической ситуации по туберкулезу на фоне распространения COVID-19, что связано с нарушением процесса выявления туберкулеза, а также риском его реактивации у ранее переболевших и у лиц с латентной туберкулезной инфекцией. Вышеуказанные проблемы могут неблагоприятно отразиться на уровне заболеваемости туберкулезной инфекцией и в детском возрасте, так как увеличится число детей, контактирующих с больными туберкулезом. Данное положение может потребовать расширения сферы применения иммунологических тестов нового поколения. Применение накопленного опыта и получение новых результатов исследований должны помочь предотвратить ухудшение эпидемической ситуации по туберкулезу в условиях пандемии COVID-19 в России и других странах мира. Решение проблем смертности и заболеваемости, связанных с туберкулезом и COVID-19, потребует глобального единства, политической воли — устранения глобального неравенства и монополий власти — улучшения финансирования разработки вакцин, и усиления поддержки профилактических и интервенционных стратегий для обоих заболеваний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Corman V.M. Muth D. Niemeyer D. Drosten C. Hosts and sources of endemic human coronaviruses. *Adv Virus Res.* 2018; 100: 163–188
2. Wang C. Horby P.W. Hayden F.G. Gao G.F. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet.* 2020; 395: 470–473
3. Yang L. Xie X. Tu Z. Fu J. Xu D. Zhou Y. The signal pathways and treatment of cytokine storm in COVID-19. *Signal Transduct Target Ther.* 2021; 6: 255
4. Fajgenbaum D.C. Storm June CH. Cytokine N Engl J Med. 2020; 383: 2255–2273
5. Lei Y. Zhang J. Schiavon C.R. He M. Chen L. Shen H. et al. SARS-CoV-2 spike protein impairs endothelial function via downregulation of ACE2. *Circ Res.* 2021; 128: 1323–1326
6. Yamada Y. Fujinami K. Eguchi T. Takefuji H. Mori N. Multisystem inflammatory syndrome in adults after mild SARS-CoV-2 infection. *Jpn Emerg Infect Dis.* 2021; 27: 1740–1742
7. Velavan T.P. Meyer C.G. The COVID-19 epidemic. *Trop Med Int Health.* 2020; 25: 278–280
8. Phua J. Weng L. Ling L. Egi M. Lim C.M. Divatia J.V. et al. Intensive care management of coronavirus disease 2019 (COVID-19): challenges and recommendations. *Lancet Respir Med.* 2020; 8: 506–517
9. Boutin S. Hildebrand D. Boulant S. Kreuter M. Rüter J. Pallerla S.R. et al. Host factors facilitating SARS-CoV-2 virus infection and replication in the lungs. *Cell Mol Life Sci.* 2021; 78: 5953–5976
10. Garg S.K.L. Whitaker M. et al. Hospitalization rates and characteristics of patients hospitalized with laboratory-confirmed coronavirus disease 2019–COVID-NET, 14 States, March 1–30, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020; 69: 458–464
11. Niedzwiedz C.L. O'Donnell C.A. BD Jani Demou E. Ho F.K. Celis-Morales C. et al. Ethnic and socioeconomic differences in SARS-CoV-2 infection: prospective cohort study using UK Biobank. *BMC Med.* 2020; 18: 160
12. Hu B. Guo H. Zhou P. Shi Z.L. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol.* 2021; 19: 141–154
13. Adepoju P. Tuberculosis and HIV responses threatened by COVID-19. *Lancet HIV.* 2020; 7(5): e319–e320. [https://doi.org/10.1016/S2352-3018\(20\)30109-0](https://doi.org/10.1016/S2352-3018(20)30109-0)
14. Dara M, Sotgiu G, Reichler MR, Chiang CY, Chee CBE, Migliori GB. New diseases and old threats: lessons from tuberculosis for the COVID-19 response. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2020; 24(5): 544–545. <https://doi.org/10.5588/ijtld.20.0151>
15. Gao Y, Liu M, Chen Y, Shi S, Geng J, Tian J. Association between tuberculosis and COVID-19 severity and mortality: A rapid systematic review and meta-analysis. *J Med Virol.* 2021; 93(1): 194–196. <https://doi.org/10.1002/jmv.26311>
16. Tadolini M, Codecasa LR, García-García JM, Blanc FX, Borisov S, Alffenaar JW, Andréjak C, Bachez P, Bart PA, Belilovski E, Cardoso-Landivar J, Centis R, D'Ambrosio L, Luiza De Souza-Galvão M, Dominguez-Castellano A, Dourmane S, Fréchet Jachym M, Froissart
17. Забозлаев Ф.Г., Кравченко Э.В., Галлямова А.Р., Летуновский Н.Н. Патологическая анатомия легких при новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Предварительный анализ аутопсийных исследований. *Клиническая практика.* 2020; 11(2): 21–37. doi: 10.17816/clinpract348

