

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 7 2018 (ИЮЛЬ)

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

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

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

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

### Издатель:

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

Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел/факс: 8(495) 755-1913

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

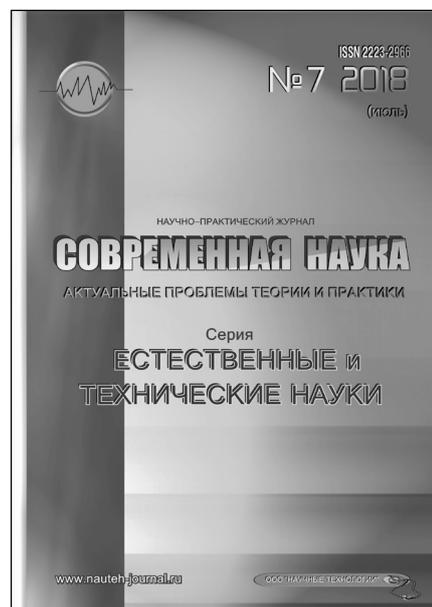
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

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



### В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ,  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ  
И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ,  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ,  
ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ,  
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

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

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

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 20.07.2018 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Харитонов Михаил Анатольевич** — д.м.н., профессор, заместитель главного пульмонолога МО РФ, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

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

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Бутакова С. В., Кочерыгина Е. В., Вершинина С. Э.** — Экологические проблемы утилизации отходов ЖКХ на примере Иркутской области  
*Butakova S., Kocherygina E., Verшинina S.* — Environmental problems of waste management of housing and communal services on the example of the Irkutsk region. .... 6
- Гусейнов Н. Г., Антропова А. Д., Сергеева Ю. Е., Шведова А. Н.** — Болезни вызываемые гельминтами, как биологические факторы риска  
*Guseinov N., Antropova A., Sergeeva Ju., Shvedova A.* — Diseases caused by helminths as biological risk factors. .... 11
- Ломадзе С. В., Кабиров Р. Р., Пурина Е. С., Сафиуллина Л. М., Иванова А. П.** — Воздействие солей натрия на микроскопическую зеленую водоросль *Scotiellopsis rubescens*  
*Lomadze S., Kabirov R., Purina E., Safiullina L., Ivanova A.* — Effect of sodium salts on microscopic green algae *Scotiellopsis rubescens* ..... 14
- Рябуха А. В., Сторчак Т. В.** — Оценка степени загрязнения почв на участках нефтяных разливов Самотлорского месторождения  
*Ryabukha A., Storchak T.* — Soil contamination assessment on oil spill sites of the Samotlor oil field. .... 18
- Салькина Г. П., Колесников В. С., Ерёмин Д. Ю.** — Сопряжённая динамика численности тигра и копытных животных в Лазовском заповеднике  
*Salkina G., Kolesnikov V., Eryomin D.* — Population dynamics of the amur tiger and the ungulates in Lazovsky Zapovednik. .... 25
- Сультимова Т. Д.** — Изучение влияния компонентов питательной среды на антибиотические свойства *Lactococcus Lactis* K205  
*Sultimova T.* — The study of influence of media components on antibiotic properties of *Lactococcus Lactis* K205 ..... 35
- Хазиахметов Р. М., Бикташева Г. Х.** — Экологическая оценка состояния почвы урбанизированных систем на примере города Ишимбай  
*Khaziakhmetov R., Biktasheva G.* — Ecological assessment of urban systems soil condition on the example of Ishimbay city. .... 39

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

- Суханов А. В.** — Автономный беспроводной сенсорный узел для контроля газовой среды на промышленных объектах  
*Sukhanov A.* — Development of autonomous wireless sensor node for control of the gas environment on industrial facilities ..... 43

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Александрова М. Е.** — Умножение частоты в высокостабильных кварцевых генераторах на основе перераспределения энергии в спектре по гармоникам  
*Alexandrova M.* — Frequency multiplication in highly stable quartz oscillators on the basis of energy redistribution in the spectrum by harmonics. .... 49
- Гольцов А. С., Которов В. В., Булатов И. И.** — Обзор на пятое поколение сети мобильной связи  
*Goltsov A., Kotorov V., Bulatov I.* — Evaluation of the use of directional antennas on a mobile base station with an effect on fading ..... 61
- Гольцов А. С., Которов В. В., Булатов И. И.** — Оценка использования направленных антенн на мобильной базовой станции с влиянием на замирания  
*Goltsov A., Kotorov V., Bulatov I.* — Evaluation of the use of directional antennas on a mobile base station with an effect on fading ..... 68
- Калин В. Б., Калина Л. С.** — Беспроводная передача радиочастотных сигналов в водных средах  
*Kalin V., Kalina L.* — The possibility of wireless transmission of radio frequency signals in water environments ..... 74
- Мансуров А. В., Ладыгин П. С.** — Предварительная оценка показателя доступности для соглашений SLA для услуг на первичной сети операторов связи  
*Mansurov A., Ladygin P.* — Evaluation of SLA Service Availability Parameter for Primary Networks. .... 79

ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ

- Алексеев С. А., Гончар А. А., Парфенов Н. П., Стахно Р. Е.** — Частная модель руководителя тренажерной подготовки по судовождению в структуре требований к нему  
*Alekseev S., Gonchar A., Parfenov N., Stahno R.* — Private model of the head of simulator training in navigation in the structure of requirements to it .....85
- Варакушин С. А.** — Методика расчёта степени износа тормозных колодок автомобилей методом нейросетевого моделирования  
*Varakushin S.* — Method of calculating the degree of wearing of brake pads for cars by the method of neuro network modeling .....91
- Варламов О. О., Афанасьев Г. И., Марченко А. В., Бушуев Р. А.** — Разработка автоматизированной системы по настройке экрана рабочего стола компьютера для слабовидящих людей  
*Varlatomov O., Afanasyev G., Marchenko A., Bushuev R.* — Development of an automated system for setting up a desktop computer screen for visually impaired people .....97
- Гусев М. Н., Пахомов М. О., Рожнов В. С.** — Позиционирование виртуальных источников  
*Gusev M., Pahomov M., Rozhnov V.* — Positioning of virtual sources .....105
- Кольчерин Д. В., Печеркин С. А.** — Использование нейронных сетей для определения состояния информационной безопасности локального сегмента сети  
*Kolcherin D., Pecherkin S.* — Using neural networks for detection the local network information security state .....111
- Митращук В. В.** — Разработка, тестирование и оценка шифратора с переменной фрагментацией блока для протокола безопасного обмена информацией  
*Mitrashchuk V.* — Testing and estimation of encrypt quality with alternating block fragmentation for the protocol of secure data exchange .....118
- Ромашкова О. Н., Федин Ф. О., Фролов П. А.** — Применение нейросетевых технологий для проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании  
*Romashkova O., Fedin F., Frolov P.* — Neuronetwork technologies application for the inspection of the net trading companies contracts trustworthiness .....126
- Солдатов А. Н., Хасаншин И. А.** — К вопросу об эффективности применения технологии распределенного реестра в бизнес-процессы производственных компаний  
*Soldatov A., Hasanshin I.* — To a question of the effectiveness of the application of distributed registry technology in the business processes of manufacturing companies .....131
- Стенин А. В.** — Исследование эффективности алгоритма машинного обучения системы когнитивного радио для работы с динамическими каналами передачи данных  
*Stenin A.* — Investigation of the effectiveness of the algorithm machine learning cognitive radio system to work with dynamic data transfer channels ..... 136
- Чан Ван Хуеу** — Разработка системы управления процессом наложения давления в гидроприводе  
*Tran Van Hieu* — Development of the process control system of pressure pressure in the hydro drive .....143
- Чикрин Д. Е., Голоусов С. В., Главатцкий Н. В., Ермаков Д. В., Степанов А. Н., Кокунин П. А.** — Нахождение оптимальных наборов признаков в задачах классификации воздействий на вибрационных датчиках  
*Chickrin D., Golousov S., Glavatskiy N., Ermakov D., Stepanov A., Kokunin P.* — Determination of optimum feature sets for vibration-based sensor events classification ..... 147
- Шавлохов С. Х.** — Анализ методов формализованного описания систем управления технологическим процессом цинкового производства  
*Shavlokhov S.* — The analysis of methods of the formalized description of control systems of technological process of zinc production .....154
- Шаповалов В. А.** — Информационная система анализа и отображения данных доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С  
*Shapovalov V.* — Information System for Data Analysis and Display of Doppler Weather Radar DMRL-C .....158
- Юркин В. М., Радченко И. А., Яркин А. С.** — Сравнение алгоритмов вычисления редакционного расстояния на примере медицинских заключений  
*Yurkin V., Radchenko I., Yarkin A.* — Comparison of algorithms for computing the drafting distance on the example of medical reports .....166

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Айсханов С. К., Айсханов С. С.** — Заживление раны как проявление генетического полиморфизма  
*Aishanov S., Aishanov S.* — Wound healing as a manifestation of genetic polymorphism .....173
- Андреева Е. А., Андреева Е. И.** — Течение гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и показатели артериального давления у больных с метаболическим синдромом разных возрастных групп  
*Andreeva E., Andreeva E.* — The course of gastroesophageal reflux disease and indices of arterial pressure in patients with metabolic syndrome of different age groups .....175
- Барсегян Г. О.** — Комплексная терапия тяжелой формой синдрома Ашермана  
*Barsegyan G.* — Complex therapy of severe asherman syndrome .....180
- Бурджалиева А. Д.** — Эффективность психотерапии на примере пациентов, страдающих алкоголизмом  
*Burdjalieva A.* — Indicators of effectiveness of psychotherapy in the treatment of patients suffering from alcoholism .....185
- Глушенко Д. Е.** — Точечная и двумерная эластография сдвиговой волной для неинвазивной оценки фиброза печени  
*Glushenko D.* — Point and two-dimensional shear wave elastography for noninvasive assessment of liver fibrosis .....188
- Гуменюк Л. Н., Гербали О. Ю.** — Пути оптимизации симультанного лечения сочетанной хирургической патологии  
*Gumenyuk L., Gerbali O.* — The ways of optimizing the simultaneous treatment of associated surgical pathology .....192
- Дарвин В. В., Степанов А. В., Краснов Е. А., Васильев В. В.** — Трехмерная видеолaparоскопическая технология в хирургическом лечении больных с острым калькулезным холециститом  
*Darvin V., Stepanov A., Krasnov E., Vasil'ev V.* — Three-dimensional video laparoscopic technology in the surgical treatment of patients with acute calculous cholecystitis .....195

- Кончаковский А. В., Кончаковский А. А.** — Одномоментная имплантация в лунку удаленного зуба и непосредственное предварительное имплантационное протезирование акриловыми конструкциями  
*Konchakovsky A., Konchakovsky A.* — Immediate dental implant placement with immediate loading following extraction of natural teeth. ....199
- Масыбаева А. А., Атыканов А. О.** — Клинико-гормональные аспекты гиперпластических процессов эндометрия у женщин репродуктивного возраста  
*Masybaeva A., Atykanov A.* — Clinical and hormonal aspects of endometrial hyperplastic processes in women of the reproductive age .....205
- Миронов А. В., Умаханова М. М., Богачева Н. С.** — Влияние препаратов прогестерона на состояние эндотелиальной системы у беременных  
*Mironov A., Umahanova M., Bogacheva N.* — Progesterone and endothelial system at pregnant women .....209
- Миронов А. В.** — Морфоцитометрическая диагностика патологии фетоплацентарного комплекса  
*Mironov A.* — Morfocytometric diagnosis of pathology of a fetoplacental complex .....216
- Русанов В. Б., Баевский Р. М.** — Исследование механизмов регуляции системы кровообращения в условиях изоляции (эксперимент sirius-17)  
*Rusanov V., Baevsky R.* — Investigation of cardiovascular system regulatory mechanisms in isolation (sirius-17 experiment) .....221
- Шевченко Д. П., Пергатый Н. А., Костенко О. Ю., Джамбровская И. В.** — Клинические результаты стоматологического ортопедического лечения больных с полным отсутствием зубов на нижней челюсти с применением внутрикостных мини имплантатов  
*Shevchenko D., Pergatyy N., Kostenko O., Djambrovskaya I.* — Clinical results of dental orthopedic treatment of patients with complete absence of teeth on the lower jaw with the use of intraosseous mini implants .... 226
- ИНФОРМАЦИЯ**
- Наши авторы. Our Authors. ....231
- Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....234

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖКХ НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

### ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF WASTE MANAGEMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES ON THE EXAMPLE OF THE IRKUTSK REGION

*S. Butakova  
E. Kocherygina  
S. Vershinina*

*Summary.* Purpose. In the present work, the analysis and identified the main problems of waste disposal of housing and communal services and identified ways to solve them on the example of the Irkutsk region.

*Methods.* The research was carried out by known analytical methods with the use of modern devices and equipment and processing of the data on the PC. The main methods of studying the waste management system are observation, comparison, measurement, experiment, abstraction, analysis, synthesis, historical method, method of ascent from the abstract to the concrete.

*Results and their discussion.* The article identified the key problems in the processing of MSW in the Irkutsk region and outlined ways to solve the identified problems.

To increase the volume of processing of MSW in the cities of the Irkutsk region and the entire Russian Federation, it is necessary to improve the organizational and economic aspects of waste management. The organizational and economic mechanism of management of MSW should be based on the following principles of economic interest and responsibility.

*Keywords:* production waste, consumption waste, solid municipal waste, waste management system, waste classification.

**Бутакова Светлана Викторовна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»  
5962svetlana.butakova@mail.ru

**Кочерыгина Елена Викторовна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

**Вершинина Светлана Эдуардовна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

*Аннотация.* Цель. В представленной работе проведен анализ и выявлены основные проблемы утилизации отходов ЖКХ и выявлены пути их решения на примере Иркутской области.

*Методы.* Проведение исследований осуществлялось известными аналитическими методами с применением современных приборов и оборудования и обработкой полученных данных на ПК. Основными методами исследования системы обращения с отходами являются наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент, абстрагирование, анализ, синтез, исторический метод, метод восхождения от абстрактного к конкретному.

*Результаты и их обсуждение.* В статье были определены ключевые проблемы по переработке ТКО в Иркутской области и намечены пути решения выявленных проблем.

Для повышения объемов переработки ТКО в городах Иркутской области и всей Российской Федерации необходимо совершенствование организационных и экономических аспектов управления отходами. Организационно-экономический механизм управления ТКО должен базироваться на следующих принципах экономической заинтересованности и ответственности.

*Ключевые слова:* отходы производства, отходы потребления, твердые коммунальные отходы, система управления отходами, классификация отходов.

**О**тходами называют вещества или отработки, которые потеряли потребительские свойства и не могут быть использованы. Большинство веществ может быть использовано, ограничением непригодности является экономическая целесообразность и отсутствие передовых технологий. [7; 9]

Важнейшей задачей обеспечения экологической безопасности крупных городов России является решение проблемы образования и размещения твердых коммунальных отходов (далее — ТКО). [4; 5; 6] Это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратив-

шие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. Вследствие повышения уровня жизни населения объем ТКО ежегодно увеличивается: в настоящее время этот показатель составляет уже около 500–800 кг в год на каждого жителя больших городов. Например, в 2017 г. в крупных городах Иркутской области объем образования ТКО варьировался в пределах 302731 кг, объем размещения — 68–718 кг на 1 жителя.

Город Иркутск является областным центром и входит в число крупнейших экономических, культурных и науч-

Таблица 1. Экологический ущерб, наносимый существующей системой обращения с твердыми коммунальными отходами

Количество существующих свалок	Площадь земельных участков, занятых под свалки, га	Объем вредных веществ, попадающих в почву, т/год	Объем вредных веществ, поступающих в атмосферу, т/год
47	более 20	более 400	более 2700

ных центров Российской Федерации. В городе Иркутск развивающаяся инфраструктура, преимущественно многоквартирные дома (5190 шт.), в зданиях предусмотрены: централизованное отопление, обеспечение газом, системы водоснабжения и водоотведения, вентиляции, обеспечение электроэнергией.

Обращение с ТКО на территории Иркутской области. Ежегодно в Иркутской области образуется около 1,5 млн. т. ТКО, на жителя приходится 250–300 кг отходов. На данный момент на территории области 47 полигонов и 2688 свалок. Почти в каждом населенном пункте организована свалка или несколько свалок, но большинство из них не соответствует требованиям природоохранного законодательства.

В настоящее время в Иркутской области система обращения с ТКО основана на захоронении на полигонах и на свалках, перерабатываются только 3% общего годового объема ТКО (в основном это лом, отходы черных и цветных металлов, полимерные материалы).

На территории области имеется 1108 объектов размещения отходов производства и потребления, из которых 462 объекта представлено санкционированными свалками, введенными в эксплуатацию свыше 10 лет назад и на момент их открытия, не требовалось заключение органов и учреждений Госсанэпиднадзора.

Всего в Иркутской области имеется 493 несанкционированные свалки общей площадью около 288,85 га, на которых размещено почти 113,564 тыс. тонн ТКО.

Принципиальным и последовательным содержанием технической политики Правительства Иркутской области в коммунальном комплексе является:

- ◆ сокращение количества теплоисточников при повышении их топливной эффективности и последовательное замещение дорогостоящих энергоносителей на более экономичное твердое (уголь, древесные отходы);
- ◆ обеспечение благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в сферу коммунального хозяйства;
- ◆ ликвидация неэффективного управления объектами коммунального хозяйства, осуществляемо-

го муниципальными унитарными предприятиями;

- ◆ внедрение новых механизмов государственной поддержки развития и модернизации коммунальной инфраструктуры;
- ◆ переход на использование наиболее эффективных технологий, применяемых при модернизации (строительстве, создании) объектов коммунальной инфраструктуры.

В течение 2016 года министерством жилищной политики, энергетики и транспорта Иркутской области (далее — Министерство) было рассмотрено 332 заявки на получение субсидий, предоставленных 166 организациями. По результатам рассмотрения были приняты решения о предоставлении субсидии в отношении 159 организаций, на общую сумму 2720,0 млн. рублей и решения об отказе в предоставлении в отношении 7 организаций.

По состоянию на 1 января 2017 года Министерством была профинансирована субсидия за 2016 год в полном объеме всем организациям, предоставившим отчеты и ее общая сумма составила 1660,8 млн. рублей, кроме того была в полном объеме погашена задолженность по субсидиям за 2015 год в размере 641 млн. рублей и выплачена субсидия а приобретение топлива в размере 825,0 млн. рублей, и в результате профинансировано 3116,9 млн. рублей, что составляет 100% от предусмотренных средств в бюджете Иркутской области на цели предоставления субсидии.

Основные проблемы сферы ЖКХ — это ежегодный рост объемов недополученных доходов ресурсоснабжающих организаций, обусловленный политикой сдерживания роста платы граждан за жилищно-коммунальные услуги, при недостатке средств в бюджете Иркутской области для их возмещения.

Федеральным законом от 29 декабря 2014 года № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [2], отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» закрепляется новая система обра-

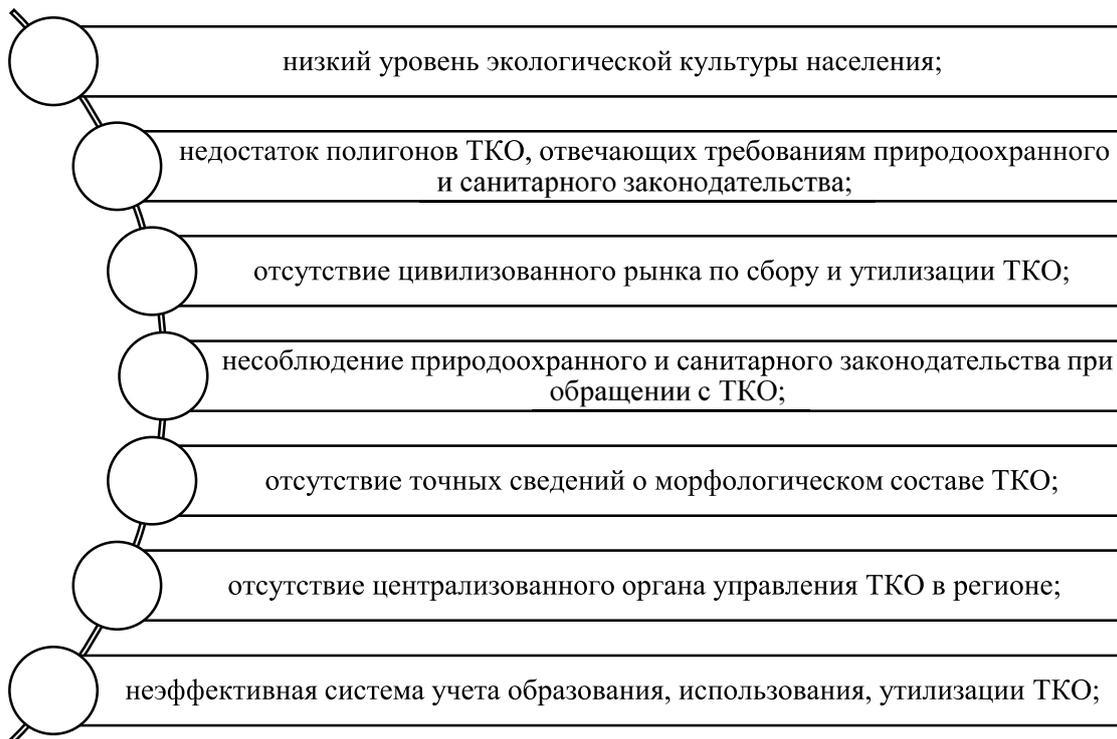


Рис. 1. Негативные моменты в сфере обращения с ТКО в Иркутской области (составлено авторами статьи)

щения с твердыми коммунальными отходами. В первую очередь, закон предусматривает перераспределение полномочий между органами государственной власти субъекта Российской Федерации органами местного самоуправления.

На территории субъектов Российской Федерации предусмотрено создание схем обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, с информацией об источниках их образования, объемах, целевых показателях по сбору, вывозу, утилизации, обезвреживанию и захоронению отходов, а также о местоположении объектов по утилизации, обезвреживанию и захоронению отходов. Появление таких схем позволит инвесторам рассчитывать загрузку предприятий.

Кроме того, вводится институт регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами (далее — ТКО), который в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой будет осуществлять сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание и захоронение твердых коммунальных отходов на территории субъекта Российской Федерации.

Региональные операторы будут самостоятельно заниматься организацией всей цепочки обращения с ТКО

на территории, определенной территориальной схемой обращения с отходами, в том числе с ТКО;

Новая система позволит в первую очередь обеспечить вывоз ТКО с экономически невыгодных территорий, во-вторых, обеспечить гарантированный поток объема ТКО на объекты обращения с ТКО, определенные в территориальной схеме, что повысит инвестиционную привлекательность отрасли и привлечет частные средства в сферу обращения с ТКО.

В течение 2016 года Министерством разработана вся необходимая нормативно-правовая база.

В течение 2017 года были объявлены конкурсные отборы по выбору региональных операторов по обращению с ТКО.

Основные полномочия в области организации обращения с отходами, связанные с организацией сбора, вывоза, утилизации и переработки коммунальных и промышленных отходов в России переданы органам местного самоуправления.

Характерной особенностью муниципальных образований является то, что они напрямую контактируют с населением и на этом уровне должны гарантировать

местному населению непосредственное, своевременное, системное (во времени и пространстве) обеспечение условий проживания и жизнедеятельности. Так, в экологическом разделе Стратегического плана развития г. Иркутска среди методов решения стратегических экологических задач выделены следующие: минимизация образования промышленных отходов; внедрение современных методов сбора, сортировки и переработки твердых бытовых (коммунальных) отходов; привлечение инвестиций и создание производств в сфере обращения с отходами.

Другими отрицательными моментами в сфере обращения с ТКО в Иркутской области выступают следующие (Рис. 1).

Для повышения объемов переработки ТКО в городах Иркутской области и всей Российской Федерации необходимо совершенствование организационных и экономических аспектов управления отходами. Организационно-экономический механизм управления ТКО должен базироваться на следующих принципах экономической заинтересованности и ответственности.

Во-первых, ответственность за действия по обращению с отходами не должна ложиться только на органы местного самоуправления, но и на потребителей и производителей. Речь в первую очередь идет о необходимости сокращения количества образования отходов у производителей и потребителей. Определенные шаги в данном направлении уже осуществлены. С целью реализации требований Федерального закона № 458 принятые следующие документы: «Перечень готовых товаров, включая упаковку, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств», «Нормативы утилизации отходов от использования товаров (продукции), в том числе потребительской упаковки таких товаров (продукции), после утраты потребительских свойств» и «Порядок взимания экологического сбора (в том числе порядок его исчисления, срок уплаты, порядок взыскания, зачета, возврата излишне уплаченных или излишне взысканных сумм экологического сбора)». В 2016 г. вступили в силу ключевые положения, касающиеся новой системы регулирования в области обращения с отходами, с 2017 г. начал действовать запрет на размещение

отдельных видов отходов, которые содержат полезные компоненты.

Во-вторых, отходы необходимо рассматривать как ресурс, который необходимо использовать, а не уничтожать. Как уже было сказано ранее, отходы можно использовать как энергетический ресурс. Кроме того, в странах с небольшой территорией на суше из промышленных и коммунальных отходов, прошедших термическую и механическую обработку, а затем спрессованных в брикеты, создают искусственные острова. Например, технология создания из мусора искусственных островов реализуется в Японии уже почти 10 лет. С

В-третьих, необходимо стимулирование развития инфраструктуры по обращению с городскими отходами. Для развития данного процесса в рамках российского законодательства произошли определенные изменения. В соответствии с Федеральным законом № 458 в Российской Федерации понятие «организация коммунального комплекса» заменяется понятием «операторы обращения с твердыми коммунальными отходами», которое теперь обозначает организации, осуществляющие деятельность по сбору, транспортированию, захоронению, утилизации отходов. Кроме того, вводится понятие «региональный оператор».

Это юридическое лицо, которому присваивается статус регионального оператора на основе конкурсного отбора на срок не менее чем 10 лет и который осуществляет свою деятельность в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой обращения с отходами. Региональные операторы заключают договоры на оказание услуг по обращению с ТКО с собственниками ТКО. Регулируемые виды деятельности (обработка ТКО, обезвреживание ТКО, захоронение ТКО, оказание услуг по обращению с ТКО региональным оператором) осуществляются региональными операторами по ценам, определенным соглашением сторон, но не выше предельных тарифов на осуществление соответствующих регулируемых видов деятельности в области обращения с ТКО, установленных органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области регулирования тарифов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Об отходах производства и потребления: федер. закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления»: федер. закон от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
3. О внесении изменений в ФЗ «Об отходах производства и потребления»: Федеральный закон № 503-ФЗ от 31.12.2017. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». [Текст] — Москва: Минприроды России; НИА — Природа, 2016. — 639 с.
5. Быков Д.Е., Рюмина Н.В., Стрельникова Т.Г., Седогин М.П. Пути совершенствования городской системы обращения ТБО // Экология и промышленность России. Сер. Анализ. Методики. Прогнозы. 2015. Октябрь. С. 28-31.
6. Гарин В.М. Обращение с опасными отходами: учеб. пособие / под ред. В.М. Гарина и Г.Н. Соколовой. М. и др.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2015. — 224 с.
7. Дерек Сильван. Муниципальные твердые отходы в городе Нью-Йорке: экономический и экологический анализ вариантов размещения // Экономика природопользования. 2016. № 2. С. 34–37.
8. Ежова А.А., Андросова Н.К. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13. Вып. 3. С. 94–97.
9. Кириллов В.В. Об утилизации отходов в Российской Федерации. Отраслевой портал. URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=193>
10. Петелин Е.В. Нормативно-правовое обеспечение экологической безопасности: экономические аспекты правоприменения при работе с отходами производства и потребления // Вестник МПА. 2015. № 4. С. 70–73.

© Бутакова Светлана Викторовна ( 5962svetlana.butakova@mail.ru ),  
Кочерыгина Елена Викторовна, Вершинина Светлана Эдуардовна,  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Иркутский национальный исследовательский технический университет

# БОЛЕЗНИ ВЫЗЫВАЕМЫЕ ГЕЛЬМИНТАМИ, КАК БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА

## DISEASES CAUSED BY HELMINTHS AS BIOLOGICAL RISK FACTORS

**N. Guseinov**  
**A. Antropova**  
**Ju. Sergeeva**  
**A. Shvedova**

*Summary.* Unfortunately, from time immemorial to the present day helminths were and are an integral part of people's lives. Parasites can have a negative impact on human existence, and sometimes even lead to death. Therefore, we set out to study the pathologies of parasitic etiology, in particular diseases caused by helminths, their biological aspects, epidemiological danger and risks to human health in the sphere of its life.

*Keywords:* helminths, biological aspects, risks, diseases, parasites, epidemics.

**Гусейнов Нажмутдин Гусейнович**

*Д.вет.н., профессор*

**Антропова Алёна Дмитриевна**

**Сергеева Юлия Евгеньевна**

**Шведова Анна Николаевна**

*Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО*

*«Владимирский государственный университет имени*

*Александра Григорьевича и Николая Григорьевича*

*Столетовых»*

*Аннотация.* К сожалению, испокон веков и до наших дней гельминты являлись и являются неотъемлемой частью жизни людей. Паразиты способны оказать негативное воздействие на существование человека, а иногда даже привести к летальному исходу. Поэтому мы задались целью изучить патологии паразитарной этиологии, в частности болезни, вызываемые гельминтами, их биологические аспекты, эпидемиологическую опасность и риски для здоровья человека в сфере его жизнедеятельности.

*Ключевые слова:* гельминты, биологические аспекты, риски, заболевания, паразиты, эпидемии.

## Введение

Соприкосновение с биологическими факторами опасности может произойти в любой момент, когда люди на рабочем месте вступают в контакт: с природными или органическими материалами, такими как земля, глина, растительные материалы (сено, солома, хлопок); с веществами животного происхождения (шерсть, волосы); с продуктами питания; с органической пылью (например, мука, бумажная пыль, перхоть животных); с отходами, сточными водами; с кровью и прочими содержащимися в организме жидкостями. К таким факторам опасности относятся бактерии, вирусы, грибки и паразиты [1]. Поскольку они редко заметны, то обусловленные ими риски не всегда можно оценить. Биологические факторы опасности могут вызывать три вида заболеваний: а) заболевания, вызванные паразитами, вирусами или бактериями; б) аллергию; в) отравляющие или токсичные воздействия [2]. Поэтому мы задались целью изучить патологии паразитарной этиологии, в частности болезни, вызываемые гельминтами, биологические аспекты и риски для здоровья человека в сфере его жизнедеятельности, их эпидемиологическую опасность.

## Материалы и методы

Объектом исследований были паразитарные болезни, наиболее часто встречающиеся в г. Муром и Муром-

ский район. Материалом стали результаты исследований клинко-диагностических бактериальных лабораторий, данных статистической отчетности территориального отделения Федерального управления Роспотребнадзор в период 2013–2018 г. Параллельно проводилась также работа по анализу данных ветеринарных учреждений (города и района), ежегодно фиксировавших динамику этого рода болезней среди животных.

## Результаты исследований

В результате установили — в общей структуре паразитарных заболеваний гельминтозы составляют 96,2% — 100%.

Наибольший всплеск этого рода болезней наблюдается в 2015 г.— 168 случаев паразитарных заболеваний; по сравнению с 2014 годом отмечается рост заболеваемости в 4 раза. В общей структуре паразитарных заболеваний энтеробиоз составляет 90,5%. В 2016 г. зарегистрировано 153 случая паразитарных заболеваний, по сравнению с 2015 годом отмечается снижение заболеваемости на 9%. Зарегистрировано 3 случая лямблиоза. Заболеваемость контактными гельминтозами (энтеробиозом) составляет 101,6%, в общей структуре паразитарных заболеваний 90,2%.

Данные таблицы свидетельствуют о высоком уровне гельминтозов и среди животных. Наиболее часто встре-

Таблица 1. Наиболее часто встречающиеся паразитозы за 2013–2017 гг. (на 100 тыс. нас.)

Нозологическая форма	2013	2014	2015	2016	2017
Аскаридоз	5,7	2,9	5,1	7,3	7,3
Энтеробиоз	39,7	17,4	111,0	101,6	106,6
Токсокароз	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Лямблиоз	2,1	0,7	0,7	2,2	2,3
Описторхоз	4,9	5,1	5,1	1,5	1,8

Таблица 2. Наиболее часто встречающиеся гельминтозы животных за 2013–2017 гг.

Нозологическая форма	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее	
						ЭИ	ИИ
Аскаридоз свиней	7,1	6,9	6,3	6,1	6,9	6,7	6,3
Стронгилоидоз свиней	19,0	18,7	18,9	18,3	18,6	18,7	8,2
Эхинококкоз	-	1,9	2,1	1,7	1,8	1,9	0,9
Описторхоз плотоядных	3,1	2,7	3,1	2,9	2,6	2,88	6,7
Телязиоз	19,0	18,7	18,9	18,3	18,6	18,7	13,7

чаются: Аскаридоз и стронгилоидоз свиней, эхинококкоз, описторхоз, телязиоз. Экстенсивность (ЭИ) в среднем составляет соответственно: 6,7%; 18,7%; 1,9%; 2,88%; 18,7%, а интенсивность (ИИ) — 6,3; 8,2; 0,9; 6,7; 13,7 экземпляров личинок.

### Обсуждение результатов

История гельминтов, их взаимоотношение с человеком уходят в далекое прошлое. В знаменитом папирусе Эберса, эпохи 1550 лет до н.э., имеются сведения о паразитических червях человека, в частности об аскариде. Паразиты способны оказать негативное воздействие на существование человека, а иногда даже привести к летальному исходу. Каковы же их биологические аспекты? В чем ущербность для человека в сфере его жизнедеятельности?

Аскаридоз — широко распространенное хроническое паразитарное заболевание, вызываемые человеческой аскаридой, высокой восприимчивостью (в зараженных районах может заболевать до 80% населения), с преимущественным поражением пищеварительного тракта, развитием аллергических реакций с тяжелыми осложнениями. Источник заражения — один больной человек, но передача аскарид от человека к человеку невозможна. Заражение аскаридозом происходит алиментарно, путем передачи яиц возбудителя с жизнеспособными личинками в них с продуктами питания, плохо очищенными от земли; грязные руки — еще один источ-

ник опасности. Перенос зрелых яиц часто осуществляют и домашние животные, а также мухи, особенно актуально в жаркое время года. Группы риска — дети дошкольного возраста; сантехники, садовники и огородники; рабочие, производящие очистку канализационных и сточных вод и т.д. Опасность аскариды в том, что она очень плодовита, одна самка в сутки рождает до 250000 яиц, притом из одного яйца рождается одна особь. Полный цикл проходит в организме человека (геогельминт). Оболочка инвазированных яиц разрушается в кишечнике, из нее выходит молодая, незрелая личинка. Через стенку кишечника проникает в венозные сосуды с током крови в воротную вену, сосуды печени, нижнюю полую вену, правое предсердие и через легочную артерию в капилляры альвеол легких. Личинки активно выходят в просвет альвеол, поднимаются в бронхиолы, бронхи, трахею и глотку. С бронхиальным секретом попадают в ротовую полость, заглатываются слюной, возвращаются в тонкую кишку, где развиваются до половозрелых особей.

Как и ранняя миграционная фаза патогенеза, в основе которой лежит сенсibilизация продуктами метаболизма личиночных стадий аскарид. Так и поздняя фаза — кишечная (хроническая), обусловленная паразитированием зрелых особей гельминтов в просвете кишки, характеризуется механическими повреждениями, а также токсическим действием продуктов обмена гельминта на различные органы и ткани и прежде всего, на нервную систему.

Паразитирование аскарид вызывает иммуносупрессию, что проявляется неблагоприятным влиянием инвазии на течение прочих болезней.

Токсокароз — зоонозное паразитарное заболевание, характеризующееся миграцией и вредоносной жизнедеятельностью в организме человека личинок круглых червей — токсокар. Опасность в том, что двигаясь по большому кровотоку, попадают мелкие сосуды диаметром 0,02 мм, там застревают и выходят в тот орган, где застряли. Следовательно, возможна полиорганная патология (легкие, печень, поджелудочная железа, почки, головной мозг и т.д.). Оседают в них, образуют вокруг себя воспалительные инфильтраты, гранулемы, сохраняют свою жизнеспособность в течение длительного времени, нарушая функцию пораженных органов. При снижении защитных сил организма могут вновь возобновить миграцию и появиться в другом органе, нарушив его функциональное состояние, что характеризует рецидивом этого гельминтоза.

Описторхоз — гельминтоз, вызываемый плоскими паразитическими червями класса сосальщиков и протекающее с поражением гепатопанкреатобилиарной системы. Течение описторхоза характеризуется лихорадкой, болями в животе, нарушением аппетита, кожными высыпаниями, желтухой, гепатоспленомегалией, диспепсией, астматическим бронхитом, астеновегетативным синдромом. Опасность описторхоза заключается в том, что при длительном течении он повышает риск развития рака печени и поджелудочной железы. Развитие описторхоза происходит с трехкратной сменой хозяев: два промежуточных хозяина — моллюски и пресноводные рыбы семейства карповых (лещ, сазан, линь, елец, язь, плотва и др.) и окончательным — млекопитающие, питающиеся рыбой (кошка, собака, лисица, выдра, песец, соболь, человек). В организме человека может паразитировать 10–20 лет при интенсинвазированности от нескольких единиц до десятков тысяч особей.

Эпидемиологическая опасность, эпидемиологические риски болезней паразитарной этиологии, в част-

ности причиной которых являются гельминты, связаны — очень высокой плодовитостью их; отсутствием стойкого иммунитета; высокой восприимчивостью и интенсинвазированностью населения; пожизненным носительством личинок в организме бродячих животных выбрасывающих в жилых массивах с фекалиями яйца гельминтов. К сожалению, испокон веков гельминты являлись неотъемлемой частью жизни людей. Паразиты способны оказать негативное воздействие на существование человека, а иногда даже привести к летальному исходу. Не случайно, поэтому, издревле люди искали эффективные способы борьбы с этим явлением. Приоритетной задачей в борьбе с такого рода заболеваниями, отнесенными к группе биологических рисков, по мнению большинства специалистов, является разработка вакцин и способов профилактики. Однако меры принимаются, как правило, после начала той или иной эпидемии. А их возникновение не может эффективно контролироваться, поскольку пока нет единой теории управления рисками вообще и биологическими рисками в частности. Потребность в такой теории диктуется и тем, что в связи с разработкой новых поколений биологического оружия возникает опасность направленного инициирования эпидемий.

## Заключение

В результате наших исследований установлено: гельминтозы — биологические факторы риска. Эпидемиологическая опасность, эпидемиологические риски этого рода болезней связаны с очень высокой плодовитостью их; отсутствия стойкого иммунитета; высокой восприимчивостью и экстенс — и интенс — инвазированностью населения, уровень которых в общей структуре паразитарных болезней в отдельные годы 80–100%, в т.ч. опаснейшие зооантропонозы.

Поэтому мы считаем, ситуация требует необходимости постоянного мониторинга, совершенствования противопаразитарных мероприятий с учетом всех условий и рассматриваться отдельно для каждого случая.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Возможные риски паразитарной этнологии в условиях города и некоторые аспекты их химиофилактики / Н. Г. Гусейнов [и др.] // Международные научные исследования. 2017. № 2. М., с. 156–159.
2. Гусейнов Н. Г. Иммунные расстройства в организме сельскохозяйственных животных и возможные риски для здоровья человека в сфере его жизнедеятельности при техногенных патологиях паразитарной этиологии // Российский научный журнал. 2015. № 5 (48). — АНО «РИЭПСИ». с. 321–324.
3. Скрябин К.И., Шульц Р. С. Основы общей гельминтологии: М., 1940 с. 317.

© Гусейнов Нажмутдин Гусейнович, Антропова Алёна Дмитриевна,

Сергеева Юлия Евгеньевна, Шведова Анна Николаевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ НАТРИЯ НА МИКРОСКОПИЧЕСКУЮ ЗЕЛЕНУЮ ВОДОРОСЛЬ SCOTIELLOPSIS RUBESCENS

## EFFECT OF SODIUM SALTS ON MICROSCOPIC GREEN ALGAE SCOTIELLOPSIS RUBESCENS

**S. Lomadze**  
**R. Kabirov**  
**E. Purina**  
**L. Safullina**  
**A. Ivanova**

*Summary.* The ability of algae to withstand high salt concentrations is confirmed by numerous studies. Solonchaks, despite of the large number of dissolved salts, are usually inhabited by algae. Many researchers note changes in the amount and composition of algae, depending on the degree and type of soil salinization. The problems of salt tolerance in soil algae communities have been poorly studied and require the further study. Consequently, it was decided to conduct a series of experiments to study the effect of sodium salts on the microscopic green alga *Scotiellopsis rubescens*. Chloride and sodium carbonate, as salinization agents, were tested in the following concentrations: NaCl —  $2 \times 10^{-1}$ ;  $3,5 \times 10^{-1}$ ;  $5 \times 10^{-1}$ ;  $7 \times 10^{-1}$ ; 1;  $1,5 \mu$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ — $5 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ ,  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-2}$ ,  $5 \times 10^{-2} \mu$ . When studying the effect of NaCl and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on *S. rubescens*, it was found that the most toxic was NaCl, the cells began to die already on the 3rd day of the experiment, whereas when  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  was added, on the 7th day. Proceeding from the obtained result, a number of toxicity of salt solutions, introducing into the medium, corresponds to:  $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

*Keywords:* *Scotiellopsis rubescens*, microscopic alga, salinization agents, sodium chloride, sodium carbonate, a number of toxicity.

**П**очвенные водоросли являются неотъемлемой частью любой наземной экосистемы. Развиваясь на поверхности и в толще почвы, они оказывают влияние на ее физико-химические свойства, участвуют в азотификации, создают первичную продукцию [2].

**Ломадзе Саломэ Васильевна**

Аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
salolomi92@gmail.com

**Кабиров Рустэм Расхатович**

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
kKabirov@yandex.ru

**Пурина Елена Сергеевна**

К.б.н., старший преподаватель, Бирский филиал Башкирского государственного университета, Бирск, Республика Башкортостан, Бирск, Россия  
elenapurina@rambler.ru

**Сафиуллина Лиля Мунировна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
safilya@mail.ru

**Иванова Анна Павловна**

Аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
ravlovna-ann@mail.ru

*Аннотация.* Способность водорослей выдерживать высокие концентрации солей подтверждается многочисленными исследованиями. Солончаки, несмотря на большое количество растворенных солей, обычно заселены водорослями. Многие исследователи отмечают изменения количества и состава водорослей в зависимости от степени и типа засоления почв. Вопросы солеустойчивости сообществ почвенных водорослей слабо изучены и требуют дальнейшего исследования [1]. Следовательно, было решено провести ряд экспериментов, по изучению влияния солей натрия на микроскопическую зеленую водоросль *Scotiellopsis rubescens*. В качестве агентов засоления испытывали хлорид и карбонат натрия в следующих концентрациях: NaCl —  $2 \times 10^{-1}$ ;  $3,5 \times 10^{-1}$ ;  $5 \times 10^{-1}$ ;  $7 \times 10^{-1}$ ; 1;  $1,5$  моль/л;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ — $5 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ ,  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-2}$ ,  $5 \times 10^{-2}$  моль/л. При изучении влияния NaCl и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на *S. rubescens* было установлено, что наиболее токсичным оказался NaCl, клетки начали погибать уже на 3 сутки эксперимента, тогда как при внесении  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  — на 7 сутки. Исходя из полученного результата, ряд токсичности растворов солей, при внесении их в среду, соответствовал:  $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

*Ключевые слова:* *Scotiellopsis rubescens*, микроскопическая водоросль, агенты засоления, хлорид натрия, карбонат натрия, ряд токсичности.

Способность водорослей выдерживать высокие концентрации солей подтверждается многочисленными исследованиями. Даже солончаки, несмотря на большое количество растворенных солей, нередко заселены водорослями. Развитие альгокультуры на засоленных

Диаграмма 1. Изменение размерных показателей длины клеток водоросли *Scotiellopsis rubescens* при воздействии  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

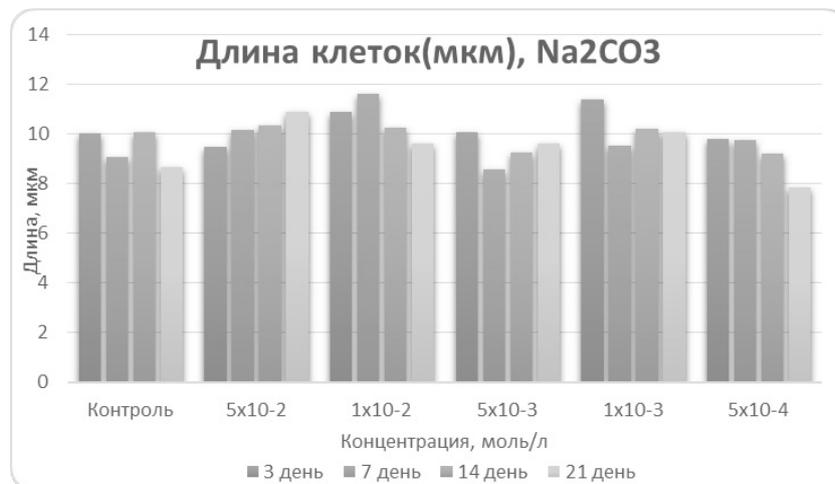
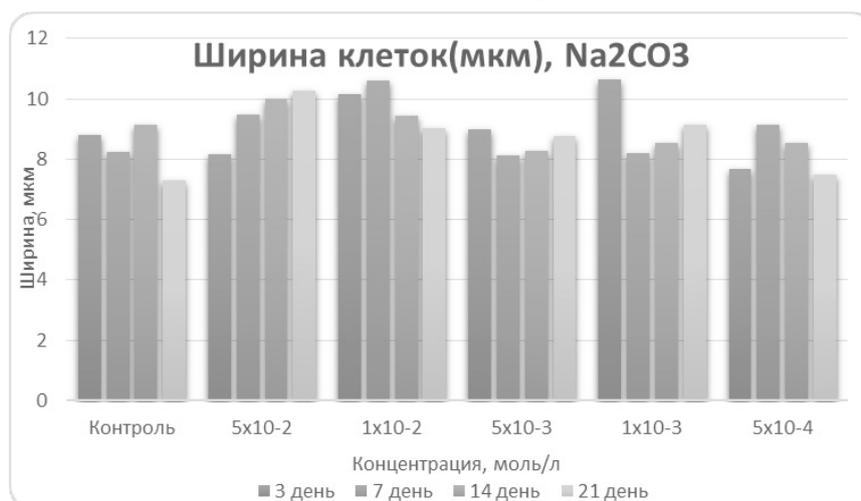


Диаграмма 2. Изменение размерных показателей ширины клеток водоросли *Scotiellopsis rubescens* при воздействии  $\text{Na}_2\text{CO}_3$



участках зависит от количества и состава солей, при возрастании концентрации последних количество первых снижается. Рядом ученых было доказано, что некоторые представители почвенных зеленых, синезеленых и диатомовых водорослей могли выдерживать кратковременное погружение в морскую воду.

Изучение солеустойчивости почвенной альгофлоры имеет большое практическое значение, поскольку 25% почв планеты засолены, а треть поливных земель изменены в сторону избытка солей вследствие плохого дренажа [2].

Нами было проанализировано влияние засоления на морфометрические показатели одноклеточной зеле-

ной водоросли, из отряда Chlorophyta — *Scotiellopsis rubescens* Vin. В качестве солей были выбраны  $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  как наиболее распространенные соединения в солончаках природного и антропогенного происхождения. Для проведения такого же рода экспериментов, рядом ученых чаще всего использовались концентрации:  $\text{NaCl}$  —  $2 \times 10^{-1}$ ;  $3,5 \times 10^{-1}$ ;  $5 \times 10^{-1}$ ;  $7 \times 10^{-1}$ ; 1; 1,5 моль/л;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  —  $5 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ ,  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-2}$ ,  $5 \times 10^{-2}$  моль/л, что способствовало их выбору для проведения эксперимента [3; 4; 5].

В.М. Андреевой дается следующее описание вида *S. rubescens*: клетки одиночные, молодые — веретеновидные до лимоновидных, заостренные на полюсах или явными полярными утолщениями, зрелые — от широко-

Диаграмма 3. Изменение размерных показателей длины клеток водоросли *Scotiellopsis rubescens* при воздействии NaCl

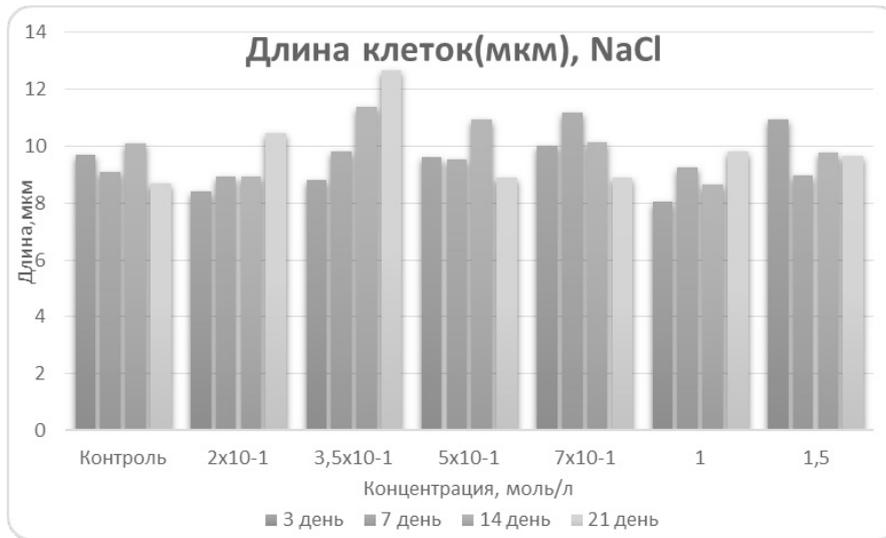


Диаграмма 4. Изменение размерных показателей ширины клеток водоросли *Scotiellopsis rubescens* при воздействии NaCl



эллипсоидных до шаровидных, чаще без полярных утолщений, от 8 до 15, иногда до 18 мкм длиной, 7,5–12 мкм шириной. Оболочка тонкая, с возрастом клетки утолщающаяся, иногда слоистая и частично сбрасываемая стареющими клетками [6].

3 день эксперимента показал, что при всех концентрациях хлорида натрия, клетки уменьшились в ширину, минимальная длина составляла 5,57 мкм, что меньше нормы, которая составляет 7,5–12 мкм. Форма клеток правильная, для данного вида. При концентрации  $3,5 \times 10^{-1}$  наблюдается единичная гибель клеток, а при концентрации  $7 \times 10^{-1}$  погибло больше клеток, чем при предыдущей концентрации. Концентрации  $2 \times 10^{-1}$  и  $5 \times 10^{-1}$  привели к морфологическим нарушениям. При

воздействии всех концентраций карбоната натрия, клетки так же уменьшились в ширину. Минимальный размер составлял 5,89 мкм. Концентрация  $5 \times 10^{-2}$ , привела к уменьшению клеток как в длину, так и в ширину. Минимальная длина была равна 6,07 мкм, когда нормальные размеры клеток равны 8–15 мкм иногда 18 мкм. При концентрации  $5 \times 10^{-4}$  определение органелл было невозможно, содержимое клеток было представлено бесформенной массой.

На 7 сутки при концентрациях 1, 1,5 и  $2 \times 10^{-1}$  NaCl наблюдалась единичная гибель клеток. Все концентрации привели к уменьшению небольшой части клеток в ширину. Концентрация  $3,5 \times 10^{-1}$  никак не повлияла на морфологию клеток. Все клетки нормальной, для данного

вида формы, зрелые. Зооспоры наблюдались в концентрациях  $5 \times 10^{-1}$ ,  $7 \times 10^{-1}$ , при этом часть молодых и зрелых клеток погибла. В концентрации  $1 \times 10^{-2}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , некоторые клетки приняли неправильную для этого вида форму. Единичная часть клеток, уменьшилась в размерах, в ширину. При концентрации  $1 \times 10^{-3}$  наблюдались зооспоры. Концентрация  $5 \times 10^{-2}$  привела к единичной гибели клеток. От размерных норм клетки не отклонялись при концентрации  $5 \times 10^{-3}$  и  $5 \times 10^{-4}$ , но часть клеток погибла. Так же в концентрации  $5 \times 10^{-4}$  имелось много зооспор. У зрелых клеток было затруднено определение органелл.

На 14 сутки эксперимента при действии концентрации 1 NaCl все клетки зрелые, наблюдались зооспоры. Часть клеток погибла. При концентрации 1,5 также имелись зооспоры. Небольшое количество клеток в ширину была меньше нормы, так же, как и при концентрации  $5 \times 10^{-1}$ . Все клетки погибли в концентрациях  $3,5 \times 10^{-1}$  и  $2 \times 10^{-1}$ . Концентрация  $7 \times 10^{-1}$  привела к кашеобразному состоянию органелл и гибели части клеток. Все клетки погибли при концентрациях  $5 \times 10^{-2}$  и  $5 \times 10^{-4}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , единичная гибель наблюдалась в концентрации  $1 \times 10^{-3}$ . При концентрации  $5 \times 10^{-3}$  большинство клеток обесцветилось, что говорило о их гибели, у живых клеток невозможно определение органелл. Все содержимое клетки было сосредоточено с одной из сторон. Размерные показатели всех клеток, были меньше нормы в ширину.

21 сутки привели к полной гибели клеток в концентрациях 1,  $2 \times 10^{-1}$ ,  $3,5 \times 10^{-1}$ ,  $7 \times 10^{-1}$  NaCl. Единичная гибель клеток наблюдалась при концентрациях 1,5 и  $5 \times 10^{-1}$ . При

концентрациях  $1 \times 10^{-2}$  и  $1 \times 10^{-3}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , клетки были зрелыми, единично прослеживались размерные показатели ширины меньше нормы. Полная гибель клеток наступила в концентрациях  $5 \times 10^{-2}$ ,  $5 \times 10^{-3}$  и  $5 \times 10^{-4}$ . Для наглядности, результаты экспериментов показаны на диаграммах 1–4.

На данных диаграммах видно, что максимальные размерные показатели длины клеток получены на 7 сутки при концентрации  $1 \times 10^{-2}$ , а ширины  $1 \times 10^{-3}$  моль/л. Минимальные величины длины наблюдались при действии концентрации  $5 \times 10^{-4}$  на 21 сутки, ширины  $5 \times 10^{-4}$  на 3 сутки.

С воздействием NaCl максимальная длина и ширина клеток наблюдалась на 21 сутки в концентрации  $3,5 \times 10^{-1}$  моль/л. Минимальная длина и ширина клеток образовались на 3 сутки при концентрациях 1 и  $3,5 \times 10^{-1}$ . Таким образом, размеры клеток никак не повлияли на их жизнеспособность.

Результаты экспериментов по влиянию засоления на показатели вида *S. rubescens* привели к выводу, что и NaCl и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  оказали отрицательное влияние на морфометрические показатели ширины клеток, уменьшив их до размеров меньше нормы. Наиболее токсичное воздействие на микроводоросль оказал NaCl. От воздействия его концентраций на третий же день начали погибать клетки, когда в концентрациях  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , гибель началась на 7 сутки. В целом влияние токсичности солей на *S. rubescens* почти одинакова. Но все же ряд токсичного воздействия растворов солей, при внесении ее в среду, соответствует:  $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хайбуллина Л. С., Гайсина Л. А. Влияние засоления на состав и морфологические особенности почвенных водорослей [Электронный ресурс] / Л. С. Хайбуллина, Л. А. Гайсина // Почвоведение. — 2008. — № 2. — Режим доступа <http://docplayer.ru/69163868-Vliyanie-zasoleniya-na-sostav-i-morfologicheskie-osobennosti-pochvennyh-vodorosley.html> (дата обращения 06.06.2018).
2. Популяционная альгология / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. — Уфа: Гилем, 2008. — 152 с. — ISBN 978-5-7501-0669-2
3. Пурина Е. С. Оценка экологической пластичности почвенной водоросли *Klebsormidium flaccidum* (Kutz) silva et all (Chlorophyta): дис. . . канд. биол. наук: 03.00.16; 03.00.05 / Пурина Елена Сергеевна. — Уфа. 2009. — 140 с.
4. Гайсина Л. А. Биология и экология *Xanthonema exile* (Klebs) Silva (Xanthophyceae, Chrysophyta): дис. . . канд. биол. наук: 03.00.05 / Гайсина Лиля Альбертовна. — Уфа. 2000. — 130 с.
5. Сафиуллина Л. М. Биология и экология *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd (Eustigmatophyta): дис. . . канд. биол. наук: 03.00.16; 03.00.05 / Сафиуллина Лиля Мунировна — Уфа. 2000. — 120 с.
6. Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales): монография / В. М. Андреева; под ред. К. Л. Виноградова — СПб.: Наука, 1998. — 351 с.