18. Karagiannidis C., Mostert C., Hentschker C. et al. Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study // *Lancet Respir. Med.* — 2020. — Vol. 8. — N. 9. — P. 853–862. doi
19. О.Н. Зубань, М.Н. Решетников, А.В. Устинов ГБУЗ «Московский научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы» COVID-19 у больных туберкулезом: одноцентровое исследование. Туберкулез и социально-значимые заболевания
20. Лебедева И.Б., Осинцева И.Ю., Бондаренко Т.Е., Пьянзова Т.В., Брусина Е.Б. COVID-19 в популяции больных туберкулезом: эпидемиологическая и клиническая характеристика. *Фундаментальная и клиническая медицина.* 2021;6(3):71–84. <https://doi.org/10.23946/2500-07>
21. Фтизиатрия. Национальные клинические рекомендации / под ред. П.К. Яблонского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. [Yablonsky PK, ed. *Phthiology: National Clinical Guidelines.* Moscow: GEOTAR-Media; 2015 (In Russ).]
22. Старшинова А.А., Кушнарева Е.А., Малкова А.М., Довгало И.Ф., Кудлай Д.А. Новая коронавирусная инфекция: особенности клинического течения, возможности диагностики, лечения и профилактики инфекции у взрослых и детей. *Вопросы современной педиатрии.* 2020;19(2)
23. Glaziou P. Predicted impact of the COVID-19 pandemic on global tuberculosis deaths in 2020. *MedRxiv.* 2020. doi: 10.1101/2020.04.28.20079582
24. Екатеринбург О.Л., Малкова А.М., Карев В.Е., Кудрявцев И.В., Зинченко Ю.С., Потепун Т.Б., Кудлай Д.А., Старшинова А.А. Особенности диагностики туберкулеза на фоне COVID-19. *Журнал инфектологии.* 2021;13(1):117–123. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2021-13>
25. Л.И. Русакова, Д.А. Кучерявая, С.А. Стерликов Оценка влияния пандемии COVID-19 на систему оказания противотуберкулезной помощи в Российской Федерации. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.* 2021 г.
26. World Health Organization Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report-51. World Health Organization, 2020. [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situationreports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf?sfvrsn=1ba62e57\\_10](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situationreports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf?sfvrsn=1ba62e57_10)
27. Лодягин А.Н., Батоцыренов Б.В., Шикалова И.А., Вознюк И.А. Ацидоз и токсический гемолиз — цели патогенетического лечения полиорганной патологии при COVID-19. *вестник восстановительной медицины.* 2020; 97 (3): 25–30. doi:10.38025/2078-1962-2020-97-3-25-30
28. Dhar Chowdhury S, Oommen AM. Epidemiology of COVID-19. *Journal of Digestive Endoscopy.* 2020;11(1):3–7. doi:10.1055/s-0040-1712187
29. Chow EJ. The Multisystem Inflammatory Syndrome in Adults With SARS-CoV-2 Infection — Another Piece of an Expanding Puzzle. *JAMA Netw Open.* 2021;4(5):e2110344. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.10344