© Ломадзе Саломэ Васильевна (salolomi92@gmail.com), Кабиров Рустэм Расхатович (kKabirov@yandex.ru),

Пурин Елен Сергеевна (elenapurina@rambler.ru), Сафиуллина Лиля Мунировна (safilya@mail.ru),

Иванова Анна Павловна (pavlovna-ann@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА УЧАСТКАХ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### SOIL CONTAMINATION ASSESSMENT ON OIL SPILL SITES OF THE SAMOTLOR OIL FIELD

**A. Ryabukha  
T. Storchak**

*Summary.* Today oil contamination is the one of main problem of the Middle Ob Area for specialists in the field of environmental management. The research provides quantitative assessment of the objects and processes under study. Primary field investigations were carried out on the experimental sites with various differentiation of oil spills. The soils are characterized by a low content of heavy metals, the content of petroleum products in the soils corresponds to permissible contamination. The presented data indicate the ambiguity of the chemical composition of the contaminated and reclaimed soils. Such results require further research.

*Keywords:* Middle Ob Area, soil contamination, oil contamination, reclamation.

**Рябуха Анатолий Васильевич**

Аспирант, ФГБОУ ВПО «Нижевартовский  
государственный университет»  
anatoly.ryabukha@gmail.com

**Сторчак Татьяна Викторовна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Нижевартовский  
государственный университет»  
tatyastorchak@yandex.ru

*Аннотация.* На сегодняшний день нефтяное загрязнение является основной проблемой Среднего Приобья, с которой сталкиваются специалисты занимающиеся вопросами природопользования и охраны окружающей среды. Исследования, проводимые в рамках данной работы, ориентированы на количественную оценку изучаемых объектов и процессов. На опытных площадках с различной дифференциацией нефтяных разливов разработана и обоснована наблюдательная сеть, на которой проведены первичные полевые исследования. Изученные почвы характеризуются низким содержанием тяжелых металлов, содержание нефтепродуктов в почвах участка соответствует допустимому загрязнению. Представленные данные свидетельствуют о неоднозначности химического состава почв нефтезагрязненных и рекультивированных участков месторождения, требуется продолжение исследования.

*Ключевые слова:* Среднее Приобье, загрязнение почв, нефтяное загрязнение, рекультивация.

Экосистемы Среднего Приобья подвергаются значительному техногенному и антропогенному воздействию в результате влияния постоянно растущей инфраструктуры нефтегазового комплекса. Неблагоприятное влияние на окружающую среду проявляется абсолютно на всех этапах геологоразведки и добычи углеводородов. К одним из самых опасных загрязнений экосистем можно отнести разливы нефти, буровых растворов и пластовых вод. Поступающие в окружающую среду нефтепродукты приводят к угнетению экосистем и ухудшению состояния природно-ресурсной базы всего региона. Острой проблемой в регионе, среди вопросов охраны окружающей среды, была и остается загрязнение нефтепродуктами водных и земельных ресурсов.

Процессы восстановления природной среды довольно длительные и требуют проведение рекультивационных работ. В свою очередь часто рекультивационные работы не достигают своих целей и загрязнители продолжают оставаться в почвах, попадают в поверхностные и подземные воды, трансформируются, мигрируют.

Решить проблему улучшения состояния экосистем Среднего Приобья пытается уже не одно поколение

ученных. На сегодняшний день аккумулировалась довольно объемная база знаний по геологии, географии, биологии, геохимии и экологии районов Среднего Приобья активно вовлеченных в процесс освоения нефтегазовых месторождений.

Комплекс экологических исследований на территории региона детально иллюстрирует состояние основных компонентов экосистем и характеризует решающие факторы антропогенной нагрузки [3, 4]. Хорошо исследованы ресурсы растительного и животного мира территории [6]. В то же время, современная экологическая обстановка на территории Среднего Приобья остается напряженной [1].

Так же остается много нерешенных вопросов в зоне влияния инфраструктурных объектов топливно-энергетического комплекса и природных компонентов, в частности вопрос переноса и аккумуляции опасных загрязнителей (нефтепродуктов, тяжелых металлов) в почвах и донных отложениях, накопление загрязнителей в живой биомассе растений. Наблюдается дефицит научных подходов к вопросу системного анализа и комплексной оценке уровня загрязнения экосистем Среднего При-

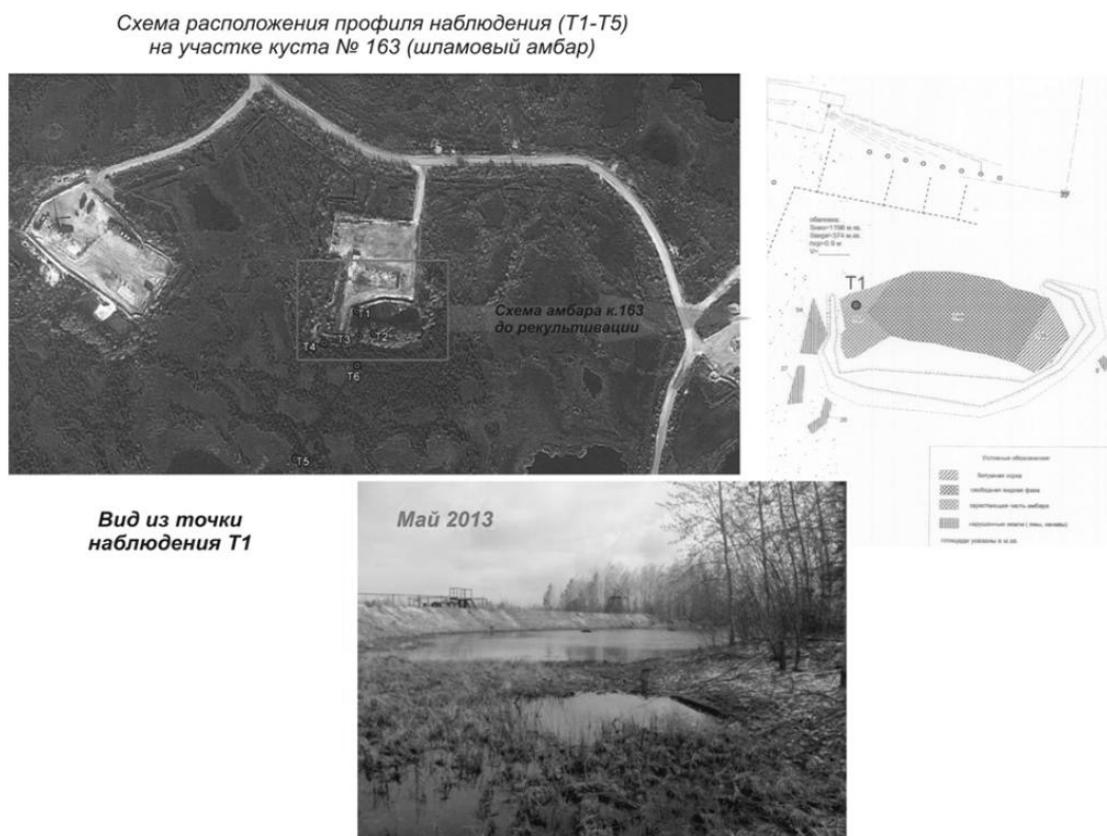


Рис. 1. Наблюдательный полигон (куст 163 Самотлорского месторождения) до рекультивации шламового амбара

обья. Необходимо установить критерии разобщения природных фоновых концентраций от антропогенного загрязнения.

Перечисленные факторы подтверждают необходимость выполнения комплексных исследований, для получения реальной картины движения и трансформации загрязнителей в условиях территории с интенсивной добычей углеводородов, разработка ряда мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки, а также поиск прогнозных признаков для моделирования процесса изменения экосистем.

Вопросом перемещения загрязнителей в пределах Среднего Приобья под влиянием антропогенной нагрузки и адаптации экосистем занимался коллектив авторов в рамках гранта РФФИ № проекта: 15–44–00028, «Адаптация экосистем Среднего Приобья к антропогенным воздействиям нефтедобывающего комплекса» под руководством профессора, доктора биологических наук Усманова Искандера Юсуфовича [5].

Накоплен достаточный объем разнопланового материала по изучению экосистем Среднего Приобья, который

требует дальнейшего рассмотрения, используя системный и комплексный подходы. Комбинация различных факторов, влияющих на миграцию и перераспределение различных компонентов в природных средах, может помочь установить особенности трансформации загрязнителей при антропогенных воздействиях нефтегазодобывающего комплекса на территории Среднего Приобья.

Выполняемые исследования были направлены на количественную оценку изучаемых объектов и процессов. Были выбраны опытные площадки (участки Самотлорского месторождения) с различной дифференциацией нефтяных разливов — во времени, по площади, а также по степени рекультивации (рис. 1, 2). На выбранных опытных площадках разработана и обоснована наблюдательная сеть, на которой проведены первичные полевые исследования (отобраны пробы почвы, поверхностной и подземной воды; описаны основные особенности изучаемых объектов на местности).

В теплый период 2015 года (июль–сентябрь) выполнены исследования почв на семи участках Самотлорского месторождения. Всего было отобрано 30 проб почв, с различных глубин (0,0–0,25 м).

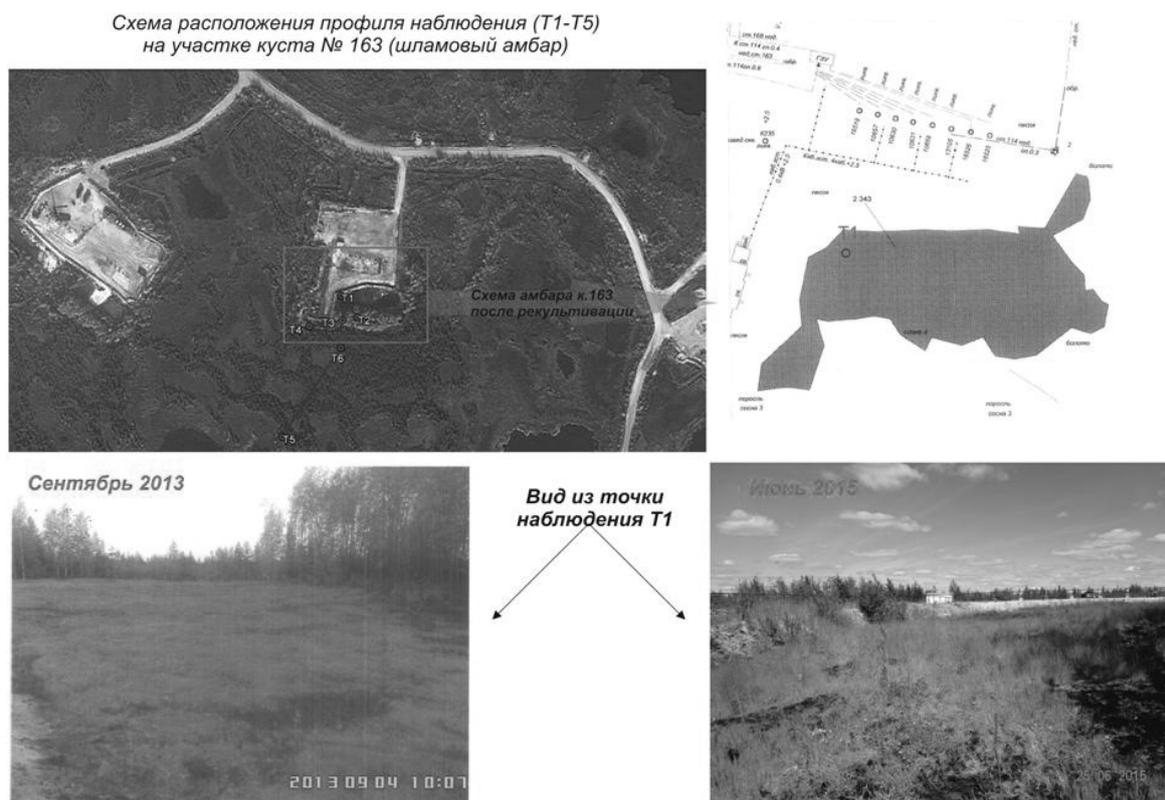


Рис. 2. Наблюдательный полигон (куст 163 Самотлорского месторождения) после рекультивации шламового амбара

По стандартным методикам в пробах почв определены 15 показателей: рН (солевой вытяжки), органическое вещество, нитраты, сульфаты, хлориды, нефтепродукты, обменный аммоний, соединений фосфора, железо (подвижная форма), свинец (подвижная форма), цинк (подвижная форма), марганец (подвижная форма), никель (подвижная форма), хром (подвижная форма), медь (подвижная форма).

Результаты химических исследований выявили процесс деградации химических свойств почв, установлено уменьшение ресурсов питательных элементов, изменение кислотности и загрязнение токсикантами.

Содержание органического вещества в пробах почвы варьирует значительно — от менее 1% до 6,2%. Почвы с очень низким содержанием органики (менее 2%) составляют около половины выборки. Техногенное вмешательство приводит к нарушению поверхностного горизонта почв, и далее к сокращению запасов органического вещества (таблица 1).

Органическое вещество почвы составляет небольшую часть твердой фазы. Органическое вещество почвы представлено в основном (на 85–90%) гуминовыми веще-

ствами (гуминовыми и фульвокислотами) и небольшая часть негумифицированными остатками растительного, микробного и животного происхождения. Гумусовые вещества наряду с мелкодисперсными минеральными частицами почвы участвуют в адсорбционных процессах, определяют поглощательную способность почвы и ее буферность. Гумусовые вещества почвы труднее подвергаются минерализации, чем органические соединения растительных остатков и негумифицированных веществ.

Водородный показатель (рН) водной вытяжки характеризует актуальную кислотность почвы. Повышенная кислотность почвы негативно сказывается на росте большинства растений за счёт уменьшения доступности ряда макро- и микроэлементов, и способствует подвижности соединений марганца, алюминия, железа, бора и др.

Значения водородного показателя отобранных проб почв изменяется в диапазоне от 2,3 до 6,8 ед. рН. Почвы кислые и слабо-кислые (таблица 1).

Содержанием азота аммонийного во всех пробах, отобранных в июле, и восьми пробах, отобранных в сентябре, ниже предела обнаружения (менее 5 мг/кг), что

Таблица 1. Содержание загрязняющих веществ в почвах на участках исследования (июль, сентябрь 2015 г.)

Показатель	Единицы измерения	Фон*	Концентрации веществ в пробах, отобранных в июле			Концентрации веществ в пробах, отобранных в сентябре		
			min	max	среднее	min	max	среднее
pH	ед. pH	4,27	2,3	6,8	4,72	2,6	6,3	4,52
Органическое вещество	%	16,5	1,68	4,73	3,39	1,27	6,2	3,46
Обменный аммоний	мг/кг	10,3	<5			2,64	23,71	11,04
Сульфаты	мг/кг	77,6	<48			65,76	141,12	103,49
Хлориды	мг/кг	84,2	35,5	301,8	88,1	67,5	777,5	146,05
Нефтепродукты	мг/кг	396,2	92,0	3593,0	925,8	102,0	5537,0	1585,47
Нитраты	мг/кг	2,65	<1			<2,5		
Железо подв.	мг/кг	1276,8	4,0	300	134,67	30,0	468,0	199,73
Свинец подв.	мг/кг	1,6	0,09	0,95	0,39	0,05	0,54	0,274
Цинк подв.	мг/кг	4,9	0,2	7,05	1,95	0,32	5,18	1,99
Марганец подв.	мг/кг	54,1	2,3	82,77	19,1	1,52	70,76	11,18
Никель подв.	мг/кг	1,3	0,18	1,48	0,55	0,01	0,86	0,154
Хром подв.	мг/кг	1,2	0,11	0,71	0,32	0,07	0,67	0,18
Медь подв.	мг/кг	0,9	0,12	0,89	0,42	0,29	0,66	0,44

\*Содержание загрязняющих веществ в пробах почв 2014 год (среднее значение по ХМАО-Югре)

говорит о низком содержании аммонийного азота в почвах исследованных территорий. В остальных пробах данный показатель варьирует в широком диапазоне — от 5,6 до 23,7 мг/кг.

Среднее содержание хлоридов, которые являются индикаторами разливов минерализованных пластовых вод, за исследуемый период изменялся в пределах от 88,1 мг/кг до 146,5 мг/кг, достигая на некоторых участках концентрации 777,5 мг/кг (куст 1573). Высокие концентрации хлоридов отрицательно влияют на растительность, появляются симптомы продолжительного токсического эффекта — пережжённые или коричневые листья. Воздействие хлоридов нарушает нормальные процессы дыхания и фотосинтеза растений.

Фосфор является невозобновляемым ресурсом, он аккумулируется в верхних слоях почвы в результате микробиологических процессов. Органическое вещество почвы содержит 20–60% от общего фосфора в почве, он обладает способностью переходить в фиксированное состояние, имеющее постоянную стабильность. Фосфор переходит в недоступную для растений форму благодаря адсорбции на глинистых частицах в результате химических реакций при наличии извести и высоком pH или реагируя с железом и алюминием при низком pH.

В среднем почвы исследуемой территории характеризуются низким содержанием  $P_2O_5$ . Неоднородностью почв объясняется широкий предел варьирования дан-

ного показателя от 8 до 134 мг/кг. Среднее содержание соединений фосфора — 43,6 мг/кг (июль) и 67,8 мг/кг (сентябрь). В остальных пробах почвы содержание  $P_2O_5$  меньше 30 мг/кг (очень низкое).

Нефть и нефтепродукты — основные загрязнители почв. Средние концентрации нефтепродуктов варьируют в пределах — от 925,8 мг/кг до 1585,47 мг/кг (таблица 2).

В соответствии с «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязнённых земель», утвержденных Минприроды РФ, Роскомземом и Минсельхозпродом РФ содержание нефтепродуктов в почвах до 1000 мг/кг относится к 1-му (допустимому) уровню загрязнения; от 1000 до 2000 мг/кг — ко 2-му (низкому) уровню загрязнения; от 2000 до 3000 мг/кг — к 3-му (среднему); от 3000 до 5000 мг/кг — к 4 (высокому); более 5000 мг/кг — к 5-му (очень высокому) уровню загрязнения.

Распределение концентраций нефтепродуктов по указанным градациям свидетельствует, что около 61% проб почв в границах участков исследования относятся к категории «допустимого загрязнения» нефтепродуктами (концентрация <1000 мг/кг) (таблица 2).

Изученные почвы имеют низкую обеспеченность азотом. Нитратов — менее 2,5 мг/кг. Содержание обменного аммония в почвах на опытных участках соответствует «низкому» и «очень низкому» уровню обеспеченности (исключение куст 1573).

Таблица 2. Распределение уровня нефтяного загрязнения на участках исследования

Место отбора проб	№ точки/ глубина отбора	Уровень загрязнения (концентрация нефтепродуктов*, мг/кг)				
		допустимый (<1000 мг/кг)	низкий (1000–2000 мг/кг)	средний (2000–3000 мг/кг)	высокий (3000–5000 мг/кг)	очень высокий (>5000 мг/кг)
куст 163	1 / 0,0 м			2110	<b>3593</b>	
	1 / 0,25 м			<b>2311</b>	3366	
	2 / 0,0 м	<b>258 / 622</b>				
	2 / 0,25 м	<b>998 / 684</b>				
	3 / 0,0 м	<b>377</b>	1224			
	3 / 0,25 м	<b>376 / 357</b>				
куст 1573	5 / 0,0 м	<b>392</b>		2323		
	7 / 0,0 м		1711	<b>2945</b>		
	8 / 0,0 м	<b>440</b>		2989		
куст 1528	9 / 0,0 м	<b>392</b>				5537
куст 1174	10 / 0,0 м	<b>508 / 259</b>				
МОСТ рядом с куст 1077	12 / 0,0 м	<b>887</b>	1738			
куст 1905	13 / 0,0 м	<b>92 / 647</b>				
куст 22	14 / 0,0 м	<b>198 / 113</b>				

\*Примечание: жирным — концентрация нефтепродуктов (июль); полужирным — концентрация нефтепродуктов (сентябрь)

Высокие концентрации марганца, общего железа, меди и цинка в объектах окружающей среды обусловлены следствием процессов происходящих в почвообразующих породах, богатых данными химическими элементами, они закономерны для Западной Сибири и контролируются многими факторами, в частности, биологической продуктивностью ландшафта, характером геохимической среды, направленностью преобразования органического вещества [2].

Для исследуемых почв характерно низкое содержание тяжелых металлов. Содержание в почвах тяжелых металлов (цинка, свинца, никеля, марганца, меди, хрома) в подвижных формах незначительно, составляет десятые и сотые доли ОДК (рисунок 3 и 4).

Концентрация меди в пробах почв изменяется в пределах от 0,120 мг/кг до 0,890 мг/кг. Среднее значение содержания ионов меди — 0,440 мг/кг меньше ОДК (33 мг/кг) и почвенного кларка (таблица 1, рис. 3, 4).

Концентрации цинка, железа и марганца (характерных элементов таежной зоны) изменяется в большом диапазоне, это типично для исследуемой территории с повсеместным развитием процессов подзолообразования и заболачивания.

Комплексное изучение дифференциации тяжелых металлов и других микроэлементов в почвах исследуемых территорий дают возможность сделать следующие заключения:

Для исследованных почвы характерно низкое содержание тяжелых металлов. Сопоставление концентраций микроэлементов почв с ОДК и кларком почв демонстрирует, что исследуемые почвы отличаются допустимыми концентрациями всех химических элементов. Кларк концентрации металлов в почвах  $K_k < 0,7$  — ниже кларкового уровня.

Согласно показателям уровня загрязнения содержание нефтепродуктов в почвах участка соответствует допустимому загрязнению.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье производится по показателю суммарного загрязнения ( $Z_c$ ), который рассчитывается по формуле (1)

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_{i,опр}}{C_{i,рф}} (n - 1) \quad (1)$$

где  $C_i$  — определяемое содержание  $i$ -го токсиканта в почве;  $C_{i,рф}$  — регионально-фоновое содержание в почве  $i$ -го токсиканта,  $n$  — число токсикантов.

В соответствии с оценочной шкалой опасности загрязнения почв по суммарному загрязнению определяется категория загрязнения почв. Значение  $Z_c$  — менее 16 во всех точках исследований говорит о низком уровне химического загрязнения почв.

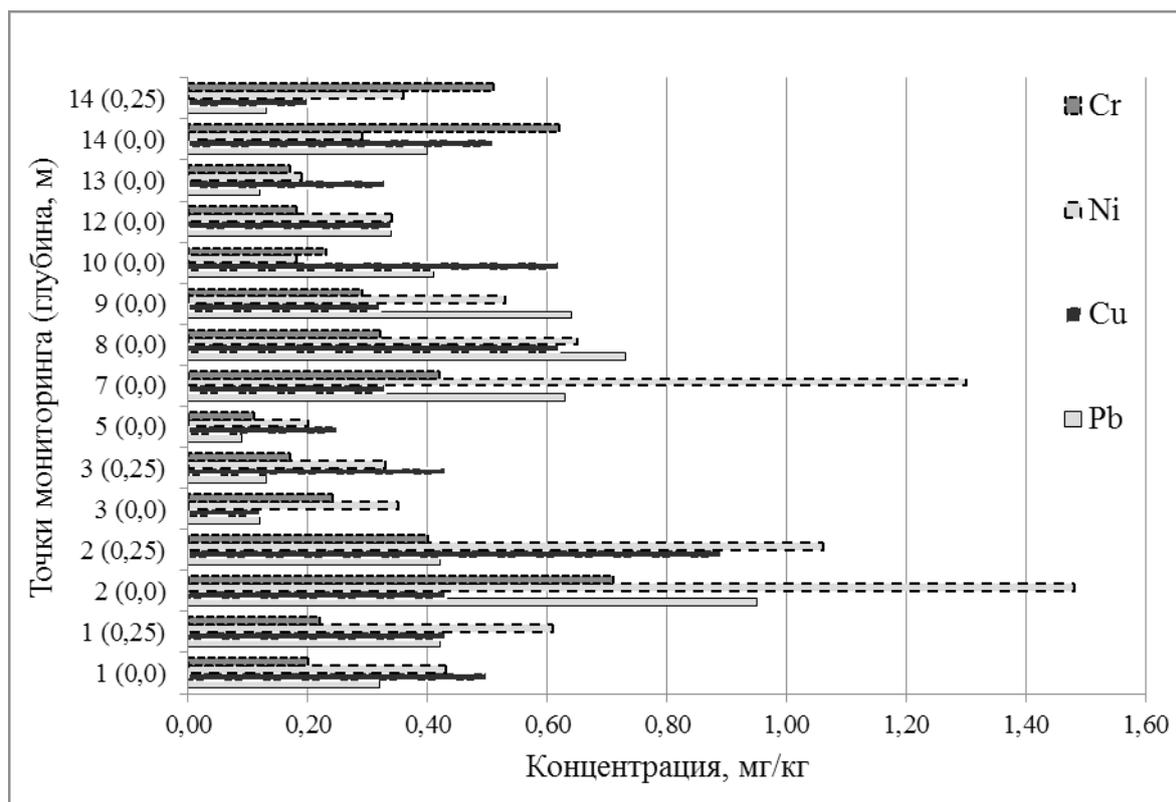


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в почвах (июль 2015 г.)

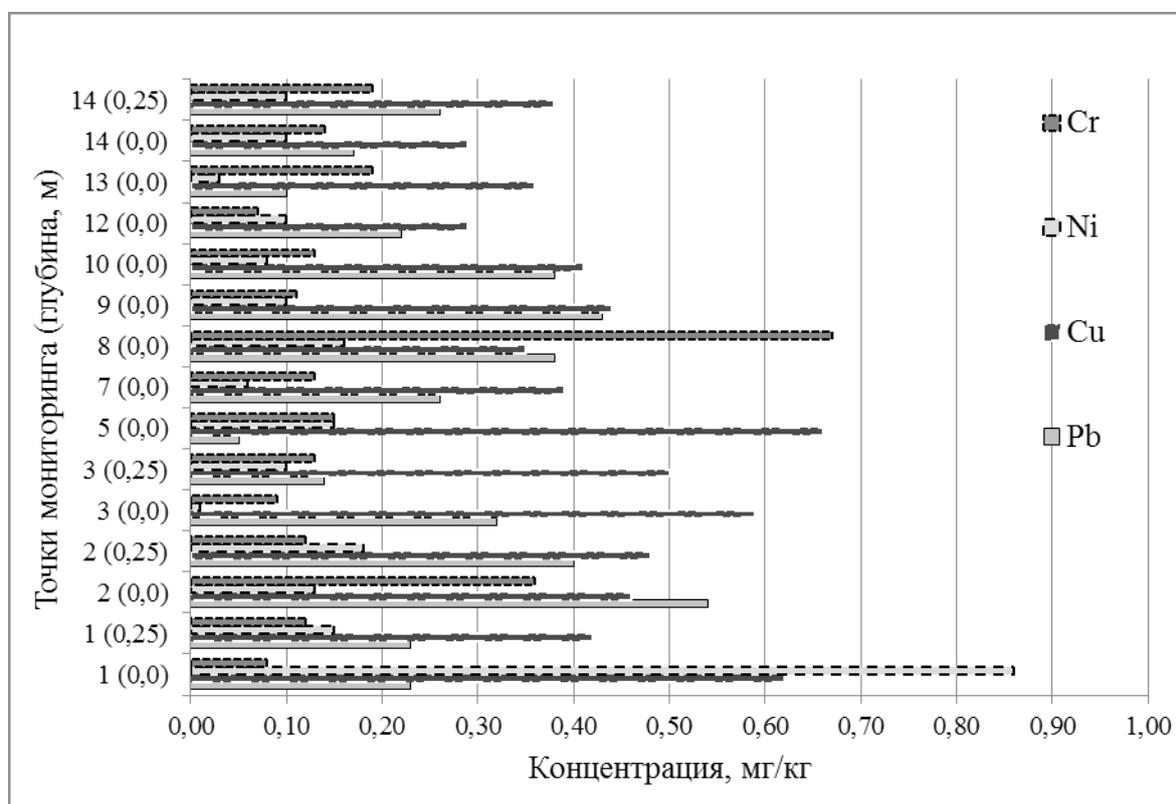


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в почвах (сентябрь 2015 г.)

Полученные данные констатируют о неоднозначности химического состава почв нефтезагрязненных и рекультивированных участков месторождения. Наибольшее содержание загрязняющих веществ сконцентрированы в верхних слоях. Содержание хлоридов, нефтепродуктов и фосфатов в пробах почв, отобранных в конце вегетационного периода (сентябрь 2015 года) значительно превышает аналогичные показатели, полученные в начале периода вегетации.

Представленные результаты не могут полностью продемонстрировать процесс миграции и превращения загрязнителей, по причине короткого периода наблюдений (одногодичный цикл от весенней межени до осенней межени). В связи с этим авторы видят необходимость продолжить натурные исследования на выбранных полигонах Самотлорского месторождения, данные 2015 года использовать в качестве начальных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимова М.В., Стрих Н. И., Курбанов В. Ш. Воздействие нефтегазового комплекса на экосистемы Ханты-Мансийского автономного округа — Югры // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 14. № 3–1 (98), 110–114.
2. Костерова О.Н., Романова Т. И. 2013. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод на территории Галяновского месторождения // В сборнике: «Проблемы геологии и освоения недр» XVII Международный симпозиум имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященный 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск, 290–292.
3. Рябуха А. В. Актуальные вопросы экологических исследований на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Национальная ассоциация ученых (НАУ). Ежемесячный научный журнал. Екатеринбург. 2014. № 3. Ч. 2, 121–124.
4. Рябуха А. В. Актуальные вопросы использования водных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа — Югра // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2014 г.: в 17 частях. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014, Ч. 6. 118–120.
5. Усманов И.Ю., Овечкина Е. С., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Щербак А. В., Шаяхметова Р. И. Проблемы самовосстановления экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса / Вестник Нижневартовского государственного университета. 2015. № 1, 79–85.
6. Экология Ханты-Мансийского автономного округа // Под ред. В. В. Плотникова. — Тюмень: СофтДизайн, 1997, 288 с.

© Рябуха Анатолий Васильевич ( [anatoly.ryabukha@gmail.com](mailto:anatoly.ryabukha@gmail.com) ), Сторчак Татьяна Викторовна ( [tatyanastorchak@yandex.ru](mailto:tatyanastorchak@yandex.ru) ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Нижневартовский государственный университет

# СОПРЯЖЁННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТИГРА И КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЛАЗОВСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

## POPULATION DYNAMICS OF THE AMUR TIGER AND THE UNGULATES IN LAZOVSKY ZAPOVEDNIK

**G. Salkina  
V. Kolesnikov  
D. Eryomin**

*Summary.* In the Lazovsky Zapovednik from 1997 to 2018 annual census of tiger and ungulates (red deer, roe deer, sika deer, wild boar) were carried out by the monitoring of the predator group the winter. This took place in the routes with a total length from 113 to 204 km. Indices of relative abundance animal — density of their tracks — was determined. The identified positive correlations between numbers of tiger and wild boar ( $R=0,61$ ), sika deer and red deer ( $R=0,62$ ), sika deer and roe deer ( $R=0,54$ ), red deer and roe deer ( $R=0,68$ ). And correlations between the numbers of different members of the deer family are explained by their similar reaction to the action of the same environmental factors. The positive correlations between the numbers of the tiger and the different species of deer on this material are not found. Such correlation was observed between the number of tiger and sika deer in periods of long-term growth or decline in the number of the deer. The positive correlation between the predator and wild boar is explained by the increase in the survival rate of young tigers during the period of increasing the number of this ungulate. It is concluded that the conservation and increase of the Amur tiger population depends on the preservation of the Mongolian oak and Korean pine, which are important forage resources for wild boar — one of the main food objects of this predator.

*Keywords:* tiger, ungulates, density of tracks, relative number.

**И**зучению влияния хищничества амурского тигра (*Panthera tigris altaica* Temmink, 1845) на копытных животных, являющихся его кормовыми объектами, посвящено немало работ (Амурский тигр в России, 1998; Salkina, 2011 и др.). Значительно меньше внимания уделялось сопряжённой динамике населения тигра и его жертв.

Зимний маршрутный учёт (ЗМУ) животных в Лазовском заповеднике (ЛЗ) осуществляется с 1961 г., учёт тигра — с 1975 г. (Матюшкин, Животченко, 1979). В первом случае определяется плотность следов животных,

**Салькина Галина Петровна**  
К.б.н., с.н.с., ФГБУ «Объединённая дирекция Лазовского государственного природного заповедника им. Л. Г. Капланова и национального парка «Зов тигра»  
tprsrus@mail.ru

**Колесников Владимир Семёнович**  
Участковый государственный инспектор, ФГБУ «Объединённая дирекция Лазовского государственного природного заповедника им. Л. Г. Капланова и национального парка «Зов тигра»

**Ерёмин Дмитрий Юрьевич**  
Лаборант-исследователь, ФГБУ «Объединённая дирекция Лазовского государственного природного заповедника им. Л. Г. Капланова и национального парка «Зов тигра»

*Аннотация.* В Лазовском заповеднике с 1997 по 2018 гг. проводили ежегодные учёты численности тигра и копытных животных (изюбрь, косуля, пятнистый олень, кабан) в период зимнего мониторинга группировки хищника. На пеших маршрутах общей протяжённостью от 113 до 204 км, определяли показатели относительной численности животных — плотность их следов. Обсуждаются выявленные прямые связи между численностью тигра и кабана ( $R=0,61$ ), пятнистого оленя и изюбря ( $R=0,62$ ), пятнистого оленя и косули ( $R=0,54$ ), изюбря и косули ( $R=0,68$ ). Такие связи для разных представителей семейства оленьих объясняются их сходной реакцией на действие одинаковых факторов среды. Прямая связь между численностью тигра и большинства видов оленей нашими данными не выявлена. Она прослеживается только для пары тигр и пятнистый олень в периоды многолетнего роста или снижения численности последнего. Прямая связь между численностью хищника и кабана объясняется увеличением выживаемости молодых тигров в периоды высокой численности этого копытного животного. Сделан вывод о том, что благополучие амурского тигра зависит от сохранения спелых насаждений дуба монгольского и сосны корейской, обеспечивающих кабана основными кормовыми ресурсами.

*Ключевые слова:* тигр, копытные, плотность следов, относительная численность.

во втором — количество особей. Проведение ЗМУ сразу же после снегопада, может существенно занижать вероятность регистрации следов тигра, т.к. этот показатель постепенно повышается до определённого уровня с увеличением количества дней после прошедших осадков (Микелл и др., 2006; Salkina, 2011). По этой причине возможности изучения сопряжённой численности тигра и трофически связанных с ним копытных животных методом ЗМУ ограничены.

С зимы 1997/98 гг. учёты тигра и копытных животных в ЛЗ проводили по стандартизированной методике

в рамках проведения мониторинга тигра на 16 модельных участках в пределах его ареала в России (Микелл и др., 2006). Помимо выявления количества особей тигра определялись плотность его следов и следов копытных.

В качестве показателя относительной численности копытных используется плотность следов, давность которых не превышает одни сутки — индекс, напрямую связанный с абсолютной плотностью животных (Челинцев, 2000; Stephens et al., 2005 и др.). Относительную численность тигра отражает усреднённый показатель плотности его следов, скорректированный с учётом дней, прошедших после последнего снегопада (Микелл и др., 2006).

В данной работе рассматривается сопряжённая динамика относительной численности тигра и четырёх видов копытных — его основных кормовых объектов в ЛЗ.

### Материалы и методы

ЛЗ был организован в 1935 году, его площадь изменялась, и в настоящее время составляет 1210 км<sup>2</sup>. Заповедник расположен на юго-востоке Приморского края, на хребте «Заповедный» и его отрогах, входящих в горную систему Сихотэ-Алинь. Средняя высота гор составляет 500–700 м над ур. моря. Протяжённость границ заповедника, выходящих к Японскому морю, составляет 36 км.

Характерной особенностью растительного покрова ЛЗ является хорошо выраженная высотная поясность — от группировок взморья и дубняков через кедрово-широколиственные и кедрово-елово-широколиственные леса к пихтово-еловой тайге и зарослям подгольцовых кустарников (Васильев и др., 1985). Основной лесобразующей породой в резервате является дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb). Благодаря охране лесов от пожаров в ЛЗ идёт восстановление кедра корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.).

Пятнистый олень (*Cervus nippon* Temminck, 1838) распространён в ЛЗ повсеместно и является основным объектом питания тигра здесь (Salkina, 2011). Кормовыми объектами тигра в ЛЗ являются также кабан (*Sus scrofa* L., 1758), изюбрь (*Cervus elaphus* L., 1758) и косуля (*Capreolus capreolus* L., 1758). Кабан распространён повсеместно, но большинство встреч приурочено к кедрово-широколиственному и дубовым лесам (Лаптев и др., 1995). Изюбрь прежде заселял всю территорию заповедника, но в настоящее время занятая этим видом площадь сократилась. Косуля встречается в долинных лесах и на периферийных участках заповедника.

Из других видов копытных, которыми могут питаться тигры, в ЛЗ обитают кабарга (*Moschus moschiferus* L., 1758) и амурский горал (*Nemorhaedus caudatus* Milne-

Edwards, 1867). Кабарга встречается в елово-пихтовой тайге и на скальных склонах вблизи морского побережья. Горал обитает на обращённых к морю скальных склонах, и участках скальных обнажений в континентальной части заповедника.

По материалам, полученным в период с 1981 по 2001 гг. в Лазовском муниципальном районе, где расположен ЛЗ, доля пятнистого оленя в питании тигра составляла 49,8%, изюбря — 8,8%, кабана — 4,6%, косули — 2,9%, кабарги — 0,8% соответственно (Salkina, 2011). Оставшаяся доля приходилась на домашних животных, барсука (*Meles meles* L., 1758), а также павших животных. Горалов среди жертв тигра в этот период обнаружено не было. В связи с локальным размещением кабарги и горала, их незначительной ролью в питании тигра, данные виды нами не рассматриваются.

К моменту организации ЛЗ тигры на его территории практически не жили. Вновь этот хищник стал отмечаться здесь с 1947 г. К началу 1970-х годов тигры заселили всю территорию резервата, стали отмечаться выводки (Животченко, 1977). По данным ежегодного мониторинга группировки хищников с 1997 г. по настоящее время в заповеднике обитает от 8 до 12 самостоятельных тигров (в среднем 10±1 особей), тигрят, в возрасте до одного года, от 0 до 8 (в среднем 5±1).

Учёт тигра и копытных животных в заповеднике проводился дважды в течение зимы на постоянных маршрутах (маршрутные учёты). Маршруты были заложены в местах наиболее вероятных перемещений тигров: в долинах, по дорогам и тропам (Salkina, 2011). С зимы 1997/98 гг. проходили 12 постоянных маршрутов общей протяжённостью от 113 до 126 км. Зимой 2014/15 гг., 2016/17 гг. и 2017/18 гг. маршрутные учёты проводили один раз за сезон. В последние годы количество и общая протяжённость маршрутов увеличились за счёт постоянных маршрутов ЗМУ: проходили от 15 до 23 маршрутов, общей протяжённостью 135–204 км. В то же время часть постоянных прежних «тигриных» маршрутов не обследовалась. Маршруты проходили через 3–5 и более дней после снегопада, засыпавшего все старые следы. Большинство маршрутов обследовалось в течение первых 2–3 дней. Если во время учётов выпадали осадки свыше 5 см, сроки прохождения оставшихся маршрутов переносили. В учётных работах принимали участие от 12 до 24 человек. Как правило, каждый маршрут проходили два учётника.

Плотность следов тигра определялась после подсчёта количества дорожек его следов. Этот показатель равен:

$$\Pi = \frac{K}{M \cdot D} * 100, \text{ где}$$

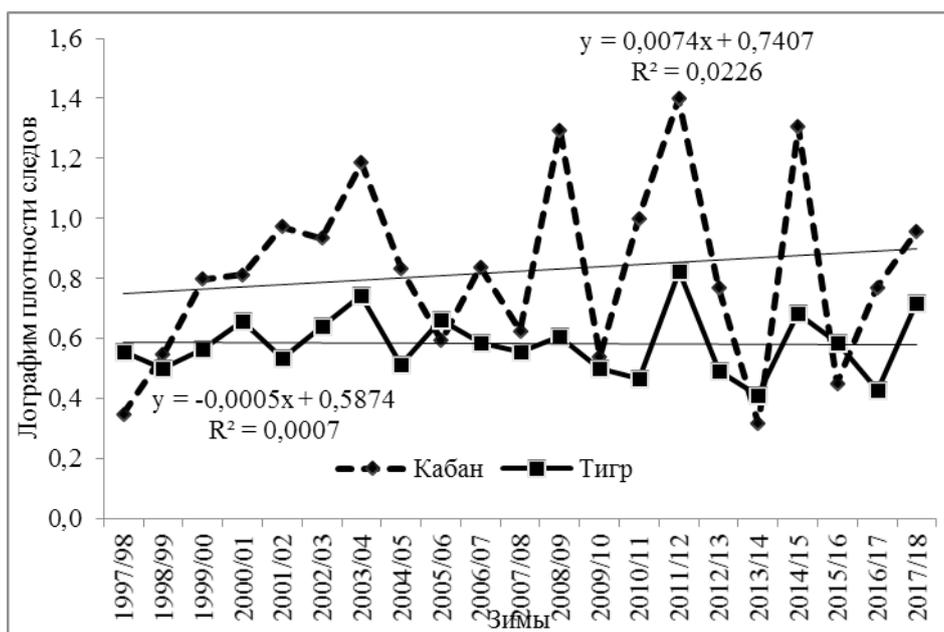


Рис. 1. Динамика относительной численности тигра и кабана и их линейный тренд в Лазовском заповеднике с 1997 по 2018 гг.

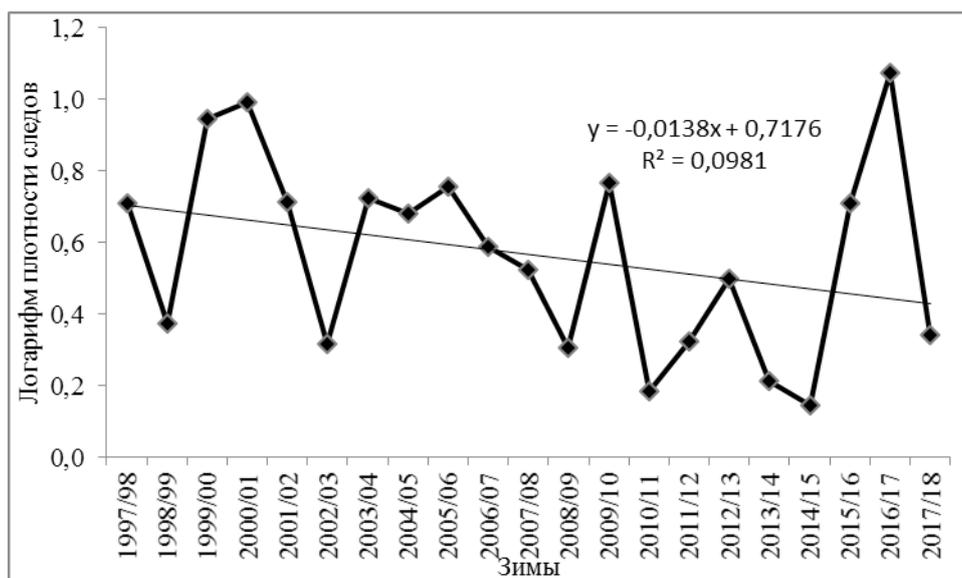


Рис. 2. Динамика относительной численности изюбря и её линейный тренд в Лазовском заповеднике с 1997 по 2018 гг.

П — плотность следов,  
 К — количество следов (дорожек следов), встреченных на маршрутах,  
 М — протяжённость маршрутов в км,  
 Д — количество дней, прошедших после снегопада, засыпавшего все следы.

Плотность следов вычисляли для каждого маршрута, затем определяли среднее значение этого показателя для всех маршрутов за два маршрутных учёта.

Для копытных регистрировали следы, давность которых не превышал одни сутки. Показателем относительной численности этих животных являлась плотность их следов — количество пересечений на 10 км маршрутов. Если маршруты проходили дважды за зиму, то брали усреднённый показатель.

Сопряжённую динамику численности тигра и копытных изучали методами регрессионного анализа в программе Statistica 10.0. Использовался логарифм плотно-

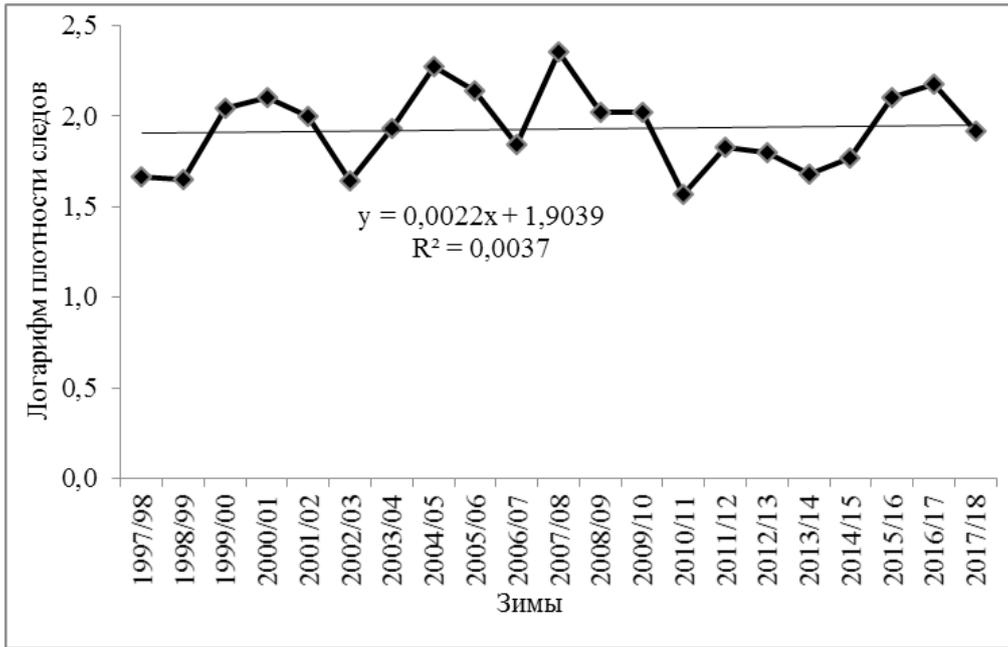


Рис. 3. Динамика относительной численности пятнистого оленя и её линейный тренд в Лазовском заповеднике с 1997 по 2018 гг.

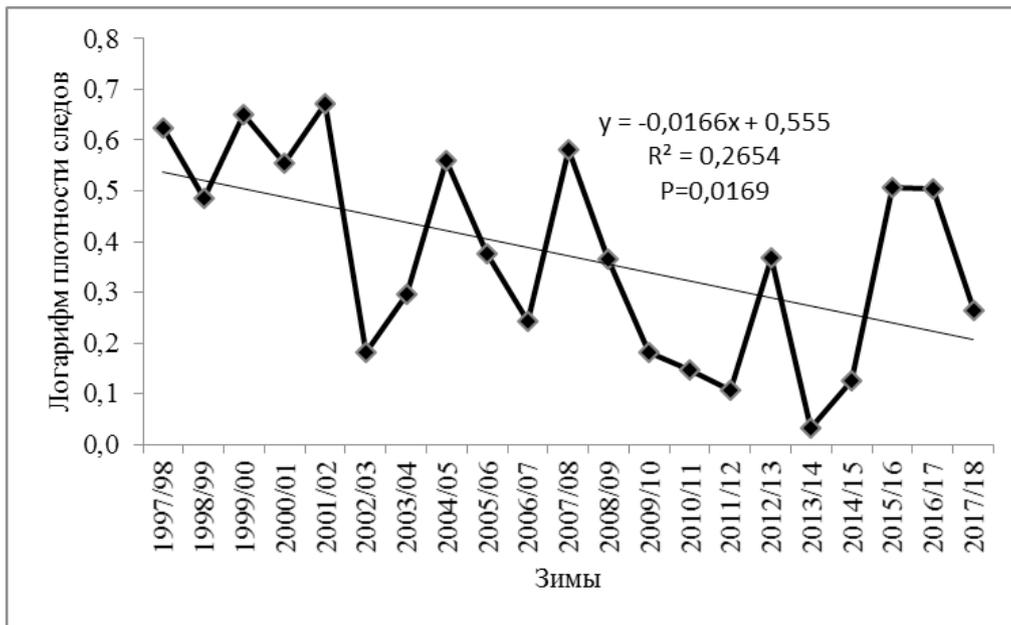


Рис. 4. Динамика относительной численности косули и её линейный тренд в Лазовском заповеднике с 1997 по 2018 гг.

сти следов, т.к. в этом случае отражаются не абсолютные, а относительные изменения в их динамике (Уильямсон, 1975). Для того, чтобы избежать отрицательных значений, при логарифмировании к показателям плотности следов прибавляли 1. Уровень статистической значимости принимали в 5%, что во многих случаях считается достаточным для биологических исследований (Зайцев, 1973).

### Результаты

Учёты численности животных проводили в течение 21 года (рис. 1–4). За время наблюдений не было отмечено значимых тенденций в динамике плотности следов тигра, кабана и пятнистого оленя (рис. 1; 3). Плотность следов изюбря и косули снижалась, но значения величин достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) соответствующих ли-

Таблица: Характеристики показателей относительной численности (плотности следов) тигра и копытных в Лазовском заповеднике по данным учётов в 1997–2018 гг.

Вид	Плотность следов*		
	Среднее значение**	Лимиты (min÷ max)	Коэффициент вариации (%)
Тигр	2,9±0,4	1,58÷4,20	35
Пятнистый олень	94,7±21,2	35,90÷222,85	52
Изюбрь	3,4±1,2	0,40÷ 10,89	83
Косуля	1,6±0,5	0,08÷3,71	72
Кабан	7,5±2,7	1,07÷24,05	85

\*Плотность следов тигра: количество следов / количество дней после снегопада \* 100 км учётных маршрутов; плотность следов копытных: количество следов суточной и менее давности на 10 км маршрута.

\*\*Для средних значений плотности следов указаны 95% доверительные интервалы.

нейных трендов не высоки (рис. 2; 4). Однако снижение относительной численности косули подтверждается статистически (рис. 4).

Коэффициенты вариации и лимиты показателей плотности следов у рассматриваемых видов существенны (таблица). Наибольшим колебаниям подвержены показатели учётов кабана и изюбря. Значительный падёж пятнистого

оленя вследствие резкого снижения доступности кормов, вызванной глубоким снежным покровом, наблюдали зимой 2000/01 гг. В последующие два года происходило снижение показателей численности этого вида (рис. 3), а также изюбря (рис. 2). Снижение плотности следов косули произошло только на второй год после суровой зимы 2000/01 гг. (рис. 4). У кабана в этот же период произошло замедление роста численности (рис. 1).

Зимой 2009/10 гг. также наблюдался падёж пятнистого оленя из-за многоснежья. Тогда же произошло снижение численности кабана (рис. 1), а через год у всех представителей семейства оленьих (рис. 2–4).

На графике динамики относительной численности изюбря просматривается четырёхлетняя цикличность для периодов: с начала наблюдений до зимы 2003/04

гг., и с 2010/11 гг. по настоящее время, т.е. последние 8 лет (рис. 3). Значимые тенденции в динамике численности этого вида до зимы 2006/07 гг. и позже не отмечены.

Четырёхлетняя цикличность в динамике плотности следов прослеживается также для пятнистого оленя в период с начала наблюдений до зимы 2007/08 гг. (рис. 4).

До этого времени относительная численность вида в ЛЗ слабо росла, но статистически это не подтверждается. С 2009/10 гг. наблюдалось снижение показателя численности оленя, затем его повышение, но в целом значимой тенденции не отмечается.

Нашими данными была выявлена прямая связь между плотностью следов тигра и кабана (рис. 1) на статистически высоко значимом уровне. Парный коэффициент корреляции (R) составил 0,61 (уровень статистической значимости  $p=0,0032$ ). Частные коэффициенты корреляции между плотностью следов тигра и кабана при фиксированных показателях плотности следов оленя, изюбря и косули ненамного отличаются от соответствующего парного коэффициента.

Зависимости же между плотностью следов тигра и других изучаемых видов на данном материале статистически не подтверждаются. Выявлена прямая связь между плотностью следов пятнистого оленя и изюбря ( $R=0,62$ ,  $p=0,0027$ ),

пятнистого оленя и косули ( $R=0,54$ ,  $p=0,0116$ ), изюбря и косули ( $R=0,68$ ,  $p=0,0008$ ). Обнаружены слабые обратные зависимости между плотностью следов кабана и изюбря ( $R= -0,32$ ), кабана и косули ( $R= -0,30$ ). Но данные показатели, как и зависимость между плотностью следов кабана и пятнистого оленя, статистически не подтверждаются.

В динамике относительной численности тигра обнаружена трёхлетняя цикличность, которая с 2006/07 гг. изменила свой характер (рис. 1). Если ранее показатель плотности следов два года возрастал, а на третий снижался, то в последующем его рост происходил в течение года, после чего наблюдалось двухлетнее снижение.

## Обсуждение

Варьирование показателей относительной численности у изучаемых видов в рассматриваемый период в ЛЗ существенно (таблица). Известно, что численность кабана может колебаться в значительных пределах (Бромлей, 1964; Матюшкин и др., 1981 и др.). Многолетние тенденции в динамике численности тигра, пятнистого оленя, кабана не значимы (рис. 1, 3). Наблюдается снижение относительной численности изюбря и косули (рис. 2; 4), но, вероятно, вследствие значительного варьирования и повышения показателей учёта в последние годы, этот тренд для изюбря статистически не подтвердился.

После суровых зим с большим количеством осадков последующие 1–2 года происходило снижение относительной численности тигра и оленей, за исключением косули, у которой после многоснежной зимы 2000/01 г. снижения численности не наблюдалось (рис. 1–4). У кабана снижение численности или замедление её роста происходило непосредственно в течение зим, характеризующихся экстремальными условиями (рис. 1). Наши данные о характере влияния суровых зим на динамику населения рассматриваемых видов следует считать предварительными. Вопрос этот требует более подробного исследования.

В ЛЗ выявлены прямые связи между показателями численности пятнистого оленя, изюбря и косули, которые проявляются в последние два десятилетия. На других участках совместного обитания этих видов, как и в Лазовском районе, снижение численности изюбря связывают с ростом поголовья пятнистого оленя (Чаус и др., 2004; Программа мониторинга популяции амурского тигра, 2007). В Сихотэ-Алинском заповеднике в поясе дубовых лесов в период с 1980 по 2002 гг. также была выявлена обратная связь между данными видами (Стивенс и др., 2005; 2012), а также между косулей и пятнистым оленем. Причины могут заключаться как в прямой конкуренции, так и разнонаправленном воздействии на данные виды летних температур. Численность косули в этом заповеднике положительно коррелировала с численностью изюбря в период с 1962 по 2002 гг. в поясе дубовых и елово-пихтовых лесов. Однако результаты анализа временных рядов не дали ясного представления о факторах многолетней динамики численности каждого вида (там же). Вероятно, в ЛЗ реакция рассматриваемых видов на некоторые факторы среды имеет сходный характер, что и выявила прямая связь между показателями их численности.

В 1981–2001 гг. во время зимних троплений тигров в ЛЗ по их следам было пройдено 1210 км. Попутно с этой работой на маршрутах регистрировались следы

копытных давностью не более суток. Результаты анализа показали, что численность пятнистого оленя в 1989–98 гг. была выше на тех участках, где ниже численность изюбря и косули, хотя статистически это не подтвердилось (Salkina, 2011).