30. Parums DV. Editorial: Multisystem Inflammatory Syndrome in Adults (MIS-A) and the Spectrum of COVID-19. *Med Sci Monit.* 2021;27: e935005. doi: 10.12659/MSM.935005.
31. Legrand M, Bell S, Forni L et al. Pathophysiology of COVID-19-associated acute kidney injury. *Nat Rev Nephrol.* 2021;17:751–764. doi:10.1038/s41581-021-00452-0
32. Yang X, Yu Y, Xu J et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir Med.* 2020;8(5):475–81. doi:10.1016/S2213-2600(20)30079-5
33. Sharma P, Ng JH, Bijol V, Jhaveri KD, Wanchoo R. Pathology of COVID-19-associated acute kidney injury. *Clin Kidney J.* 2021;14(1):30–39. doi:10.1093/ckj/sfab003
34. Benedetti C, Waldman M, Zaza G, Riella LV, Cravedi P. COVID-19 and the Kidneys: An Update. *Front Med (Lausanne).* 2020;7:423. doi:10.3389/fmed.2020.00423
35. Cummings MJ, Baldwin MR, Abrams D, et al. Epidemiology, clinical course, and outcomes of critically ill adults with COVID-19 in New York City: a prospective cohort study. *Lancet.* 2020;395(10239):1763–1770. doi:10.1016/S0140-6736(20)31189-2
36. Cheng Y, Luo R, Wang X, et al. The Incidence, Risk Factors, and Prognosis of Acute Kidney Injury in Adult Patients with Coronavirus Disease 2019. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2020;15(10):1394–1402. doi:10.2215/CJN.04650420
37. Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395(10223):497–506. doi:10.1016/S0140-6736(20)30183-5
38. Mohamed MMB, Lukitsch I, Torres-Ortiz AE, et al. Acute kidney injury associated with coronavirus disease 2019 in urban New Orleans. *Kidney360.* 2020; 1:614–622. doi:10.34067/KID.0002652020
39. Miller SE, Brealey JK. Visualization of putative coronavirus in kidney. *Kidney Int.* 2020;98(1):231–232. doi: 10.1016/j.kint.2020.05.004.
40. Naicker S., Yang C.-W., Hwang S.-J., et al. The novel coronavirus 2019 epidemic and kidneys. *Kidney Int.* 2020;97:824–828. doi:10.1016/j.kint.2020.03.001
41. Yang X., Yu Y., Xu J., et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single centered, retrospective, observational study. *Lancet Respir. Med.* 2020;8:475–481. doi:10.1016/S2213-2600(20)30079-5
42. Tipnis S.R., Hooper N.M., Hyde R., et al. A human homolog of angiotensin converting enzyme. Cloning and functional expression as a captopril-insensitive carboxypeptidase. *J. Biol. Chem.* 2000; 275(43): 33238–43. doi:10.1074/jbc.M0026152008
43. Lambert D.W., Yarski M., Warner F.J., et al. Tumor necrosis factor-alpha convertase (AD-AM17) mediates regulated ectodomain shedding of the severe-acute respiratory syndrome-coronavirus (SARS-CoV) receptor, angiotensin-converting enzyme-2 (ACE2). *J. Biol. Chem.* 2005; 280(34): 30113–9. doi:10.1074/jbc.M5051112009
44. Hamming I., Cooper M.E., Haagmans B.L., et al. The emerging role of ACE2 in physiology and disease. *J. Pathol.* 2007; 212(1): 1–11. doi: 10.1002/path.2162
45. Hamming I., Timens W., Bulthuis M.L.C., et al. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. *J. Pathol.* 2004;203:631–637. doi: 10.1002/path.1570