По результатам троплений следов хищников в 1989–1998 гг. была обнаружена прямая связь между плотностью следов изюбря и кабана ( $R=0,64$ ,  $p=0,0175$ ). Причём данный показатель для изюбря оказался выше в местах перемещений тигров, чем на произвольных маршрутах (учёт без троплений). В континентальных районах заповедника такая же сопряжённость с маршрутами тигра отмечена для следов кабана. Сходным пространственным размещением изюбря и кабана и объяснялась прямая связь между показателями их численности. Подобные результаты были получены на приморских склонах Среднего Сихотэ-Алиня в Сихотэ-Алинском заповеднике (Матюшкин, 1992). Размещение тигра здесь было близко к таковому изюбря и кабана, причём более тесная пространственная и пищевая связь хищника оказалась с изюбрем.

Прямая связь между показателями численности кабана и косули наблюдалась в 1989–1998 гг. как при учётах без троплений следов тигра ( $R=0,43$ ,  $p=0,0175$ ), так и при суммировании данных всех учётов, включая ЗМУ ( $R=0,33$ ,  $p=0,0466$ ). Более высокий коэффициент корреляции в первом случае обусловлен меньшей частотой встречаемости косули во время троплений следов тигра (Salkina, 2011). Основные местообитания косули и кабана существенно разобщены, но в многоснежные зимы присутствие кабана может иметь положительный эффект для косули. При поиске корма в снегу этот олень активно использует порою кабана (Данилкин, 2014). Этим обстоятельством можно объяснить положительную зависимость между плотностью следов этих двух видов.

Таким образом, корреляции между показателями численности рассматриваемых видов копытных в ЛЗ со временем сменили знаки. Для первого периода (1989–1998 гг.) прослеживалась отрицательная зависимость между плотностью следов пятнистого оленя и других оленей, хотя статистически она не подтверждалась. Показатели же численности кабана положительно коррелировали с таковыми изюбря и косули. Для второго периода (1997–2018 гг.) ситуация в корне изменилась. Выявлены существенные прямые связи между плотностью следов для оленей и слабые обратные — для кабана и изюбря, кабана и косули.

Полученные различия можно объяснить несколькими причинами. Нельзя не учесть изменения характера проведения учётов. В первый период два исследователя регистрировали копытных во время троплений следов

тигра, другие маршруты обследовали нерегулярным образом в течение всего зимнего сезона. Во второй период учёты животных были стандартизированы: постоянные маршруты проходились разными учётчиками в ограниченные сроки. Тем не менее, расположение большинства маршрутов совпадало для обоих периодов. Кроме того, направленность происходящих в группировках копытных процессов действительно изменилась, что подтверждается существенными положительными зависимостями между видами, выявленными во второй период. Такие связи, при их наличии, несомненно, проявились бы и ранее.

Нельзя исключать и влияние ошибок при видовой идентификации учётчиками следов оленьих (Салькина, 2008). Дорожки их следов сходны, следы молодого изюбря по размерам близки к следам взрослого пятнистого оленя. Следы молодого пятнистого оленя трудно отличить от следов взрослой косули.

Средняя плотность следов пятнистого оленя значительно превышает плотности следов других видов оленей (таблица). С одной стороны, учётчики могут относить следы оленя к изюбрю и косуле, чем можно было бы объяснить положительную зависимость между показателями учёта этих видов. С другой стороны, на показатели учёта может оказывать влияние так называемый «эффект узнавания», когда из-за массового присутствия пятнистого оленя учётчики более склонны приписывать этому виду более редкие следы изюбря и косули. Но это не объясняет выявленную прямую связь между показателями учётов этих видов. На наш взгляд, численность изюбря и косули в заповеднике недооценена, что косвенно подтверждается визуальными встречами и регистрациями этих видов автоматическими камерами наблюдения за животными. Более вероятно, что на видовую идентификацию следов оказывает влияние фактор «узнавания». В этом случае выявленные прямые связи между показателями учёта изучаемых видов имеют объективный характер, не зависящий от субъективных факторов.

Ранее мы обнаружили трёхлетнюю цикличность в динамике ещё одного показателя относительной численности тигра — плотности его запаховых меток (Salkina, 2011). Мы связали это с двухлетним циклом размножения хищника (там же; Салькина, 1993; 2009). Точке минимума этих показателей соответствует период пребывания вместе с самками тигрят, возрастом до года, когда семьи малоподвижны и не оставляют много следов. На следующий год по мере освоения территории молодыми хищниками плотность оставляемых ими запаховых меток и следов значительно повышается (Salkina, 2011). До зимы 2006/07 гг. эти показатели возрастали и на третий год, в связи с тем, что молодые тигры (воз-

растом более двух лет) продолжили оставаться на участках обитания их родителей. Появление и выживаемость очередного выводка у самки, за редким исключением, вероятно, сдерживается внутрипопуляционными механизмами.

Зимой 2004/05 гг. началось снижение численности кабана, возраставшей предыдущие 7 лет (рис. 1). Тогда же произошли изменения в характере динамики численности изюбря (рис. 2). Зимой 2008/09 гг. произошёл сбой цикличности в динамике численности пятнистого оленя и её дальнейшее снижение (рис. 3). Снижение численности этих видов связаны, вероятнее всего, с эффектом «источник-сток». Роль стока играет сопредельная с ЛЗ территория с интенсивным освоением природных ресурсов, включая отстрелы браконьерами копытных и тигров (Салькина, Колесников, 2005). После зимы 2006/07 гг. изменился и характер цикличности динамики численности тигра.

Существенную положительную корреляцию между показателями численности тигра и кабана отражает сходный характер её цикличности: не менее четырех (возможно, пять) из семи пиков численности хищника совпадают с таковыми кабана (рис. 1). В этой связи можно предположить, что и численность кабана в некоторые периоды имеет трёхлетнюю цикличность. Тесную связь между показателями численности тигра и кабана подтверждают частные коэффициенты корреляции между ними при фиксированных индексах плотности следов оленя, изюбря и косули. Значения частных коэффициентов ненамного отличаются от такового парного. Это означает, что данные виды оленей если и ослабляют (или усиливают) связь между тигром и кабаном, то в незначительной степени.

Объяснить зависимость между тигром и кабаном можно следующим образом. Во время зимних троплений следов тигра в 1981–2001 гг. было прослежено 69 случаев охоты тигров на рассматриваемые виды копытных (Salkina, 2011). Хищники охотятся на кабана более успешно (67% удачных случаев охоты от общего количества нападений тигра на этот вид), чем на изюбря (47%), пятнистого оленя (39%) и косулю (25%). У молодых тигров (вторая зима их жизни) протяжённость следовых компонентов охоты, связанных с преследованием жертвы (длительность погони и прыжков, количество и средняя длина прыжков) оказалась выше, чем у взрослых. В силу недостаточного опыта молодые хищники для добычи жертвы затрачивают больше энергии.

Таким образом, выживаемость приступающих к самостоятельной жизни тигров будет повышаться при высокой численности кабана, добыть которого легче, чем других копытных. Этим, на наш взгляд, и объясня-

ется, прямая связь между численностью тигра и кабана. В.Г. Юдин и Е.В. Юдина (2009) также пришли к выводу, что для успешного воспроизводства в популяции тигра необходима соответствующая численность кабана, обеспечивающего доступный пищевой ресурс молодым особям.

В Сихотэ-Алинском заповеднике в 1987–2003 гг. было обнаружено негативное влияние роста численности тигра на выживаемость кабанов первого года жизни (Заумислова, 2005). Длительная депрессия численности кабана в заповеднике помимо увеличения частоты неурожая дуба и кедра объяснялась и ростом численности тигра. В ЛЗ отрицательного влияния хищничества тигра на поголовье кабана обнаружено не было: напротив, численности хищника и его потенциальной жертвы здесь связаны положительной зависимостью. Возможно, данные различия связаны с более низкой относительной численностью кабана в Сихотэ-Алинском заповеднике, где условия обитания этого вида менее благоприятны. За период с 1998 по 2011 гг. средняя плотность следов кабана оказалась там почти в 2 раза ниже, чем в ЛЗ, где этот показатель один из наиболее высоких среди 16 участков мониторинга популяции тигра (Программа мониторинга популяции амурского тигра, 2011). После 1991 г. сокращение численности кабана произошло в масштабах всего Дальневосточного региона России (Заумислова, 2005). В ЛЗ в период с 1989 по 2018 гг. депрессия численности этого вида наблюдалась в течение одного или двух лет, затем происходил её рост (рис. 1; Salkina, 2011). Таким образом, условия обитания кабана на юго-востоке Сихотэ-Алиня более благоприятны, по сравнению с северными участками этой горной гряды, что в свою очередь благоприятно сказывается на группировке тигров в ЛЗ.

Отсутствие статистически значимой связи между показателями численности представителей оленьих и тигра можно объяснить как значительным варьированием изучаемых показателей численности (таблица), так и разным характером её динамики у хищника и его потенциальных жертв. У изюбря и пятнистого оленя в динамике численности прослеживается четырёхлетняя цикличность (рис. 2; 3).

Есть и другие подтверждения прямой связи между численностью тигра и пятнистого оленя. Положительная связь между показателем численности тигра (количество запаховых меток на постоянных маршрутах в бесснежный период, подсчитанных перед зимой, во время которой проводили учёты копытных) и плотностью следов пятнистого оленя ( $R=0,56$ ,  $p=0,0111$ ) отмечена в период 1989–1998 гг. для континентальной части заповедника. При этом было доказано, что плотность запахо-

вых меток тигра прямо зависит от численности хищника (Salkina, 2011).

Объяснить отсутствие корреляции между численностью тигра и пятнистого оленя, согласно более поздним данным, можно следующим образом. При увеличении или снижении численности оленя в течение ряда лет соответствующим образом изменяется и численность тигра. В период же относительно стабильного состояния, связь между колебаниями показателей учёта относительно среднего значения, даже при её наличии, обнаружить трудно. В Сихотэ-Алинском заповеднике в период 1962–2002 гг. отмечалась положительная связь между численностью тигра и обитающих там копытных животных, что объяснялось ростом населения хищников (Стивенс и др., 2012).

В ЛЗ в середине 1970-х гг. доля изюбря в рационе тигра составляла 33,3% (Животченко, 1977). С ростом численности и расселением пятнистого оленя доля изюбря в рационе хищника снизилась. Возможно, что до переключения пищевого предпочтения тигра с изюбря и кабана на пятнистого оленя, существовала корреляция между численностью хищника и изюбря, что было отмечено в Сихотэ-Алинском заповеднике.

Косуля в ЛЗ не имела большого значения в питании тигра по сравнению с другими частями его ареала (Животченко, 1977; Юдин, Юдина, 2009; Salkina, 2011). Поэтому устойчивых связей между показателями численности этих видов здесь может и не быть.

Хищничество тигра не является сильным фактором, лимитирующим численность его потенциальных жертв. Это касается как рассмотренных видов копытных, так и некоторых хищных млекопитающих. В период заселения тигром его прежних местообитаний в ЛЗ, сопровождавшимся и ростом его численности, росла численность пятнистого оленя, барсука, енотовидной собаки, рыси и дальневосточного лесного кота (Салькина, Ерёмин, 2017; Salkina, 2011). В Сихотэ-Алинском заповеднике хищничество тигра не проявилось ни в одной из лучших моделей, описывающих динамику популяций копытных (Стивенс и др., 2012). В большей степени на их группировки воздействуют факторы среды, связанные с погодными условиями (там же). Влияние тигра на жертву ослабляется при её высокой плотности, что наблюдается не только на Сихотэ-Алине, но и других местах ареала вида, в частности на индийском субконтиненте (Стивенс и др., 2012; Shaller, 1967; Stoen, Wegge, 1996).

Положительные зависимости между численностью тигра и его основных объектов питания свидетельствуют о том, в природных популяциях влияние потенциальных жертв на хищника выступает более сильным фактором,

чем лимитирующая роль последнего. Отсутствие таких зависимостей при высокой и стабильной плотности жертвы подтверждает это.

### Заключение

Изучение относительной численности тигра и его основных кормовых объектов в ЛЗ за последние два десятилетия не выявило существенных тенденций в динамике их населения. Обнаруженные прямые связи между показателями численности представителей оленьих, скорее всего, являются простой корреляцией из-за сходного воздействия идентичных факторов среды (вероятно, погодных явлений), определяющих однообразный характер динамики численности, включая её цикличность. Данные факторы могут нивелировать возможную конкуренцию между пятнистым оленем и другими видами копытных. Выявление таких факторов, в том числе условий снежного режима, требует дальнейших исследований.

Трёхлетняя цикличность в динамике плотности следов тигра очевидна, визуально определяется на графике. Изучение характера динамики численности других рассматриваемых видов требует применения специальных статистических методов. Временные ряды, вероятно, должны охватывать большие промежутки времени.

Популяции оленьих более стабильны по сравнению с популяциями кабана. Пятнистый олень способен достигать высокой плотности населения, что обеспечивает и высокую плотность населения тигра. Прямая связь между численностью этих видов прослеживается во время роста или снижения численности оленя. Когда же численность видов колеблется вокруг среднего значения, такой связи может и не быть.

По сравнению с добыванием кабана охота тигров, особенно молодых, на представителей оленьих менее

успешна. Высокая численность кабана благоприятно сказывается на выживаемости приступающих к самостоятельной жизни молодых тигров и в целом способствует росту численности хищника. Вероятно, в процессе длительной совместной эволюции характер воспроизводства тигра подчинился цикличности в динамике численности кабана.

Для стабильного существования и, успешного воспроизводства, популяции амурского тигра необходима достаточная плотность населения основных объектов питания. Однако даже на заповедных территориях группировки тигра и его жертв подвержены негативному антропогенному воздействию.

Динамика численности кабана тесным образом зависит от урожайности сосны корейской и дуба монгольского. В этой связи представляется спорным вывод об отсутствии тесной связи тигра с кедрово-широколиственными лесами (Miquelle et al, 1999). Только сохранение кедра и дуба позволит Российской Федерации выполнить свои обязательства по охране тигра и увеличению его численности, принятые на международном тигрином саммите в г. Санкт-Петербурге в 2010 г. (Глобальная программа восстановления тигра, 2010)

Организация и проведение Программы мониторинга популяции амурского тигра координировалось Обществом сохранения диких животных (WCS), ФГУ «Специальная инспекция «Тигр». Средства для выполнения программы были предоставлены Фондом спасения тигра, Всемирным Фондом дикой природы, Фондом спасения тигра и носорога, Службы рыбы и дичи США, Обществом сохранения диких животных, Русским географическим обществом. Авторы выражают признательность всем этим организациям, а также коллегам, принимавшим участие в учётных работах. Выражаем также благодарность С. А. Колчину за помощь в редактировании рукописи.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Амурский тигр в России. Составитель Е. Н. Матюшкин. М.: Всемирный Фонд Дикой Природы, 1998. 416 с.
2. Бромлей Г. Ф. Уссурийский кабан *Sus scrofa ussuricus* Heude, 1888. М.: Изд-во «Наука», 1964. 108 с.
3. Глобальная программа восстановления тигра (2010–2022). Санкт-Петербург, 2010. 89 с.
4. Васильев Н. Г., Матюшкин Е. Н., Купцов Ю. В. Лазовский заповедник им. Л. Г. Капанова // Заповедники Дальнего Востока СССР. М.: Мысль, 1985. С. 225–249.
5. Животченко В. И. Заселение тигром (*Panthera tigris altaica*) территории Лазовского заповедника и его взаимоотношения с леопардом и волком // Зоол. журн. 1977. Т. 51. Вып. 1. С. 131–139.
6. Заумислова О. Ю. Экология кабана в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП, 2005. С. 83–96.
7. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчётов. М.: Изд-во «Наука», 1973. 256 с.
8. Лаптев А. А., Маковкин Л. И., Медведев В. Н., Салькина Г. П., Сундуков Ю. Н. Кадастр наземных позвоночных животных Лазовского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 1995. 52 с.
9. Маковкин Л. И. Дикая пятнистый олень Лазовского заповедника и сопредельных территорий. Владивосток: Альманах «Русский остров», 1999. 136 с.

10. Матюшкин Е. Н. Тигр и изюбрь на приморских склонах Сихотэ-Алиня // Бюлл. Моск. Об-ва испытателей природы. Отд. биол. 1992. Т. 97. Вып. 1. С. 3–20.
11. Матюшкин Е.Н., Астафьев А. А., Зайцев В. А., Костоглод В. Е., Палкин В. А., Смирнов Е. Н., Юдт Р. Г. История, современное состояние и перспективы охраны тигра в Сихотэ-Алинском заповеднике // Хищные млекопитающие. Сборник научн. трудов. М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1981. С. 76–118.
12. Матюшкин Е.Н., Животченко В. И. Методика учёта тигра в заповедниках Приморья // Экологические основы охраны и рационального использования хищных млекопитающих. Материалы Всесоюзн. Совещания. М.: Наука, 1979. С. 250–251.
13. Микелл Д. Дж., Керли Л. Л., Гудрич Дж. М., Шлейер Б. О., Смирнов Е. Н., Куигли Х. Г., Хорнокер М. Г., Николаев И. Г., Матюшкин Е. Н. Особенности питания тигра в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике и на Дальнем Востоке России и возможности его сохранения // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП, 2005. С. 125–131.
14. Микелл Д. Дж., Пикунов Д. Г., Дунишенко Ю. М., Арамилев В. В., Николаев И. Г., Абрамов В. К., Смирнов Е. Н., Салькина Г. П., Мурзин А. А., Матюшкин Е. Н. Теоретические основы учета амурского тигра и его кормовых ресурсов на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2006. 183 с.
15. Программа мониторинга популяции амурского тигра: отчет за 10 год: 2006–2007 // Исп. Микуэлл Дейл, Дунишенко Ю. М., Арамилев В. В., Заумыслова О. Ю., Кожичев Р. П., Литвинов М. Н., Николаев И. Г., Пикунов Д. Г., Салькина Г. П., Середкин И. В., Фоменко П. В., Николаева Е. И. Владивосток, 2007. 69 с.
16. Салькина Г. П. Ошибки при подсчете следов копытных // Заповедное дело. 2008. Вып. 13. С. 25–33.
17. Салькина Г. П. Современное состояние популяции тигра на юге Сихотэ-Алиня // Бюлл. Моск. Об-ва испытателей природы. Отд. биол. 1993. Т. 98. Вып. 3. С. 45–53.
18. Салькина Г. П. Трехлетний цикл динамики численности амурского тигра *Panthera tigris alraica* Temminck, 1844. Электронный журнал «PITM». 2009. № 1. С. 22–28.
19. Салькина Г. П., Ерёмин Д. Ю. Влияние численности тигра и волка на некоторые виды хищных млекопитающих на юго-востоке Сихотэ-Алиня // Вестник Тамбовского университета. Т. 2. Вып. 5. 2017. С. 984–988.
20. Салькина Г. П., Колесников В. С. Факторы смертности пятнистого оленя в Лазовском районе Приморья // VII Дальневосточная конференция по заповедному делу (Материалы конференции, Биробиджан, 18–21 октября 2005 г.). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2005. С. 239–241.
21. Стивенс Ф. А., Заумыслова О. Ю., Астафьев А. А., Хейвард Г. Д., Микелл Д. Дж. Анализ динамики населения копытных в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике. Владивосток: Дальнаука, 2012. 164 с.
22. Стивенс Ф. А., Заумыслова О. Ю., Мысленков А. И., Хейвард Г. Д., Микелл Д. Дж. Анализ многолетней динамики численности копытных в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП, 2005. С. 113–125.
23. Уильямсон М. Анализ биологических популяций. М.: Изд-во «Мир», 1975. 271 с.
24. Чаус Н. А., Игнатова Н. К., Христофорова Н. К. Состояние популяций крупных копытных животных на юго-западе Приморского края // Электронный журнал «Исследовано в России». <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/049/pdf>.
25. Челинцев Н. Г. Математические основы учета животных. М., 2000. 431 с.
26. Юдин В. Г., Юдина Е. В. Тигр Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2009. 485 с.
27. Miquelle D. G., Smirnov E. N., Merrill T. W., Quigley H. B., Hornocker M. G., Schleyer B. Hierarchical spatial analysis of Amur tiger relationships to habitat and prey // *Riding the Tiger*. Cambridge University Press, 1999. P. 71–99.
28. Salkina G. The Tiger and it's relations with other species in South Sikhote-Alin. Germany: Lambert Academic Publishing, 2011. P. 161 (168).
29. Schaler G. B. The deer and the tiger: a study of wild life in India. Chicago-London: University of Chicago press, 1967. 370 pp.
30. Stephens P. A., Zaumyslova O. Yu., Miquelle D. G., Myslenkov A. I., Hayward G. D. Estimating population density from indirect sign: track counts and the Formozov-Pereleshin formula. *Animal Conservation*. 2005. № 9. P. 339–348.
31. Stoen O. G., Wegge P. Prey selection and prey removal by tiger (*Panthera tigris*) during the dry season in lowland Nepal // *Mammalia*. 1996. № 60. P. 363–373.

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА АНТИБИОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА *LACTOCOCCUS LACTIS* K205

## THE STUDY OF INFLUENCE OF MEDIA COMPONENTS ON ANTIBIOTIC PROPERTIES OF *LACTOCOCCUS LACTIS* K205

*T. Sultimova*

*Summary.* Consumer demand for minimally processed food or «fresh food» without chemical preservatives stimulated researchers to search for natural antimicrobial agents. Therefore, the search for bacteriocins with improved physical and chemical properties and a broad antimicrobial spectrum is of great interest for the food industry.

One of the main aspects of this interest is the increased demand of consumers for the quality of food and their safety for health. The most studied and approved for use as a biological preservative (code E234) is bacteriocin nisin, the only antibiotic having a «GRAS» status (recognized by the European Parliament as safe), the producer of which is produced by different strains of the same species *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. The studied properties of strain K205 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* and the selection of the components of the medium for its cultivation are described in this article.

*Keywords:* bacteriocin, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, nutrient medium, antibiotic activity.

*Сультимова Татьяна Доржиевна*

*К.б.н., доцент, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*  
*tsultimova@mail.ru*

*Аннотация.* Потребительский спрос на минимально обработанные пищевые продукты или «свежую еду» без химических консервантов стимулировал исследователей на поиск натуральных антимикробных средств. Поэтому поиск бактериоцинов с улучшенными физико-химическими свойствами и широким антимикробным спектром представляет большой интерес для пищевой промышленности.

Одним из главных аспектов этого интереса является возросший спрос потребителей к качеству продуктов питания и их безопасности для здоровья. Наиболее изученным и разрешенным для применения в качестве биологического консерванта (код E234) является бактериоцин низин, единственный из антибиотиков имеющий «GRAS» статус (признанный Европейским парламентом как безопасный), продуцентом которого является продуцентами которых являются разные штаммы одного вида *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Изученные свойства штамма K205 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и подбор компонентов среды для его культивирования описаны в данной статье.

*Ключевые слова:* бактериоцин, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, питательная среда, антибиотическая активность.

**Б**актериоциногенность — биологический феномен, широко распространенный в природе и связанный с антагонизмом у бактерий. Исследования последних лет позволили выделить в самостоятельную категорию явлений антагонистическую активность микроорганизмов, характеризующуюся синтезом белковоподобных антибактериальных веществ с ограниченным диапазоном активности. Считают, что с практической точки зрения эти антибактериальные препараты, действующие на микрофлору избирательно, могут использоваться для нормализации микробного ценоза при некоторых патологиях у человека и животных.

Интерес по использованию бактериоцинов, образуемых лактококками, резко возрос. Одним из главных аспектов этого интереса является возросший спрос потребителей к качеству продуктов питания и их безопасности для здоровья. Широко используемые химические консерванты и антибиотики, увеличивающие срок хранения продуктов питания, вызывают опасения. Наиболее изученным и разрешенным для применения в качестве биологического консерванта (код E234), являет-

ся бактериоцин низин, единственный из антибиотиков с 1997 года имеющий «GRAS» (Generally Recognized As Safe) статус, т.е. признанный Европейским парламентом как безопасный (European Parliament and Council, 1997). Являясь низкомолекулярным белком, низин легко переваривается с пищей, не токсичен. Описаны несколько форм низинов (A, B, C, D, E, Z, R, Q) и родственных им лактицинов, отличающихся между собой по ряду физико-химических свойств, аминокислотному составу и спектру антибактериального действия, но продуцентами которых являются разные штаммы одного вида *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Поэтому интерес к получению «естественных антибиотиков», образуемых молочнокислыми бактериями в последние годы возрос.

Особый научный интерес представляют молочнокислые стрептококки серологической группы N, которые по систематическому положению недавно выделены из группы микроорганизмов рода *Streptococcus*, включающего патогенные формы, и под новым названием *Lactococcus* отнесены к категории «GRAS», куда относятся микроорганизмы, не вызывающие инфекционных

заболеваний человека и животных. Изучение влияния компонентов питательной среды для культивирования продуцентов также является важным для получения сверхсинтеза бактериоцина.

Целью работы являлось изучить влияние компонентов питательной среды на биосинтез бактериоцина.

### Объект исследования

Объектом исследования является ранее выделенный из национального кисломолочного напитка курунги штамм *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* K205. микробиологические среды: мясо-пептонный агар (МПА), молочный обрат, MRS, оптимизированная биосинтетическая среда следующего состава (%):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ –0,5,  $\text{MgSO}_4$ –0,02,  $\text{NaCl}$ –0,2, глюкоза — 2,6, дрожжевой экстракт — 35–40 мг% азота аммония.

### Методы исследования

В работе использованы классические микробиологические методы для выделения чистых культур микроорганизмов из природных источников и изучения морфологических и физиолого-биохимических свойств. Все полученные результаты оценивали в сравнении с данными Определителя бактерий Берги.

Культивирование микроорганизмов проводили при температуре 28 °С в термостате в течение 24-х часов.

*Морфологию выделенных микроорганизмов* изучали по характеру роста на твердой питательной среде МПА и микроскопирования.

*Устойчивость штамма к NaCl.* Культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде с 4 и 6,5%  $\text{NaCl}$  при температуре 30°С в течение 24 х часов. Рост или отсутствие роста штамма отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на фотоэлектроколориметре (ФЭК).

*Определение роста культуры при pH 9,6.* Культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде со значением pH 9,6 при температуре 30°С в течение 24-х часов. Рост или отсутствие роста штамма отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на ФЭКе.

*Определение роста культуры при различной температуре (10°С, 40°С, 45°С).* Культуру выращивали на жидкой биосинтетической среде при разных значениях температур: 10°С, 40°С, 45°С в течение 24-х часов. Рост

или отсутствие роста штамма отмечали визуально (после встряхивания пробирки) по наличию или отсутствию мутности и определяли оптическую плотность на ФЭКе.

Ферментативную активность в отношении потребления ряда углеводов, проводили по методу «пестрого ряда».

*Антибиотическую активность* определяли методом диффузии в агар с измерением зоны подавления роста тест-культур *Bacillus coagulans* и *Escherichia coli* в мм. В качестве эталона для перевода в МЕ использовали соответствующие разведения антибиотического препарата Низаплин (Aplin &Barrett Ltd, Великобритания).

*Чувствительность к антибиотикам* определяли диско-диффузионным методом с использованием дисков, пропитанных антибиотиком в концентрациях 2–75 мкг в диске и хранящихся во флаконах с влагоудерживателем (силикагелем).

*Микроскопирование* проводили на микроскопе Альтами БИО 8 при увеличении в 2000 раз.

### Результаты исследований

Исследован штамм K205, находящийся долгое время на хранении. Для начала проведен ряд пересевов в чашки Петри со средой мясо-пептонный агар (МПА), а также с биосинтетической средой с добавлением индикатора бромкрезолового пурпурного. Инкубировали при 30°С в течение 24 часов. Повторяли данную процедуру неоднократно, для подтверждения чистоты культуры. Затем проводили окрашивание по методу Грама и микроскопирование штамма на световом микроскопе при увеличении в 2000 раз.

В результате получили однородные колонии, которые образовывали зоны просветления вокруг себя при росте на биосинтетической среде с добавлением индикатора бромкрезолового пурпурного, что свидетельствовало об образовании кислоты и, соответственно, изменении уровня pH. В результате микроскопирования выявлено, что культура представлена грамположительными кокками, собранными в пары и короткие цепочки разной длины от 4-х до 7-ми кокков, что характерно для *L. lactis* subsp. *lactis*.

Свойство потреблять различные углеводы, включая сахара, спирты и органические кислоты лежит в основе отличительных признаков при идентификации молочнокислых бактерий.

Использован метод определения сбраживания углеводов исследуемым штаммом с использованием готовых

Таблица 1. Значение оптической плотности при определении сбраживания углеводов

Углевод	Оптическая плотность (ОП <sub>670</sub> )
	штамм К-205
1	2
Глюкоза	1,5
Арабиноза	1,1
Маннит	1,0
Ксилоза	1,0

Таблица 2. Влияние углеводного компонента питательной среды на антибиотическую активность штамма *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* К 205.

Тест культура	Диаметр зон ингибирования роста бактерий, мм							
	Конт-роль	Глюко-за	Араби-ноза	Ксило-за	маннит	Nisaplin, 10 МЕ/мл	Nisaplin, 20 МЕ/мл	Nisaplin, 40 МЕ/мл
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Bacillus coagulans</i>	23	12	22	15	14	10	12	14

Таблица 3. Влияние аминокислот на антибиотическую активность штамма *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* К205.

Компоненты	Диаметр зон подавления роста, мм			
	К 205-1	Nisaplin, 40 МЕ/мл	Nisaplin, 20 МЕ/мл	Nisaplin, 10 МЕ/мл
1	2	3	4	5
аспарагин	18	15	14	12
глицин	15	15	14	12
лизин	12	15	14	12
лейцин	12	15	14	12
метионин	13	15	14	12
аланин	14	16	13	12
глутаминовая кислота	13	15	14	11
глутамин	12	15	12	11
Контроль со штаммом	13	15	14	12

Таблица 4. Чувствительность штаммов *L. lactis* subsp. *lactis* К 205 к антибиотикам

Антибиотик	Концентрация в диске, мкг	Диаметр зон подавления роста, мм
		К 205-1
1	2	3
Пефлоксацин	5	12
Клиндамицин	2	15
Азтреонам	30	-
Ванкомицин	30	19
Ципрофлаксацин	5	15
Фузидин	10	25
Цефтриаксон	30	-
Амоксициллин	20	35
Гентамицин	10	-
Амикацин	30	-
Меропенем	10	12
Цефоперазон	75	30
Норфлоксацин	10	7
Карбенициллин	25	15
Бензилпенициллин	6	17
Клиндамицин	2	10

растворов углеводов и индикатора бромкрезолового пурпурного в жидкой биосинтетической среде. Культивировали в течение 24 ч при 300С, после чего по изменению окраски среды и измерению оптической плотности отмечали результат (таблица 1).

В результате исследования определили способность сбраживания углеводов данным штаммом по измерению оптической плотности. Установлено, что в присутствии в питательной среде глюкозы наиболее благоприятна для роста культуры оптическая плотность, которой составляла 1,5. В среде содержащей арабинозу оптическая плотность составляла 1,4, маннит и ксилозу — 1,3.

Изучена антибиотическая активность штамма (таблица 2). Установлено, что бактериоцинообразующий штамм *L. lactis* subsp. *lactis* K205 подавляет рост грамположительной бактерии *B. coagulans*.

Наибольшее антимикробное действие оказывал штамм на среде с арабинозой, который по сравнению с контролем, содержащим в среде сахарозу, не оказал значительного повышения антимикробного действия.

Исследована потребность выделенных штаммов *L. lactis* subsp. *lactis* K205 в факторах роста — влияние 8 аминокислот (аспарагин, глицин, лизин, лейцин, метионин, аланин, глутаминовая кислота, глутамин), способных включаться в метаболизм лактококков (таблица 3).

Наибольшее антимикробное действие оказывал штамм на среде с аспарагином и глицином.

В результате в дальнейших исследованиях использовалась питательная среда, содержащая аспарагин.

По результатам изучения чувствительности изучаемых штаммов к антибиотикам (таблица 4), выявлено,

что штаммы чувствительны к антибактериальным антибиотикам широкого спектра действия, ингибирующим синтез белка: клиндамицину, карбенициллину, в меньшей степени к аминогликозидным антибиотикам: гентамицину, амикацину. Все штаммы чувствительны к антибиотикам, ингибирующим синтез клеточной стенки: цефоперазону, бензилпенициллину, ванкомицину, ципрофлоксацину, амоксициллину.

Чувствительность к антибиотическим препаратам может быть следствием их применения в сельскохозяйственной практике. В связи с этим, контроль по данному показателю является необходимым, так как при использовании культур, резистентных к лекарственным препаратам в пищевой и медицинской практике, могут передаваться в макроорганизм плазмиды, несущие гены лекарственной устойчивости, что затрудняет лечение.

В результате проведенной работы установлена чистота культуры *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* K205, исследовано влияние углеводного компонента на рост и бактериоцинопродуцирующую активность штамма. Выявлено, что присутствие в среде арабинозы увеличивало антибиотическую активность, но по сравнению с контролем, содержащим сахарозу, активность штамма ниже. Исследовано влияние аминокислот на рост и активность штамма. Выявлено, что содержание в среде аспарагина увеличивает антибиотическую активность штамма-продуцента. Таким образом, произведен подбор основных компонентов питательной среды, что позволило повысить антибиотическую активность штамма K205 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*.

Изучено влияние антибиотиков на рост культуры. Выявлено, что штамм чувствителен к антибактериальным антибиотикам широкого спектра действия, ингибирующим синтез белка и синтез клеточной стенки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоянова, Л. Г. Создание банка лиофильных бактериоцинопродуцирующих молочнокислых бактерий / Т. Д. Сульимова, А. И. Нетрусов // Цитология. — 2004. — Т. 46. — № 10. — С. 865–867.
2. Стоянова, Л. Г. Микробиологическая характеристика нового штамма *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* K-205 / Т. Д. Сульимова, А. Р. Строева, А. И. Нетрусов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2008. — № 1. — С. 60–63
3. Квасников, Е. И. Молочнокислые бактерии и их использование / О. А. Нестеренко // М.: Наука. — 2003. — 348 с.
4. Стоянова, Л. Г. Молочнокислые бактерии // Практикум по микробиологии. Под ред. А. И. Нетрусова. — М. Изд. Академия. — 2005. — С. 467–486.
5. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи. т. 1 // М.: Наука. — 1997. — 421 с.
6. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи. т. 2 // М.: Наука. — 1997. — 325 с.

© Сульимова Татьяна Доржиевна ( tsultimova@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИШИМБАЙ

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF URBAN SYSTEMS SOIL CONDITION ON THE EXAMPLE OF ISHIMBAY CITY

**R. Khaziakhmetov  
G. Biktasheva**

*Summary.* Ecology of Ishimbay is formed by climatic conditions and the location of the city in the industrial subzone South-Bashkortostan agglomeration conurbation characterized by a significant share of enterprises of oil and gas processing, chemical production, oil production, oil and gas pipeline system. One of the major environmental problems of our time is urbanization associated with rapid growth of cities and industrial enterprises. In this article attention is drawn to the identification and the total contents of heavy metals in the soil of the city of Ishimbay. This is true in recent years for the environment and urban ecology in General, because such studies are episodic in nature. The concentration of industrial enterprises, powerful traffic streams, has led to the fact that the industrial enterprises are allocated to natural background as concentrations of environmental pollutants. In the article the technique of research — experiments and laboratory studies of the soil on the total amounts of heavy metals.

*Keywords:* Ishimbay, heavy metals, gross content, emissions, utility, monitoring, priority, state, phytotoxicity, test culture, roadside canvas.

**Хазиахметов Рашид Мухаметович**

*Д.б.н., профессор, Башкирский государственный университет*  
eco3110@rambler.ru

**Бикташева Гузель Хурматовна**

*Аспирант, Башкирский государственный университет*  
gbiktasheva@mail.ru

*Аннотация.* Экология Ишимбая формируется природно-климатическими условиями и нахождением города в промышленной зоне Южно-Башкортостанской агломерации, характеризующаяся значительной долей предприятий нефте — и газопереработки, химических производств, нефтедобычи, нефте — и газопроводной системы. Одной из основных экологических проблем современности является урбанизация, связанная со стремительным ростом городов и промышленных предприятий. В данной статье обращено внимание на выявление и валовое содержание тяжелых металлов в почве города Ишимбай. Это актуально в последние годы для окружающей среды и городской экологии в целом, так как подобные исследования носят эпизодический характер. Сосредоточение промышленных предприятий, мощные транспортные потоки, привели к тому, что промышленные предприятия выделяются на природном фоне как центры концентрации загрязнителей окружающей среды. В статье приведена методика исследования — опыты и лабораторные исследования почвы на валовое содержание тяжелых металлов.

*Ключевые слова:* Ишимбай, тяжелые металлы, валовое содержание, выбросы, техносистема, мониторинг, приоритетный, госреестр, фитотоксичность, тест культура, придорожное полотно.

**Г**ород Ишимбай является уникальной «техноэко-системой», компоненты, которой находятся под различным по мощности антропогенным прессом. Наиболее опасными загрязнителями окружающей среды города являются тяжелые металлы, которые, вовлекаясь в биологический круговорот, оказывают ряд негативных воздействий на все природные компоненты городской экосистемы: «воздух — почва — вода — растения». Нарушения и изменения круговорота химических элементов в городской экосистеме, накопление их в природных компонентах урбоэкосистемы вызывает ухудшение условий проживания человека, способствует росту числа заболеваний, появлению новых болезней. Поступление Тяжелых металлов в организмы городских жителей может происходить, минуя цепи питания. [1] Во многих городах Российской Федерации проводятся мониторинговые исследования по оценке экологического состояния природных компонентов городской экосистемы. В городе Ишимбай подобные исследования носят эпизодический характер, не объе-

динены общей методической базой и явно нуждаются в обновлении.

### Актуальность исследований

Данная работа является актуальной, так как, рассмотрев литературу об экологии города Ишимбай, я пришла к выводу, что подобные исследования, посвященные проблеме загрязнения и изучения влияния техносистем уделено в настоящее время мало внимания. Тем самым мы попытались восполнить этот пробел. Сосредоточение промышленных предприятий, мощные транспортные потоки, привели к тому, что промышленные предприятия выделяются на природном фоне как центры концентрации загрязнителей окружающей среды.

### Цели и задачи исследований

Дать оценку влияния техногенных выбросов промышленных предприятий города Ишимбай на экологическое

Поступление тяжелых металлов в атмосферу, % от суммы (по данным Остромогильского А. Х., Петрухина В. А., Кокорина А. О., 1987)

Источник	Тяжелый металл			
	Cd	Zn	Pb	Hg
Общий источник	26,3	29,0	4,5	81,0
Антропогенный	73,5	72,0	95,5	19,0

состояние почвы и растительности урбанизированной системы и разработать обоснованные предложения, способствующие начальному оздоровлению экологической ситуации в городе.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

1. Определить источники техногенного загрязнения окружающей среды, предприятия, расположенных на территории г. Ишимбай, и ближайших городов.
2. Оценить влияние техногенных выбросов на экологическое состояние почвы города Ишимбай и провести химический анализ валового содержания тяжелых металлов в почве города по 8 районам, показателю суммарного загрязнения, соотнести их к классам опасности.
3. Выявить приоритетные опасные тяжелые металлы почвы.
4. Определить с помощью тест — культуры семян редиса сорта «Красный великан» — фитотоксичность в почве придорожного полотна центральной автомагистрали города.

На основании проведенных исследований мы так же сделали систему мероприятий — первых предложений по улучшению экологической ситуации в городах.

Объект исследований: территория урбанизированной экосистемы г. Ишимбай.

Предмет исследований: влияние техногенных выбросов

Практическая значимость. Проведенные исследования по оценке экологического состояния города закрепляют научный фундамент в решении практических задач, связанных с оздоровлением городской среды Ишимбая. Результаты работы могут быть рекомендованы для использования в качестве исходного материала для создания банка данных в системе экологического мониторинга за состоянием городской среды. Данные о валовом содержании тяжелых металлов, химических показателях качества почвы могут использоваться при создании нового земельного кадастра, составлении новых картограмм города с целью определения наиболее благоприятных площадок для строительства.

## Методика исследований

Экспериментальные исследования проводились на территории города Ишимбай — одного из промышленных центров юга республики Башкортостан, лабораторные исследования проводились в «АгроХим лаборатории» г. Ишимбай. В качестве объекта исследований рассматривались почвы и травянистые растения, образующий неразрывный, взаимосвязанный природный блок — компонент. Опыты проводились с весны — май 2017 г.

Для оценки одного из аспектов экологического состояния среды в городе, изучалось: валовое содержание тяжелых металлов в поверхностном, наиболее пылеобразующем, слое почвы — 10 см; а так же определяли фитотоксичность почвы с использованием в качестве тест — объекта семян редиса сорта «Красный великан». [2]

Для оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами почв г. Ишимбай было проанализировано валовое содержание тяжелых металлов в почвенных пробах, взятых от 8 районов территории города. Была использована карта города Ишимбай с госреестра и выбраны все 8 районов, откуда отбирались пробы почв. Так же во втором эксперименте определялась фитотоксичность почвы примыкающей к центральному автодорожному полотну — методом тест культуры.

Всего в первом опыте было отобрано 8 почвенных проб со следующих районов города:

- ◆ старый Ишимбай,
- ◆ Новостройка,
- ◆ Центр города,
- ◆ Южный,
- ◆ Восточный,
- ◆ микрорайон Юрматы,
- ◆ Алебастровый,
- ◆ Смакаево.

Во втором эксперименте мы отбирали 3 пробы — 0–5–10 метров (самая оживленная дорога — выезд из города — улица Бульварная) — определение фитотоксичности, а контролем в экспериментах служила почва из загородного лесопарка имени В.Н. Полякова (2 км от города)

## Классы опасности загрязняющих веществ, коэффициенты их токсичности.

Класс опасности	Степень опасности	Кф	Химический элемент
1	Высоко опасные	1,5	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, хром
2	Умеренно опасные	1,0	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром, олово
3	Мало опасные	0,5	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций

## Фитотоксичность почвы придорожного полотна на расстоянии 0, 5, 10 метров от автомагистралей.

Название улицы	Длина проростка редиса, мм	Изменение от контроля	
		мм	%
Улица Бульварная, въезд в город			
Контроль (почва парка)	60,0 ± 0,6	-	-
0 метров от автодороги	10,0 ± 0,7	-26,0	-59,0
5 метров от автодороги	30,0 ± 0,5	+7,0	+16,0
10 метров от автодороги	40,0 ± 0,3	+38,0	+86,0

Отбор почвенных проб проводился согласно ГОСТ 17.4.3.02–84. Данная методика заключается в следующем: Из каждой пробной площадки в трех равноудаленных друг от друга точках (вершины равностороннего треугольника) из верхнего гумусового горизонта 10 см отбирался почвенный образец при помощи лопаты массой до 1 кг, тщательно перемешивался и методом «конверта» из него отбиралась средняя проба массой 400 г. [3]

В «АгроХим лаборатории» г. Ишимбай проводилась первичная обработка почвенных образцов, агрохимический анализ и подготовка почвы к анализу на валовое содержание тяжелых металлов. В качестве контроля сравнения использовались показатели фонового валового содержания свинца, кадмия, цинка, меди, никеля в черноземе лесных почвах со слабой кислой и нейтральной реакцией, их содержание в пробах, взятых с территории, расположенной на расстоянии 2 км от г. Ишимбай, в зоне чернозема лесных почв затайрукского лесопарка. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах придорожного полотна так же сравнивалось с их содержанием в почвах загородного парка.

В почвенных пробах определение валового содержания исследуемых химических элементов проводилось методом атомно — абсорбционно-спектрального анализа на спектрофотометре АА С — 1. Для десорбции тяжелых металлов из почвенных образцов использовался водный раствор 1 н. НМОз — методика Яшина И. М., Шишова Л. Л. и другие. Для оценки степени опасности загрязнения почвы при полиэлементном загрязнении использовались предельно допустимые концентрации (ПДК), наиболее токсичных элементов: свинца, кадмия и цинка, относящихся к первому классу опасности. Общая токсичность почвы придорожной дороги определялась методом биотестирования, с использованием в качестве

тест — объекта семян редиса сорта «Красный великан». Испытуемую почву с помощью пинцета освобождали от крупных корневых остатков и тщательно перемешивали. Навеску в 100 г помещали стаканчики для посева, увлажняли водой. На поверхность полученной таким образом почвы раскладывали 50 семян редиса. Контрольные семена проращивались на почве из парка за городом (лесопарк). Семена проращивали в течение 10 дней при постоянной теплой температуре. [4]

### Заключение

Проведенные исследования позволили сделать оценку загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почв г. Ишимбай из 8 районов города, и так же обратить внимание в каком из районов города содержание тяжелых металлов наибольшее. Также почв придорожного полотна, примыкающего к основной автомагистрали города была выявлена фитотоксичность. Результатами выполненных исследований было установлено, что присутствуют

- доля проб со значениями более 128, соответствующих «чрезвычайно опасному» и «опасному» уровням загрязнения.
- среди металлов первого класса опасности из отобранных в районе старый Ишимбай и Южный (вблизи завода «Катализаторный» и «Инман») почвенных проб в 62,5% из них содержание свинца превышает предельно допустимую концентрацию. Помимо этих элементов в комплексном спектре площадного загрязнения имеют значение также медь, олово, кадмий, ванадий и другие элементы.

С увеличением расстояния от юго-восточной промзоны до 500 метров качественный состав загрязняющих веществ в почве несколько меняется. Так, почти в 2 раза

уменьшается концентрация в пробах олова и в 2 раза свинца. Полученные данные свидетельствуют о том, что ТМ неодинаково ведут себя в атмотехногенных потоках. Выявленное увеличение содержания кадмия в почве с удалением от источника, видимо, это связано с тем, что этот металл, как и все элементы с низкими кларками, находится в техногенных выбросах в виде аэрозолей субмикронной фракции и переносится на значительные расстояния от источника загрязнения. Вклад каждого из определяемых тяжелых металлов в общее загрязнение почвы различен.

Анализируя данную таблицу не сложно заметить, что эксплуатация автомагистралей оказывает влияние на фитотоксичные свойства почвы придорожного полотна. Наименьшая длина корневого проростка редиса наблюдается в вариантах опыта с почвенными вытяжками, полученными на исследуемой автомагистрали. Таким образом, на основе анализа данной натурных исследований по оценке качества почв придорожного полотна, можно сделать вывод о том, что данные почвы нуждаются в реставрации — рекультивации, восстановлению, с целью оптимизации их экологических функций. По этой причине необходимо разработать механизмы, способствующие улучшению экологического состояния почв придорожного полотна, на которых создаются газоны системы озеленения города.

### Выводы

1. На территории города Ишимбай по его 8 исследуемым районам наблюдается различное по интенсивности загрязнение тяжелыми металлами почвы. Наибольшая доля содержания тяжелых металлов было зафиксировано в районах: старый Ишимбай, Южный, Восточный, мы предполагаем, что это связано с тем, что вблизи этих районов находится промышленная зона города.

2. При химическом анализе валового содержания тяжелых металлов в почве города по показателю суммарного загрязнения установлено, что от юго-восточной зоны в почве выявлено содержание тяжелых металлов, которые относятся к «высоко опасны» и «умеренно опасным» химическим элементам.

3. Из исследованных металлов после анализа, так же выявили приоритетные тяжелые металлы почвы — свинец, цинк, олово, хром медь. Другие определяемые токсиканты содержатся в почве в малых количествах. К ним относятся: марганец, никель, молибден, ванадий, кобальт, кадмий.

4. В почве придорожного полотна наблюдается изменение фитотоксичности почвы в зависимости от удаления от источника загрязнения: чем дальше от дороги, тем выше активность микробного почвенного ценоза и тем меньше токсичность почвы.

В дальнейшем планируется продолжить исследования оценки экологической ситуации в городе.

### Предложения

1. Муниципальному предприятию «Озеленение и благоустройство города Ишимбай»: использовать в качестве основы для создания газонов различные почвенные смеси, в зависимости от вида злаков, которые будут формировать защитное дополнительное покрытие;

2. фитомассу, образующуюся после стрижки газонов, увозить на городскую свалку для утилизации;

3. для создания цветников и клумб в зоне воздействия автомагистралей использовать Бегонию клубненосную и Амарант «лисий хвост», которые активно аккумулируют некоторые виды тяжелых металлов из почвы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-исследовательский журнал «Уральский экологический вестник». Уфа: НИИБЖД, 2017. 43 с.
2. Киреева Н. А. методички «рекультивации нарушенных почв.//Уфа, БашГУ. 2008. 35 с.
3. Агрохимия / Ягодин Б. А., Смирнов П. М., Петербургский А. В. и др. — М.: Агропромиздат, 2005. 639 с.
4. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 2009. 2.

© Хазиахметов Рашит Мухаметович (eco3110@rambler.ru), Бикташева Гузель Хурматовна (gbiktashieva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## АВТОНОМНЫЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

### DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS WIRELESS SENSOR NODE FOR CONTROL OF THE GAS ENVIRONMENT ON INDUSTRIAL FACILITIES

*A. Sukhanov*

*Summary.* The article shows the results of wireless sensor node development for creation of the self-organized wireless sensor node for systems of industrial safety and environmental monitoring. It also describes the architecture of an autonomous wireless sensor node, which consists of digital data processing platform and power supply. Detailed information, technical characteristics and principle of operation of each hardware block of a wireless sensor node is described. The article present the algorithm of wireless sensor node operation which includes the following operation modes: sleep mode, suspended mode, measurement mode, data receive, data transfer.

*Keywords:* wireless sensor node, Zigbee, gas sensor, 3D SIP, pollution monitoring.

**Суханов Александр Владимирович**

НПК «Технологический центр» МИЭТ», г. Зеленоград  
aksernar@yandex.ru

*Аннотация.* В статье приведены результаты разработки беспроводного сенсорного узла для построения самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетей для систем промышленной безопасности и экологического мониторинга. Рассматривается архитектура автономного беспроводного сенсорного узла, который состоит из цифровой платформы обработки данных с газового сенсора и источника питания. Представлена детальная информация, технические характеристики и принцип работы каждого аппаратного блока беспроводного сенсорного узла. Описан алгоритм работы устройства, который включает в себя следующие режимы: спящий, ожидания, измерения, ожидания, приема данных, передачи данных.

*Ключевые слова:* беспроводной сенсорный узел, Zigbee, газовый сенсор, 3D SIP, система мониторинга.

### Введение

**З**адача предупреждения и предотвращения опасных ситуаций, связанных с наличием горючих и токсичных газов в атмосфере, является актуальной и своевременной. В настоящее время на крупных производственных объектах химической промышленности используются проводные автоматизированные системы контроля токсичных и взрывоопасных газов. В технологических процессах, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой, получением, хранением и применением горючих и токсичных газов, всегда имеется высокая вероятность образования взрывоопасных и токсичных смесей [1–2]. Данная задача требует тщательной проработки, применения современных методов и средств контроля концентраций опасных газов [3]. В настоящее время задача автоматизированного контроля газовой среды на объектах промышленности является очень актуальной.

Для её решения можно использовать систему мониторинга на основе беспроводной сенсорной сети (БСС). БСС в настоящее время являются актуальной передовой технологией в области самоорганизующихся систем контроля и управления различными процессами [4–5].

В рамках проекта был разработан беспроводной сенсорный узел (БСУ), который позволяет определять кон-

центрацию токсичных и горючих газов. Разработанный БСУ выполняет функции газоанализатора, но имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими портативными приборами.

Разработанный БСУ предназначен для построения самоорганизующихся и энергонезависимых БСС [6–7], которые могут использоваться на крупных промышленных предприятиях. Газоанализатор может функционировать в сетевой системе мониторинга контроля утечек горючих и токсичных газов, как конечное устройства или как сетевой маршрутизатор.

На рисунке 1 представлены изготовленные БСУ в пластиковых ABS корпусах со встроенными солнечными панелями, которые были изготовлены на 3D принтере.

Конструктивно-схемотехническое решение БСУ представляет собой две платы (рисунок 2), которые соединяются между собой при помощи штыревых разъемов. Верхняя плата — это интеллектуальный источник питания (ИИП), нижняя плата — это универсальная цифровая платформа (УЦП). Макет БСУ изготовлен по технологии поверхностного монтажа с контролем сборочно-монтажных операций современными оптическими или рентгеновскими методами.

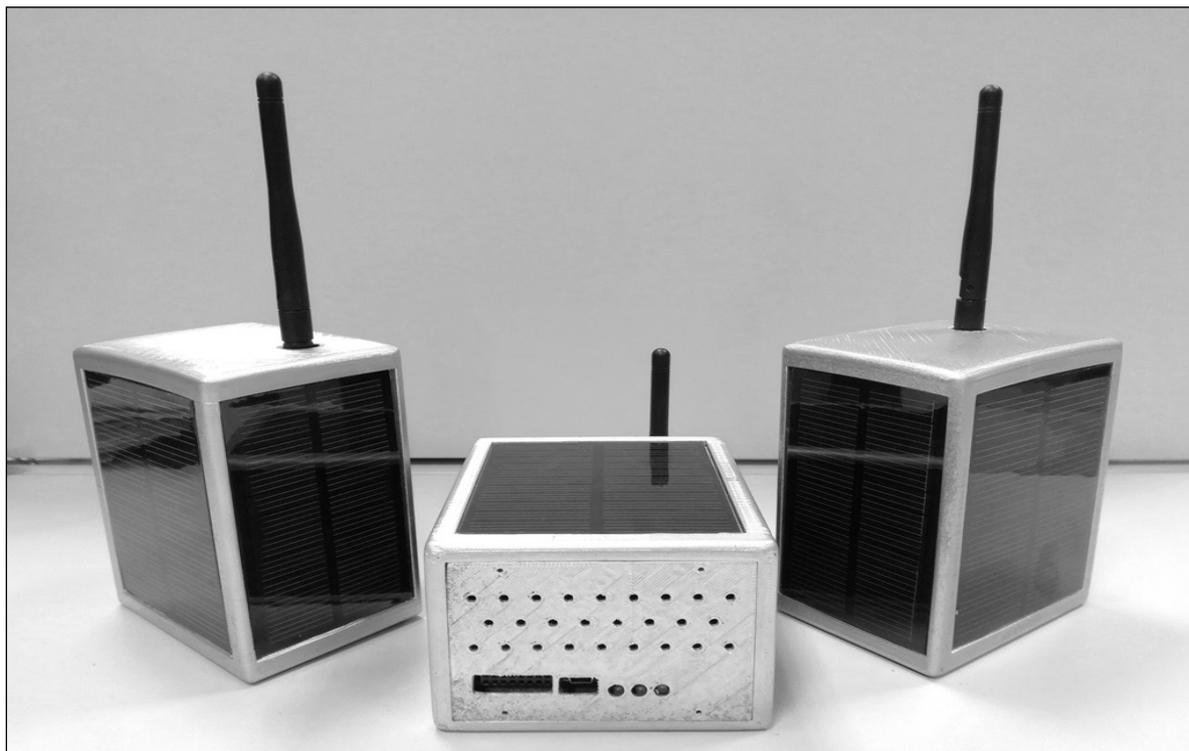


Рис. 1. Изготовленные беспроводные сенсорные узлы



Рис. 2. Беспроводной сенсорный узел без корпуса

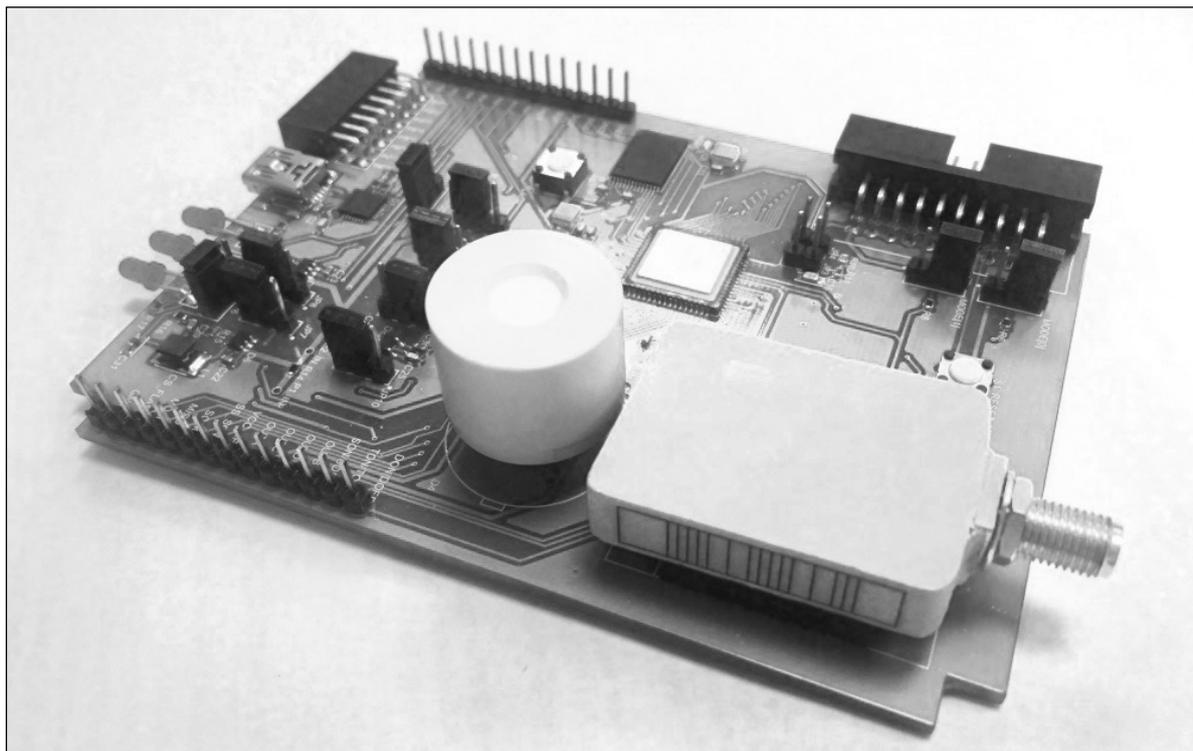


Рис. 3. Универсальная цифровая платформа с приемопередающей микросборкой стандарта IEEE802.15.4

### Универсальная цифровая платформа

УЦП служит для построения самоорганизующихся и энергонезависимых БСС, реализующую интеграцию газовых сенсоров различного физического типа (электрохимический, термокаталитический, оптический, полупроводниковый). УЦП обеспечивает передачу измерительной и служебной информации по беспроводной сети на основе открытого стандарта IEEE802.15.4.