© Юсупалиева Муяссар Мансуровна ( 1717pul@gmail.com ), Чуудинова Дарья Сергеевна ( d.chudinova90@gmail.com ),  
Заурова Мариам Борисовна ( zaurova.mariam@bk.ru ), Энзель Дарья Анатольевна ( darya.enzel@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Abdullaev I.** — St. Petersburg State Pediatric Medical University Pediatrics  
abdullaev@gmail.com

**Abuladze I.** — Candidate of medical science, State Budgetary institution «City polyclinic No. 22» of the Department of Health of Moscow  
ser.abuladze@yandex.ru

**Admaev E.** — Resident, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University"  
egor199804@mail.ru

**Akhmedova N.** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University  
natalya.ahmedova@klgtu.ru

**Al' Nasravi Faris Khazim Abdulsada** — Postgraduate student, Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A  
farisiraq21@gmail.com

**Al Batkhawi Ahmed Ali-Qadom,**—Volgograd State Technical University  
a.russia2014@gmail.com

**Alpatskaya A.** — I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University  
a.alpatckaia@mail.ru

**Alsaadi Ahmed Shakir-Issa,**—Volgograd State Technical University  
ahmedalsaadi309@gmail.com

**Antipenko V.** — Doctor of technical sciences, associate professor, Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education "Russian University of Transport"  
antipenkovs7@mail.ru

**Antipina E.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Udmurt State University, Izhevsk  
antipinaelena@gmail.com

**Arakelyan V.** — MD., Professor, Bakoulev National Scientific and Practical Center for Cardiovascular Surgery

**Asfha Amanuel Estifanos** —Post-Graduate student, ITMO University  
pressa@itmo.ru

**Astakhov M.** — Leading Programmer, D.F. Ustinov Baltic State Technical University "VOENMEH"  
infonaftoo@mail.ru

**Babich N.** — Postgraduate student, Federal Stateautonomous Educational Institution Higher Education "Russian University of Transport"  
babichnikolay35@gmail.com

**Balabanova O.** — Postgraduate student, Northern Trans-Ural State Agricultural University  
qlka92@mail.ru

**Balter R.** — Candidate of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University, Samara  
samaraobsgyn2@yandex.ru

**Balysheva A.** — Resident, Far Eastern State Medical University (FESMU)  
anbalysheva@mail.ru

**Belozertseva O.** — PhD in Medicine, Assistant, Irkutsk State Medical University  
stom.ocean@mail.ru

**Bolotin K.** — Assistant, MIREA – Russian Technological University  
bolotin@mirea.ru

**Borovkov Yu.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian University of Transport (MIIT)  
brovkov@mail.ru

**Chepurko S.** — Postgraduate, Pacific National University (Khabarovsk)  
chepurkojm@gmail.com

**Chesalin A.** — Ph.D., Associate Professor, MIREA – Russian Technological University  
chesalin\_an@mail.ru

**Chetyrev K.** — Volgograd State Technical University

**Chudinova D.** — Assistant, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Institute of S.I. Georgievsky Medical Academy, Simferopol

**Demyanenko A.** — Doctor of technical sciences, professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport" (MIIT)  
afdco89@rambler.ru

**Dragich O.** — Doctor of Biological Sciences, professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University  
dragichoa@gausz.ru

**Dubinina V.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Medical University (FESMU) vickdoctor@yandex.ru

**Dzyuba A.** — Resident doctor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) dzyuba\_anya@list.ru

**Efros L.** — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "South Ural State Medical University" of the Ministry of Health of Russia LLA1905@mail.ru

**Enzel D.** — V.I. Vernadsky Crimean Federal University, S.I. Georgievsky Medical Academy Institute, Simferopol

**Gurdzibeev A.** — Postgraduate, Bakoulev National Scientific and Practical Center for Cardiovascular Surgery atsamaz.gurdzibeev@mail.ru

**Gushchina Yu.** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Volgograd State Technical University jgushina@mail.ru

**Ibragimova A.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University, Samara a.r.ibragimova@samsmu.ru

**Ilchenko O.** — Post-graduate student, Samara State Medical University, Samara; Doctor-obstetrician-gynecologist GBUZ SO SGP № 3, Samara olesay.ilchenko@gmail.com