Состав макета УЦП включает в себя управляющий российский 32-разрядный микроконтроллер, микросборку приемопередатчика, интегрированный источник питания постоянного тока с программно-аппаратной поддержкой режима пониженного энергопотребления, цифровой газовый датчик (ЦГД), флеш-память 16 Мб, блок интерфейсов JTAG и USB для отладки.

Главным компонентом в УЦП является 32-разрядный микроконтроллер фирмы Миландр 1986ВЕ4 в металлокерамическом корпусе [8]. Управляющий микроконтроллер УЦП обладает встроенной Flash памятью программ и построен на базе низкопотребляемого процессорного RISC ядра ARM Cortex-M0. Управляющий микроконтроллер УЦП обеспечивает работу алгоритма обработки и преобразования первичных сигналов, кодирование и сохранение измерительной информации

в автономном режиме, и передачу данных в составе БСС на расстояние не менее 100 метров. Микроконтроллер УЦП работает с флэш-памятью по последовательного синхронному цифровому интерфейсу SPI. Флэш-память используется для архивации информации полученной от ЦГД, в случае если маршрутизатор или координатор БСС не доступен. Конструктивно-схемотехническая реализация УЦП позволяет перепрограммировать встроенный микроконтроллер посредством JTAG и разъема USB с использованием режима UART загрузчика.

В состав УЦП входит микросборка приемопередатчика стандарта IEEE802.15.4, изготовленная по перспективной технологии миниатюризации 3D-SiP (Three-dimensional System-In-A-Package). Внешний вид платы УЦП с приемопередающей микросборкой с SMA разъемом для подключения антенны и штыревыми выводами для посадки на печатную плату представлена на рисунке 3.

Используемая SiP технология [9–10] заключается в упаковке нескольких электронных подсистем (ячеек либо стекных плат) в одну функциональную высокоинтегрированную систему на уровне кристаллов. Такая система содержит 2 или более уровней. В роли таких уровней выступают технологические подложки, на которые монтируются различные корпусные компоненты, либо кристаллы. В технологии для соединения подсистем используется

шариковый припой BGA (Ball grid array — массив шариков), термокомпрессионная микросварка, присоединение перевернутого кристалла (Flip Chip), присоединение кристалла к выводам ленточного кристалла (TAB — Tape Automated Bonding), а также вертикальные межсоединительные колонки VIP (Vertical Interconnect Pillar).

В БСУ применяется 3D SiP микросборка с межсоединительными колонками изготовленная в НПК «Технологический центр». В состав используемой микросборки входят микросхема приемопередатчика ZigBee, миниатюрный 32-разрядный микроконтроллер, микросхема памяти, микросхема усилителя радиочастотного сигнала, SMA разъем. Разработанное программное обеспечение 3D SiP микросборки поддерживают работу по алгоритмам сетевого стека, который соответствует стандарту IEEE802.15.4. Основное преимущество технологии ZigBee заключается в том, что она при малом энергопотреблении поддерживает не только простые варианты топологии сети, но и самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся ячеистую топологию с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений.

### Цифровой газовый датчик

Для реализации интеграции аналоговых газовых сенсоров различного типа в одном автономном устройстве был разработан цифровой газовый датчик (ЦГД). В состав ЦГД входит управляющий миниатюрный микроконтроллер, который оцифровывает значение полученное с аналогового чувствительного элемента. Всего было разработано 4 разных ЦГД для контроля разных газов: CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. ЦГД имеет 10 выводов с сигналами аналогового и цифрового питания, а также последовательным периферийным интерфейсом SPI. На рисунке 3 ЦГД расположен рядом с 3D микросборкой. ЦГД позволяет обмениваться информацией используя цифровой интерфейс SPI для последовательного обмена данными между микросхемами. В качестве ведущего шины обычно выступает микроконтроллер УЦП. В рамках проекта разработан специальный протокол ЦГД, который стоит запроса управляющего микроконтроллера системы и ответа датчика. Разработанные команды в протоколе ЦГД позволяют узнать информацию о датчике, о концентрации газа, версии ПО, калибровочной концентрации, дате изготовления, даты калибровки и т.д. Концепция использования ЦГД позволяет создать легко обслуживаемый удаленный сенсорный узел, который в отличие от аналоговых датчиков, является калиброванным средством измерения и обеспечивает автоматическую температурную коррекцию и самодиагностику. Использование ЦГД позволяет автоматически проводить дополнительные операции по калибровке и переконфигурации системы, поскольку все необходимые данные содержатся в памяти датчика и могут быть прочитаны с помощью специальных команд протокола.

### Интегрированный источник питания

В состав платы УЦП входит интегрированный источник питания. ИИП УЦП работает с 5В входного напряжения полученного от интеллектуального источника питания, принимает входные контрольные сигналы от управляющего микроконтроллера УЦП. Контрольные цифровые сигналы позволяют организовать программно-аппаратную поддержку пониженного энергопотребления. В состав интегрированного источника питания УЦП входят 4 понижающих малопотребляющих преобразователя напряжения для цифрового и аналогового питания. В интегрированном источнике питания используется только конденсаторы с ультранизким эквивалентным последовательным сопротивлением, что позволяет уменьшить токи утечки. Первый малощумящий понижающий преобразователь напряжения с выходным напряжением 3,3 В и ограничением по току 150 мА используется для подачи питания управляющего микроконтроллера УЦП и микросхемы флеш-памяти. Второй и третий малощумящий понижающий преобразователь напряжения используется для цифрового и аналогового питания ЦГД. Микроконтроллер УЦП используя свой цифровой порт задает контрольный логический уровень на втором преобразователе, который включает и отключает цифровое питание газового сенсора. Отдельное отключаемое цифровое питание цифрового газового сенсора позволяет уменьшить энергопотребление УЦП. Если использовать цифровое и аналоговое питание от одного малощумящего понижающего преобразователя, то может случиться ситуация, когда в момент разогрева термодаталитического газового сенсора будет падать общее напряжение питания и управляющий микроконтроллер сенсора отключиться (Reset). Четвертый преобразователь с настраиваемым выходным напряжением и ограничением по току 250 мА используется для питания 3D микросборки

### Интеллектуальный источник питания

При разработке устройства был проведен анализ энергопотребления УЦП, который показал, что основная часть потраченной энергии тратится на прием, прослушивание и передачу данных, а не на обработку или сохранение данных полученных от ЦГД. Для продолжительной автономной работы БСУ потребовалось разработка специализированного источника питания с использованием альтернативного источника энергии, который позволял бы в продолжительный солнечный день самостоятельно зарядить литий-полимерную аккумуляторную батарею.

Разработанный ИИП состоит из микросхемы заряда аккумулятора от солнечного харвестера с функцией отслеживания точки максимальной мощности, цифровой

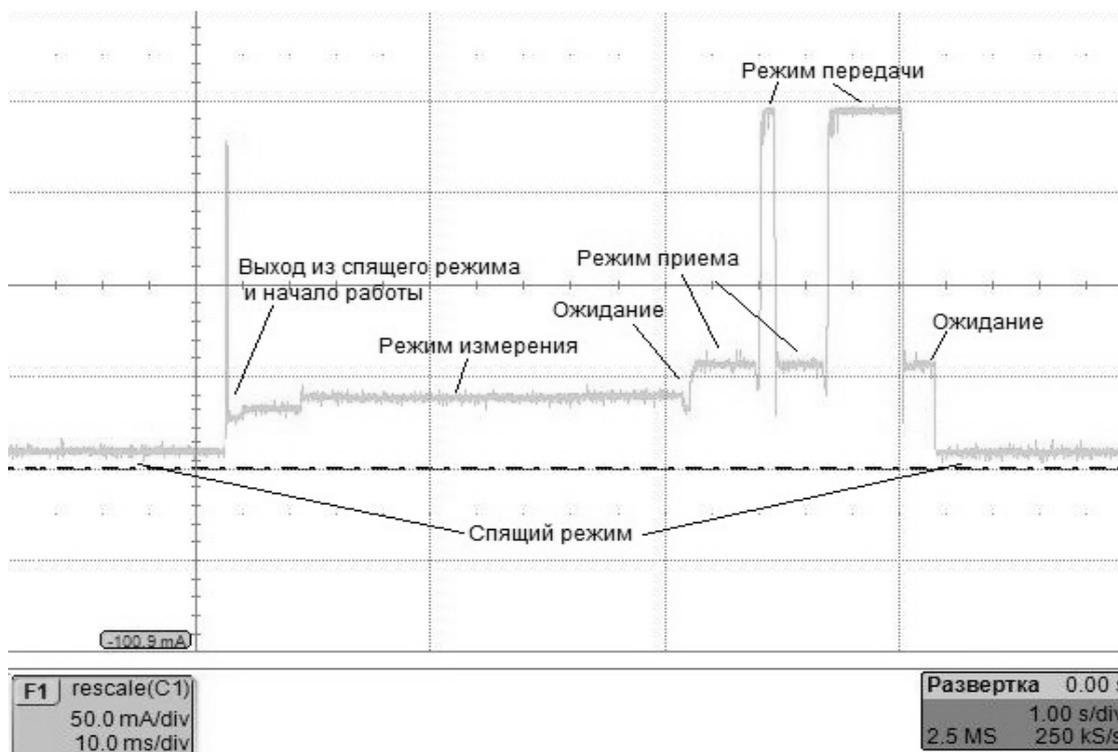


Рис. 4 График энергопотребления БСУ в различных режимах работы

малопотребляющей микросхемы индикации уровня заряда, высокоэффективного понижающе-повышающего преобразователя напряжения, литий-полимерного аккумулятора, ионистора и солнечных панелей. Все микросхемы в интеллектуальном источнике питания изготовлены фирмой Texas Instruments и имеют низкий ток потребления и спящие режимы работы [11–12]. Выходное напряжение солнечной батареи, которая подключается к источнику питания может быть в диапазоне 3,5–18 В, максимальный ток заряда аккумулятора — 800 мА. Источник питания позволяет заряжать литий-полимерный аккумулятор и от шины USB перед первоначальным автономным использованием БСУ. Использование литий-полимерного аккумулятора дает ряд преимуществ, среди которых высокая энергетическая плотность, низкий саморазряд, отсутствие «эффекта памяти». В случае проблем с литий-полимерным аккумулятором в схеме присутствует тонкопленочная конденсаторная ячейка емкостью 1 Ф, который в любой момент может увеличить ток отдаваемый потребителю. Используемый литий-полимерный аккумулятор может иметь емкость от 1500 до 32000 мАч (теоретически). Во время успешных лабораторных испытаний использовался литий-полимерный аккумулятор емкостью 2200 мАч (8,1 Вт\*ч).

Цифровая малопотребляющая микросхема индикации уровня заряда использует специализированный алгоритм для замера емкости аккумуляторной батареи,

состояния заряда, времени непрерывной работы, время до отключения, напряжения аккумуляторной батареи и температуры.

Управляющий микроконтроллер УЦП использует последовательную синхронную шину данных I2C для получения информации от микросхемы индикации уровня заряда. Периодически информация о состоянии аккумулятора источник питания передается в БСС. Использование специализированных микросхем работы с аккумулятором позволяет оператору сбора данных БСС знать состояние каждого БСУ и во время заменить полностью разряженную испорченную батарею. Использование ИИП позволяет накапливать энергию в литий-полимерном аккумуляторе и отдавать ее потребителю — УЦП, высокоэффективный понижающе-повышающий преобразователь напряжения устанавливает на входе питания УЦП 5В при максимальном токе 1200 мА.

#### Энергопотребление беспроводного сенсорного узла

Основная проблема, с которой сталкиваются в настоящее время технические специалисты при обслуживании БСС — это постоянная замена аккумуляторов у автономных устройств. Эффективность использования энергии имеет первостепенное значение для работы разработанного БСУ в составе БСС. Энергопотребление

БСУ в основном зависит от следующих параметров: расстояние передачи данных и наличие препятствий между узлами, объем передаваемой информации, частота передачи данных, энергопотребление используемых компонентов в ЦГД, структура сети, скорость выхода узла из спящего режима и т.д.

Реализованный алгоритм работы БСУ включает в себя следующие режимы: спящий, ожидания, измерения, ожидания, приема данных, передачи данных. Энергопотребление устройства за один энергоцикл представлено на рисунке 4. При анализе энергопотребления можно выделить следующие состояния: короткий этап выхода устройства из спящего режима, режим измерения концентрации газа со всех ЦГД, выход из спящего режима приемопередатчика, серия приема и передачи информации в БСС, этап перехода устройства в спящий режим. Как видно из формы сигнала тока, энергия в основном затрачивается на прослушивание эфира, на отправку полученной информации, на спящий режим и выход из спящего режима.

На основе разработанного алгоритма, БСУ с электрохимическими сенсорами может успешно работать автономно только с аккумулятором не менее 5 лет, при частоте передачи данных в БСС — 30 секунд. Встроенный ИИП и солнечные батареи, которые конструктивно расположены в корпусе устройства, позволят значительно увеличить время автономной работы устройства.

## ВЫВОДЫ

Разработанное устройство позволяет выявлять в атмосфере взрывоопасные и токсичные газы и может использоваться в системах предотвращения аварийных ситуаций на производстве совместно с исполнительными устройствами. Автономная работа в течение длительного промежутка времени, возможность передачи данных на большие расстояния по беспроводному каналу, скорость развертывания и настройки системы мониторинга, а также низкое энергопотребление обуславливают высокую конкурентоспособность разработанного устройства. Системы мониторинга на основе разработанного БСУ позволяют локализовать развитие опасных ситуаций на ранних стадиях, а также увеличивают период времени для принятия соответствующих защитных мер и действий по устранению аварийных ситуаций. Система мониторинга на основе БСУ позволяет снизить стоимость каналов связи для передачи данных, а также снизить стоимости функционирования системы вследствие удаленного управления. Полученный научный задел позволит перейти к непосредственному созданию широчайшего спектра устройств нового поколения для систем мониторинга и управления.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0225, уникальный идентификатор RFMEFI57716X0225).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств: пер. с англ. — М.: Мир, 1989, С. 672
2. Бесчастнов М. В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. — М.: Химия, 1991, С. 432
3. Гринчук А. П., Таратын И. А., Хатько В. В. Разработка газовых сенсоров для контроля горючих газов // Приборы и методы измерений. 2010. № 1 (1). С. 51–55
4. Wheeler. Commercial Applications of Wireless Sensor Networks Using ZigBee. IEEE Communication Magazine, 45(4):70–77, 2007
5. Kay Romer, Mattern Friedemann, «The Design Space of Wireless Sensor Networks». IEEE Wireless Communications, 2004, pp. 54–61.
6. Perillo M. A., Heinzelman W. B. Wireless Sensor Network Protocols // Handbook of Algorithms for Wireless Networking and Mobile Computing. 2005. P. 813–842.
7. William Stallings, Wireless communications and networks, Prentice Hall, USA, 2002, pp. 110–113.
8. Миландр. «Спецификация Микроконтроллер на базе процессорного ядра ARM Cortex-M0», datasheet, 2015 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://milandr.ru/uploads/Products/product\\_276/spec\\_1986BE4.pdf](http://milandr.ru/uploads/Products/product_276/spec_1986BE4.pdf) (дата обращения: 11.03.2016).
9. De Munck, Koen, De Moor, Piet, Sabuncuoglu Tezcan, Deniz, Baert, Kris, Beyne, Eric, Mertens, Robert, & Van Hoof, Chris. (2005). 3D Interconnect technology for space applications.
10. 11-Manuba Bonkohara, «Technologies for 3D assembly and chip level stack» Proceedings of 2nd International Symposium on Microelectronics and Packaging, ISMP2003, IMAPS-Korea, Seoul, Korea, September 24–25, 2003,, pp. 85–90.
11. Texas Instruments, “BQ24210, Single Cell Li-Ion Solar Battery Charger” datasheet, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24210.pdf> (дата обращения: 11.03.2016).
12. Texas Instruments, “BQ27510-G3 System-Side Impedance-Track Fuel Gauge With Direct Battery Connection” datasheet, 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq27510-g3.pdf> (дата обращения: 15.03.2016).

© Суханов Александр Владимирович ( aksearnar@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# УМНОЖЕНИЕ ЧАСТОТЫ В ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫХ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРАХ НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ ПО ГАРМОНИКАМ

## FREQUENCY MULTIPLICATION IN HIGHLY STABLE QUARTZ OSCILLATORS ON THE BASIS OF ENERGY REDISTRIBUTION IN THE SPECTRUM BY HARMONICS

*M. Alexandrova*

*Summary.* The solution of the problem of signal filtering is presented on the basis of preliminary suppression of non-singled out harmonics. In theory, the possibility of concentrating the fundamental energy of the spectrum in any harmonic is proved. In this case, three systems of pulse signals were considered in which a different number of non-isolated harmonics near the filtered harmonic was reduced to negligible values. The practical solution of this problem is that when multiplying the frequency with subsequent filtering in a highly stable quartz oscillator, high-Q circuits are no longer required, which makes it possible to use small-size versions of low-Q filtering of signals.

*Keywords:* signal filtering, quartz oscillator, circuit quality factor, pulse, harmonics, coefficients, amplitude.

**Александрова Мария Евгеньевна**

Специалист, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
mariya\_mariya00@inbox.ru

*Аннотация.* В статье представлено решение задачи фильтрации сигнала, на основе предварительного подавления не выделяемых гармоник. В теории доказана возможность концентрации основной энергии спектра в любой гармонике. При этом были рассмотрены три системы импульсных сигналов, при которых различное число не выделяемых гармоник, находящихся вблизи фильтруемой гармоники, было сведено к ничтожно малым значениям. Практическое решение данной задачи заключается в том, что при умножении частоты с последующей фильтрацией в высокостабильном кварцевом генераторе уже не потребуются высокодобротные контуры, что дает возможность применения малогабаритных вариантов низкодобротной фильтрации сигналов.

*Ключевые слова:* фильтрация сигнала, кварцевый генератор, добротность контура, импульс, гармоники, коэффициенты, амплитуда.

## Введение

Умножение частоты гармонического колебания в основном применяется при проектировании кварцевых генераторов с высокой стабильностью частоты. Самая большая частота, на которую технологически возможно изготовить кварц, составляет 50 МГц [1]. Существует прямой метод умножения частоты с использованием эффекта увеличения частоты кварца на гармонике с применением стабилизации частоты [2]. Дальнейшие манипуляции с увеличением частоты, не нарушая при этом ее стабильности в готовом генераторе, в десятки, сотни и тысячи раз достаточно сложны. Они либо требуют наличия нескольких каскадов с использованием нескольких фильтров, как в методе умножения с помощью ППИ [3] или работе кварца на обертоме [1], либо наличие дополнительно генератора как в методе получения кратных частот с помощью радиоимпульса [4]. Это связано с уменьшением энергии в спектре гармоник, кратных основной. К тому же, при проектировании генераторов требуется обеспечение их малых габаритов. На высоких частотах сложно обеспечить требуемую при проектирова-

нии высокую добротность фильтров, а используемые на таких частотах высокодобротные фильтры на спиральных резонаторах не обладают малыми габаритами [5]. Таким образом, были указаны два технологических противоречия при проектировании кварцевых генераторов. Первое это обеспечение требуемых характеристик фильтров при сохранении их малых габаритов, второе это умножение частоты с сохранением стабильности в десятки и сотни раз с применением простых схем.

Для решения первого технологического противоречия, был рассмотрен подход к фильтрации сигнала, основанный на учете перераспределения энергии в спектре [5]. При решении второго технологического противоречия был рассмотрен тот же подход, но отличающийся тем, что энергию можно концентрировать в любой гармонике. Период сигнала делится на равные части, и в каждой части периода формируются двух полярные определенные импульсные последовательности. При суммировании этих импульсных последовательностей происходит перераспределение спектральной энергии по гармоникам.

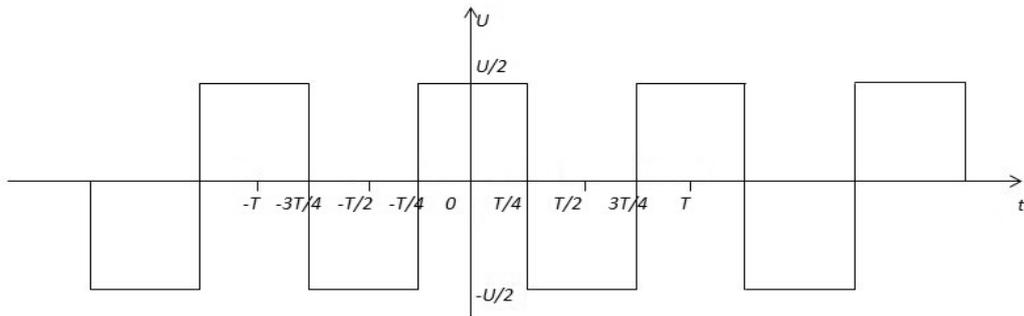


Рис. 1. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

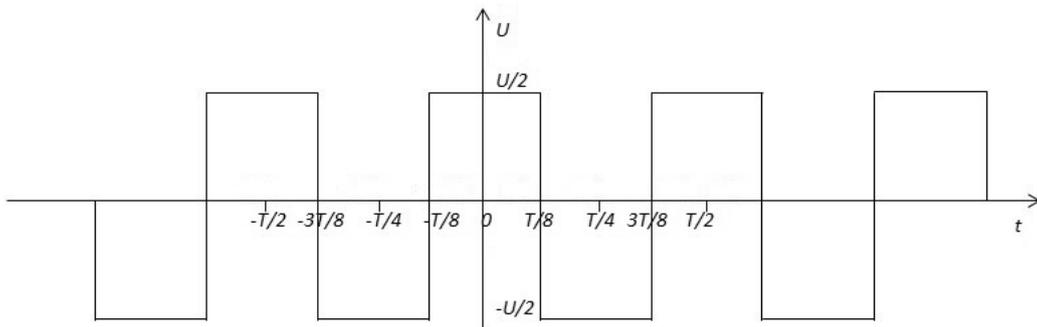


Рис. 2. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

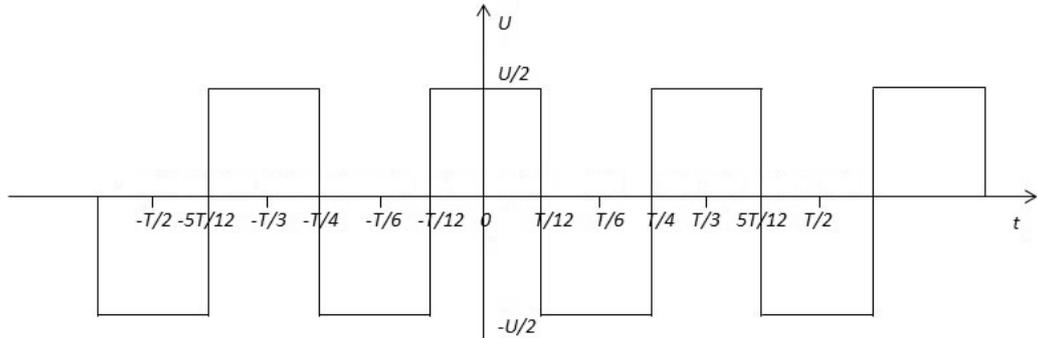


Рис. 3. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

### Теоретическая часть

Основная задача исследования заключается в том, чтобы за счет расположения определенной импульсной последовательности на равных частях периода на оси времени периодического сигнала добиться сосредоточения основной энергии спектра этого сигнала в любой единственной гармонике, предназначенной для фильтрации, и минимизировать энергии гармоник, расположенных вблизи фильтруемой гармоники. Таким образом, цель работы заключается в рассмотрении различных вариантов максимизации амплитуды выделяемой гармоники, при обеспечении минимальных значений амплитуд остальных гармоник, находящихся вблизи данной гармоники.

Решение задачи было рассмотрено применительно к задаче умножения частоты гармонического сигнала в любое число раз. Пусть сигнал представляет собой гармоническое колебание  $u = U \cdot \sin(\omega t)$ , амплитудой  $U = 1B$ , периодом  $T = 1c$ . Чтобы получить гармоники с частотами, кратными  $\omega$ , необходимо осуществить преобразование синусоиды в нелинейный сигнал, а именно, в периодическую последовательность прямоугольных импульсов со скважностью равной 2, амплитудой  $U = 1B$ , периодом  $T = 1c$  (Рисунок 1).

Спектр периодической последовательности, изображенной на Рисунке 1 на интервале  $(0, T/2)$ , описывается функцией:

Таблица 1. Значения коэффициентов  $a_{n1} \div a_{n3}$  при различных значениях  $n$ .

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$a_{n1}$	0,6	0	-0,2	0	0,12	0	-0,09	0	0,07	0	-0,05
$a_{n2}$	0	0,6	0	0	0	-0,2	0	0	0	0,12	0
$a_{n3}$	0	0	0,6	0	0	0	0	0	-0,2	0	0
n	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$a_{n1}$	0	0,04	0	-0,04	0	0,03	0	-0,03	0	0,03	0
$a_{n2}$	0	0	-0,09	0	0	0	0,07	0	0	0	-0,05
$a_{n3}$	0	0	0	0,12	0	0	0	0	0	-0,09	0

$$U_1(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{T}{4} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (1)$$

Увеличим частоту заполнения импульсами на периоде в два раза (Рисунок 2).

Спектр периодической последовательности, изображенной на Рисунке 2 на интервале  $(0, T/2)$ , описывается функцией:

$$U_2(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{T}{8}, \frac{3T}{8} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{8} \leq t \leq \frac{3T}{8} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (2)$$

Увеличим частоту заполнения импульсами на периоде в три раза (Рисунок 3).