**Imanmalikova A.** — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" aimanmalikova@bk.ru

**Istamqulov H.** — PhD, Khujand State University, Tajikistan, Khujand istamqulov@gmail.com

**Ivanov A.** — MIREA – Russian Technological University alexandr.link.ivanov@gmail.com

**Ivanova T.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University, Samara t.v.ivanova@samsmu.ru

**Kabulova I.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, North-Ossetian State Medical Academy of the Ministry of health of the Russian Federation; junior researcher at the Institute of biomedical research – a branch of the VLADIKAVKAZ research center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz

**Kabytova M.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" mashan.hoi@mail.ru

**Kabytova M.** — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Medical University mashan.hoi@mail.ru

**Kantaria G.** — Resident, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" gvantsa\_15@mail.ru

**Karkaeva M.** — St. Petersburg State Pediatric Medical University karkaevamr@gmail.com

**Karpov D.** — Candidate of technical sciences, MIREA - Russian Technological University

**Karpukhin E.** — Leading Engineer, National Research University ITMO ret1987@ya.ru

**Kharlamova O.** — Volgograd State Medical University olgakriushina1999@mail.ru

**Khasanova J.** — I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University khasanova.dzhamilia@yandex.ru

**Klimov A.** — Doctor of medical science, Professor, Peoples ' Friendship University Of Russia

**Kodanev V.** — Cand. Sc. (Technical), Associate Professor, MIREA – Russian Technological University kod\_v@mail.ru

**Kondybayeva A.** — Graduate student, National University of Science and Technology MISiS alma.kond@gmail.com

**Koryazhmina I.** — Graduate student, Federal State Budgetary Institution "State Reserve "Belogorye" Ira090984@mail.ru

**Kozlyayeva E.** — Moscow State Technical University named after N.E. Bauman kozlyayevaea@mail.ru

**Ksenofontov B.** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman kbsflot@mail.ru

**Kulik S.** — Doctor of Technical Sciences, assistant professor, National Research Nuclear University MEPhi (Moscow Engineering Physics Institute)  
sedmik@mail.ru

**Kurskoy A.** — Graduate student, Federal State Autonomous Educational Institution Of Higher Education «Belgorod State National research university»  
kurskoy@bsu.edu.ru

**Mansurov T.** — Graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of the Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov"  
temur93\_93@mail.ru

**Mikhailov A.** — MIREA – Russian Technological University  
amih813@gmail.com

**Moskalets O.** — Moscow Regional Research Clinical Institute named after M.F. Vladimirovskiy, Moscow  
6816000@mail.ru

**Nikolaev Yu.** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Volgograd State Technical University  
yuri-nikolaev@yandex.ru

**Osinkina T.** — Candidate of biology sciences, senior lecturer, FGBOU "Orenburg state medical university" Ministry of Health of the Russian Federation"  
osinkina12@mail.ru

**Papitashvili V.** — Cand. Med. Sc., Associate Professor, Bakoulev National Scientific and Practical Center for Cardiovascular Surgery

**Pavlenko E.** — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport" (MIIT)  
katerina-pavlenko@mail.ru

**Penin A.** — ITMO University, St. Petersburg  
gorogtheghost@gmail.com

**Petrova K.** — Engineer, D.F. Ustinov Baltic State Technical University "VOENMEH"  
kristina.pet70@yandex.ru

**Provotorov N.** — Graduate student, Moscow Polytechnic University  
provotorovworkmail@gmail.com

**Rasulov M.** — Postgraduate student, MIREA – Russian Technological University  
mirzorasulov@gmail.com

**Riabkova D.** — Post-graduate student of Cherepovets State University, Cherepovets  
da.gorchakova@yandex.ru

**Ryzhkova V.** — Volgograd State Medical University  
varyar99@yandex.ru

**Shabalov V.** — PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Cherepovets State University, Cherepovets  
shabvic@mail.ru

**Shakhsuvarova I.** — Postgraduate student, The Bonch-Bruевич Saint - Petersburg State University of Telecommunications  
shahsuvarova.ilona@mail.ru

**Sharmaev V.** — FGBOU VO "Moscow Aviation Institute (National Research University)"  
vadssx@ya.ru

**Shoberg A.** — Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Pacific National University (Khabarovsk)  
shoberg@rambler.ru

**Shtanko A.** — Postgraduate Student, National Research Nuclear University MEPhi (Moscow Engineering Physics Institute)  
shtanko-mephi@yandex.ru

**Shurygina I.** — DSc in Medicine, Professor of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology  
irinashurygina@gmail.com

**Sidorin S.** — FGBOU VO "Moscow Aviation Institute (National Research University)"  
sarmatsid@yandex.ru

**Sidorova C.** — Doctor of Biological Sciences, professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University  
sidorova@gausz.ru

**Skulyabina O.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, D.F. Ustinov Baltic State Technical University "VOENMEH"  
skuliabina\_ov@voenmeh.ru

**Smyslova A.** — PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Cherepovets State University, Cherepovets  
grafista@mail.ru

**Sytnikova A.** — Russian University of Transport (MIIT)  
sytnikovaad99@mail.ru

**Taranov R.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman  
rt\_1977@mail.ru

**Taratonov I.** — General Director, LLC "NOON. 21st CENTURY"  
Ilya.taratonov@1221.su

**Tatarnikova N.** — Ph.D. in Veterinary Sciences, Professor, Perm State Agro-Technological University  
tatarnikova.n.a@yandex.ru

**Tokhtar V.** — Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National research university»  
tokhtar@bsu.edu.ru

**Tomashevsky Yu.** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A  
tomash@sstu.ru

**Trebunskikh A.** — Applicant, Samara State Medical University, Samara; Doctor-obstetrician-gynecologist GBUZ SO SGP № 3, Samara

**Tretyakov M.** — Ph.D., Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Belgorod State National research university"  
tretyakovmiy@gmail.com

**Trotsky A.** — D.F. Ustinov Baltic State Technical University "VOENMEH"  
andreitrockii@gmail.com

**Tsallagova L.** — Doctor of medical sciences, professor, North-Ossetian State Medical Academy of the Ministry of health of the Russian Federation; head Department of the Institute of biomedical research – a branch of the VLADIKAVKAZ research center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz  
akusherstvo\_1@mail.ru

**Tsekatunov D.** — Center of oncology  
volkov\_av@kkco.khv.ru

**Tselkovich L.** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University, Samara

**Tsoroeva M.** — I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University  
mtsoroyeva@list.ru

**Tsoroeva D.** — I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University  
tsoroeva.dali@mail.ru

**Ushkova N.** — Assistant, MIREA – Russian Technological University  
ushkova.n.n@mail.ru

**Vaish Abhishek**—PhD in IT Security, Associate Professor, Indian Institute of Information Technology, Allahabad, Deogat Jhkalva  
abhishek@iiita.ac.in

**Vitjazeva O.** — PhD, associate professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
vitjazeva\_olga@mail.ru

**Volkov A.** — Candidate of Medical Sciences, Center of oncology  
volkov\_av@kkco.khv.ru

**Vorobieva I.** — Applicant, MIREA - Russian Technological University  
irina2803v@mail.ru

**Wall E.** — Graduate student, Kaliningrad State Technical University  
wall\_ewgen@mail.ru

**Yusupalieva M.** — MD, Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, S.I. Georgievsky Medical Academy Institute, Simferopol

**Zaurova M.** — V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Institute of S.I. Georgievsky Medical Academy, Simferopol

**Zherdev A.** — Virus analyst, Group-IB  
misterrio535@gmail.com

**Zhuravleva L.** — GBUZ "Chelyabinsk Regional Clinical Hospital"  
milana\_1610@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](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).