Спектр периодической последовательности, изображенной на Рисунке 3 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией:

$$U_3(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{T}{12}, \frac{T}{4} \leq t \leq \frac{5T}{12} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{12} \leq t \leq \frac{T}{4}, \frac{5T}{12} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (3)$$

Поскольку функции  $U_1(t) \div U_3(t)$  являются четными, то ряд Фурье, каждой из них, содержит только постоянные и косинусоидальные составляющие. Коэффициенты  $a_{n1} \div a_{n3}$  при  $U = 1B, T = 1c$  вычислены по методике из [5].

$$a_n = -\sin(x*pi)/(x*pi) + \sin(x*pi*1/2)/(x*pi*1/2) \quad (4)$$

$$a_{n2} = 1/2*\sin(x*pi*1/4)/(x*pi*1/4) - 3/2*\sin(x*pi*3/4)/(x*pi*3/4) + \sin(x*pi)/(x*pi) \quad (5)$$

$$a_{n3} = 1/3*\sin(x*pi*1/6)/(x*pi*1/6) - \sin(x*pi*1/2)/(x*pi*1/2) + 5/3*\sin(x*pi*5/6)/(x*pi*5/6) - \sin(x*pi)/(x*pi) \quad (6)$$

Значения коэффициентов  $a_{n1} \div a_{n3}$  при различных  $n$  приведены в таблице 1.

Амплитуды гармонических составляющих  $A_{n1}, A_{n2}$  и  $A_{n3}$  равны по модулю значениям из таблицы 1:  $A_{n1} = |a_{n1}|, A_{n2} = |a_{n2}|, A_{n3} = |a_{n3}|$ .

Анализ полученных результатов показал, что при увеличении частоты заполнения прямоугольных импульсов на периоде в  $N$  раз, основная энергия спектра будет приходиться на  $N$ -ую гармонику, то есть на частоту в  $N$  раз превышающую частоту исходного синусоидального сигнала. Так же в спектре будут присутствовать  $3*N, 5*N, 7*N, 9*N, 11*N$  и т.д. гармоники.

В рассмотренных импульсных сигналах, кроме гармоники, предназначенной для фильтрации, вблизи находятся другие гармоники, следовательно, для фильтрации нужной гармоники потребуются применить высокочастотные контуры. Необходимо создать такую импульсную последовательность, чтобы основная часть гармоник, находящихся вблизи выделяемой гармоники, была сведена к ничтожно малым значениям.

### Экспериментальная часть

Для решения поставленной задачи экспериментальным путем были получены три системы импульсных последовательностей  $\alpha, \beta$ , и  $\gamma$ , в каждой из которых, было осуществлено подавление гармоник, находящихся вблизи гармоники, предназначенной для фильтрации. Системы импульсных сигналов строятся следующим образом. Полупериод сигнала от  $0$  до  $T/2$  делится на  $N$  равных отрезков длиной  $T/2N$ , где  $N$  — номер гармоники, предназначенной для фильтрации. И на каждом таком отрезке, относительно оси симметрии (количество осей равно  $N$ ), симметрично располагается разно полярная система импульсной последовательности  $\alpha, \beta, \gamma$ . Рассмотрим каждую из этих систем.

Первая импульсная  $\alpha$ -система изображена при  $N$  нечетном на рисунке 4, при  $N$  четном на рисунке 5. Коэффициента вычисляется по формуле:

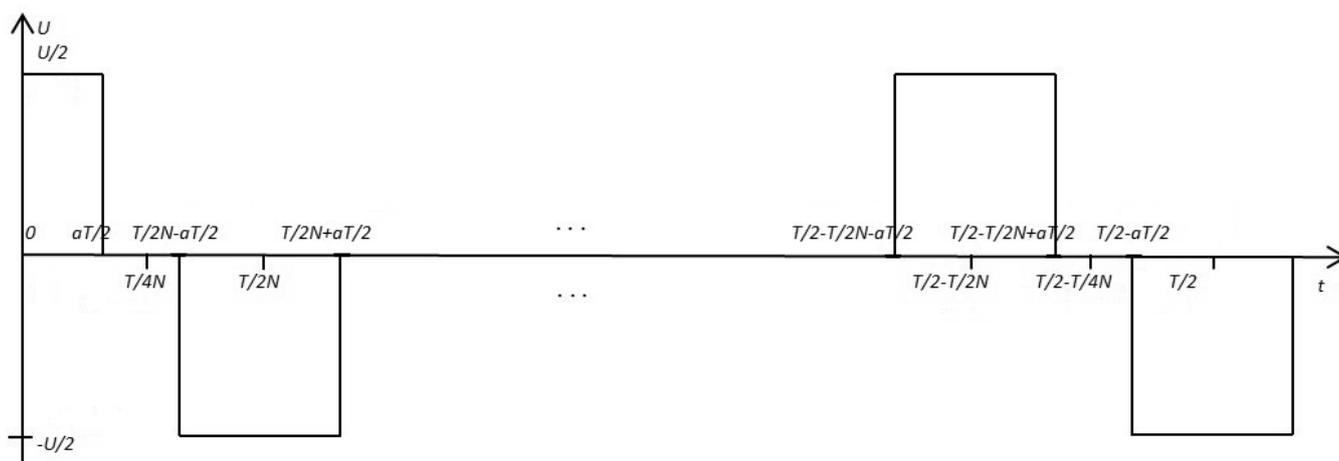


Рис. 4. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

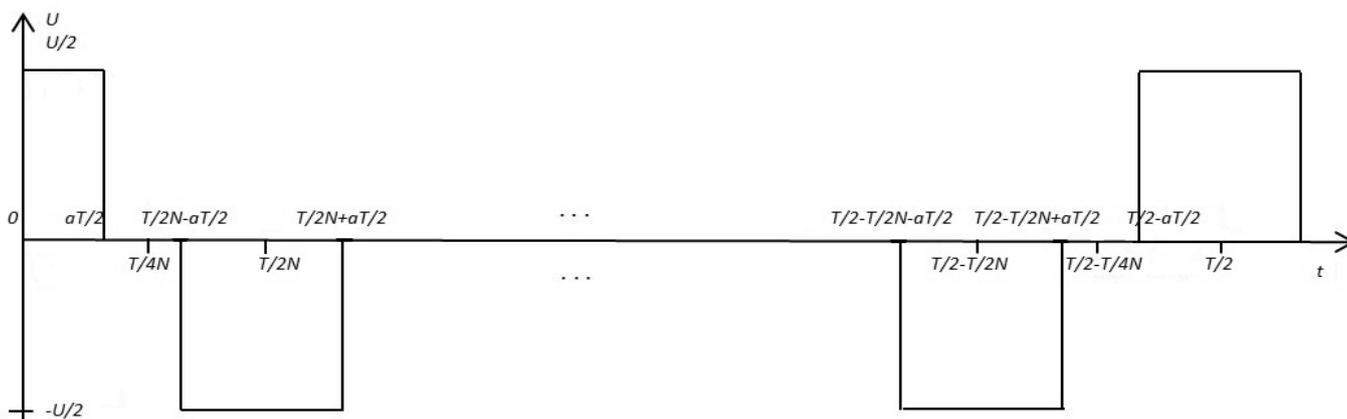


Рис. 5. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

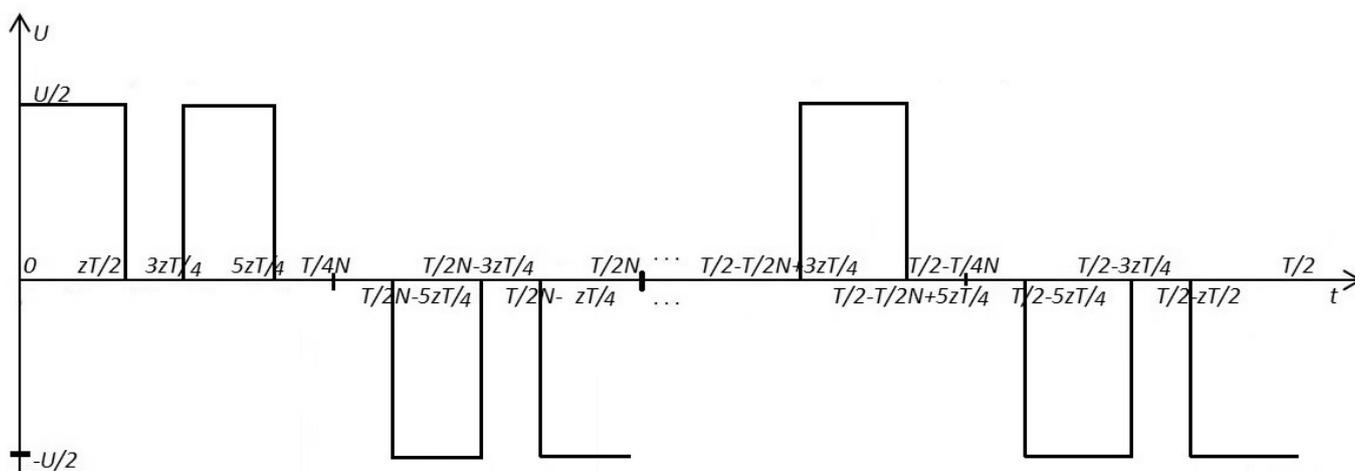


Рис. 6. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

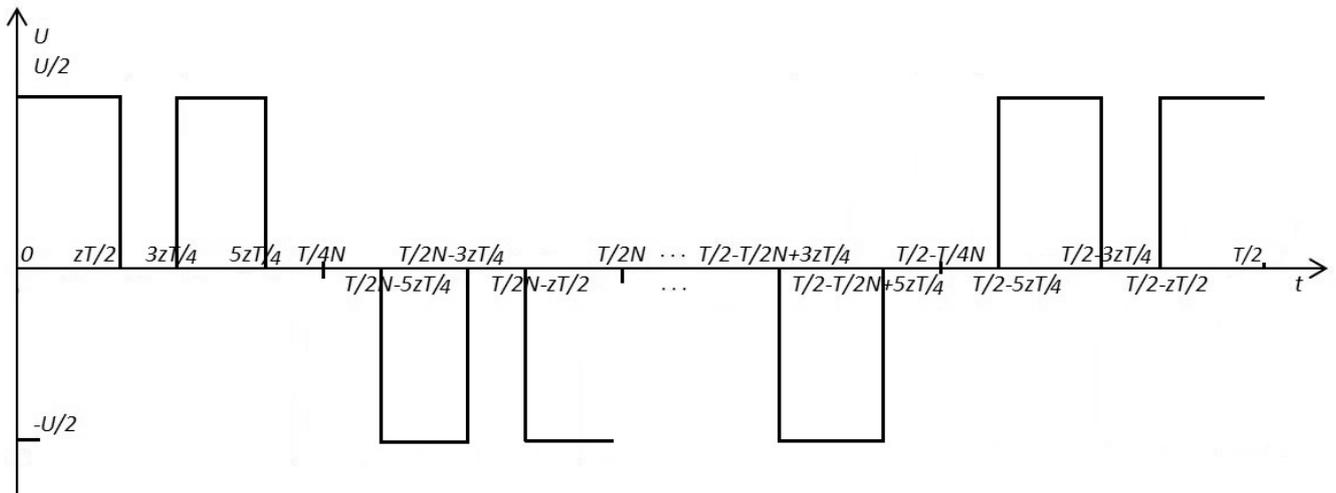


Рис. 7. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

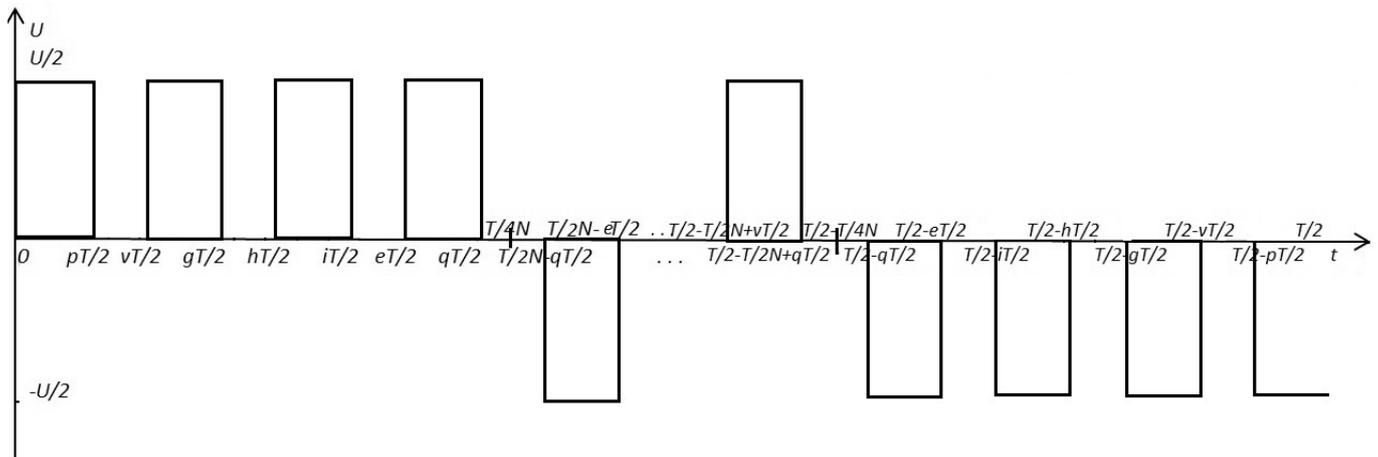


Рис. 8. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

$$a = 1/(3*N) \tag{7}$$

Вторая импульсная  $\beta$ -система изображена при  $N$  нечетном на рисунке 6, при  $N$  четном на рисунке 7. Коэффициент  $z$  вычисляется по формуле:

$$z = 2/(15*N) \tag{8}$$

Третья импульсная  $\gamma$ -система изображена при  $N$  нечетном на рисунке 8, при  $N$  четном на Рисунке 9. Коэффициенты  $p, v, g, h, i, e, q$  вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} p &= 1/(105*N); v=2/(15*N); g=1/(7*N); \\ h &= 4/(21*N); i=1/(5*N); e=1/(3*N); \\ q &= 12/(35*N) \end{aligned} \tag{9}$$

Рассмотрим примеры построения каждой системы при различных  $N$ .

При  $N = 1$   $\alpha$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 10. Коэффициент  $k = a$ , где коэффициент  $a$  при  $N = 1$  вычисляется по формуле (7).

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 10 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией:

$$U_4(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{kT}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{2} - \frac{kT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \tag{10}$$

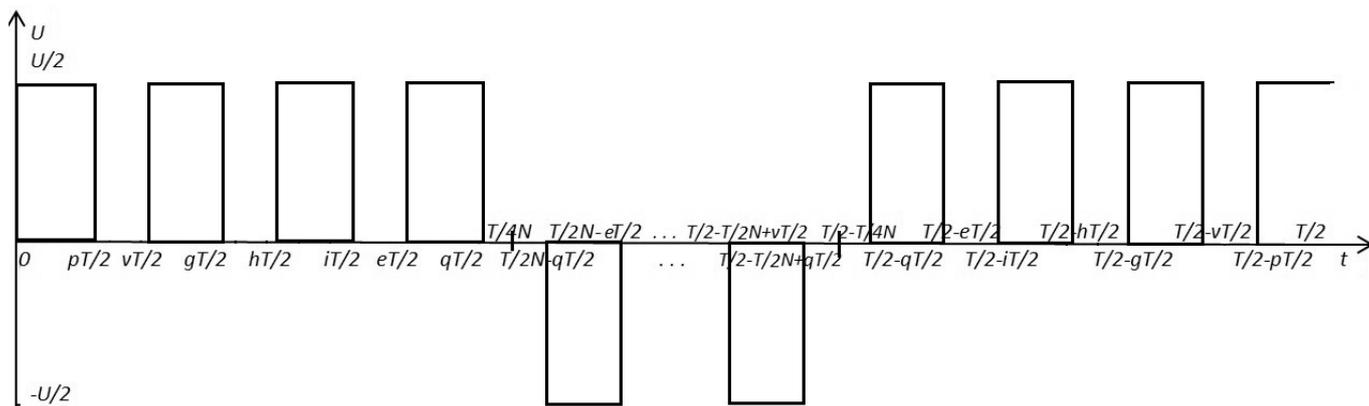


Рис. 9. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

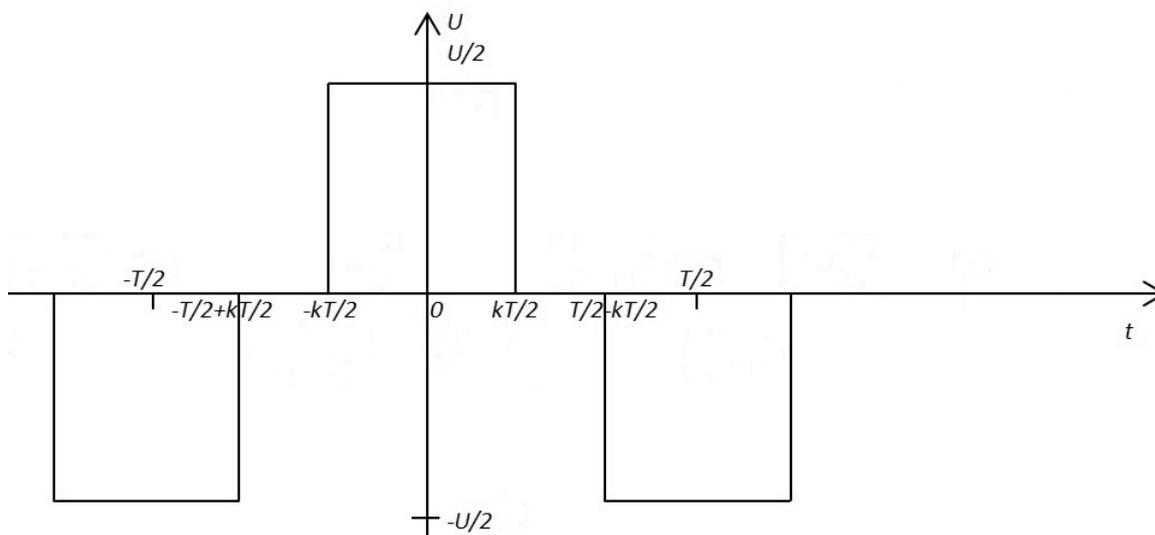


Рис. 10. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

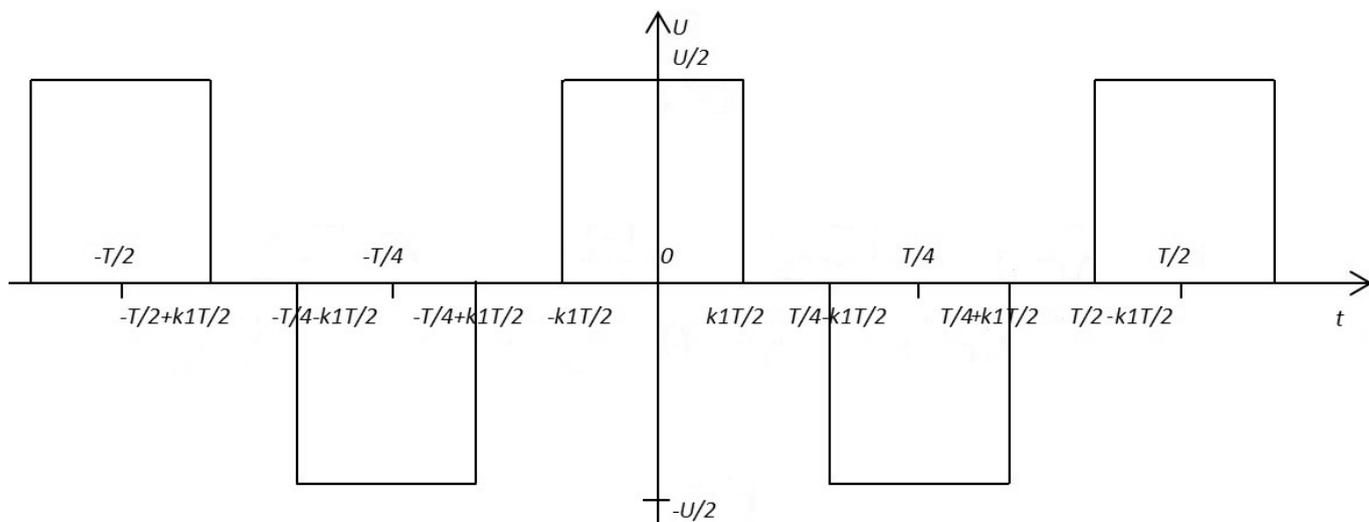


Рис. 11. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

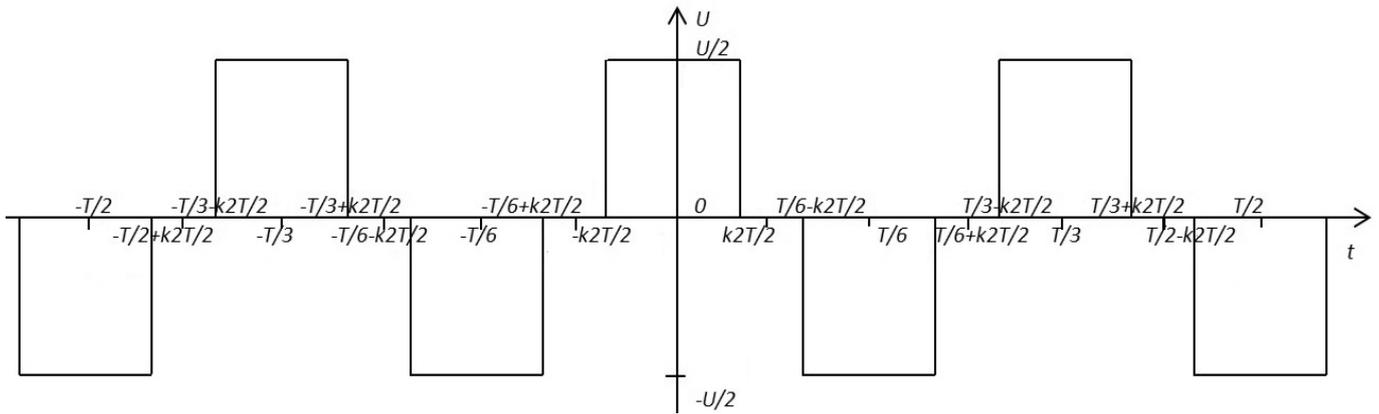


Рис. 12. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

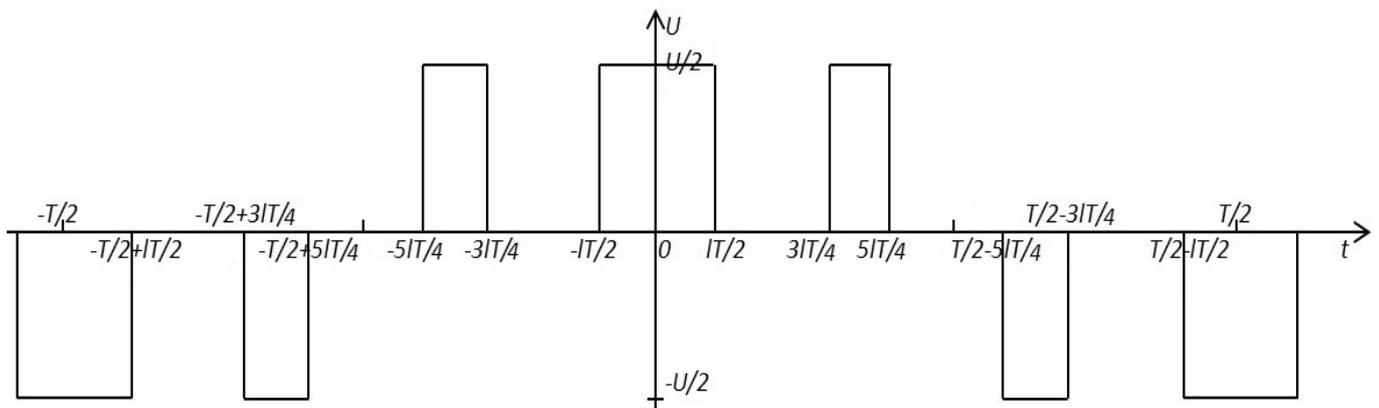


Рис. 13. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

При  $N = 2$   $\alpha$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 11. Коэффициент  $k_1 = a$ , где коэффициента при  $N = 2$  вычисляется по формуле (7).

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 11 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией:

$$U_5(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{k_1 T}{2}, \frac{T}{2} - \frac{k_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{4} - \frac{k_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{k_1 T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (11)$$

При  $N = 3$   $\alpha$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 12. Коэффициент  $k_2 = a$ , где коэффициент  $a$  при  $N = 3$  вычисляется по формуле (7).

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 12 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией:

$$U_6(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{k_2 T}{2}, \frac{T}{3} - \frac{k_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{3} + \frac{k_2 T}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{6} - \frac{k_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{6} + \frac{k_2 T}{2}, \frac{T}{2} - \frac{k_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (12)$$

При  $N = 1$   $\beta$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 13. Коэффициент  $l = z$ , где коэффициент  $z$  при  $N = 1$  вычисляется по формуле (8).

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 13 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией:

$$U_7(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{lT}{2}, \frac{3lT}{4} \leq t \leq \frac{5lT}{4} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{2} - \frac{5lT}{4} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{3lT}{4}, \frac{T}{2} - \frac{lT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (13)$$

При  $N = 2$   $\beta$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 14. Коэффициент  $l_1 = z$ , где коэффициент  $z$  при  $N = 3$  вычисляется по формуле (8).

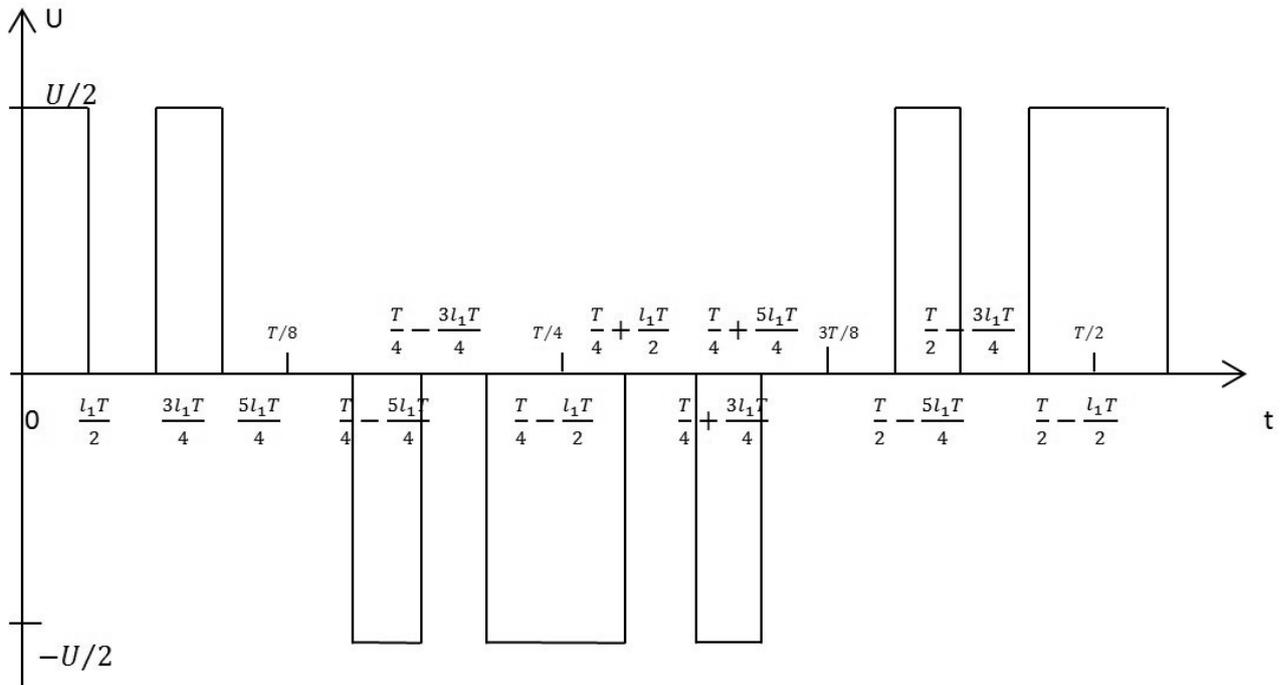


Рис. 14. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

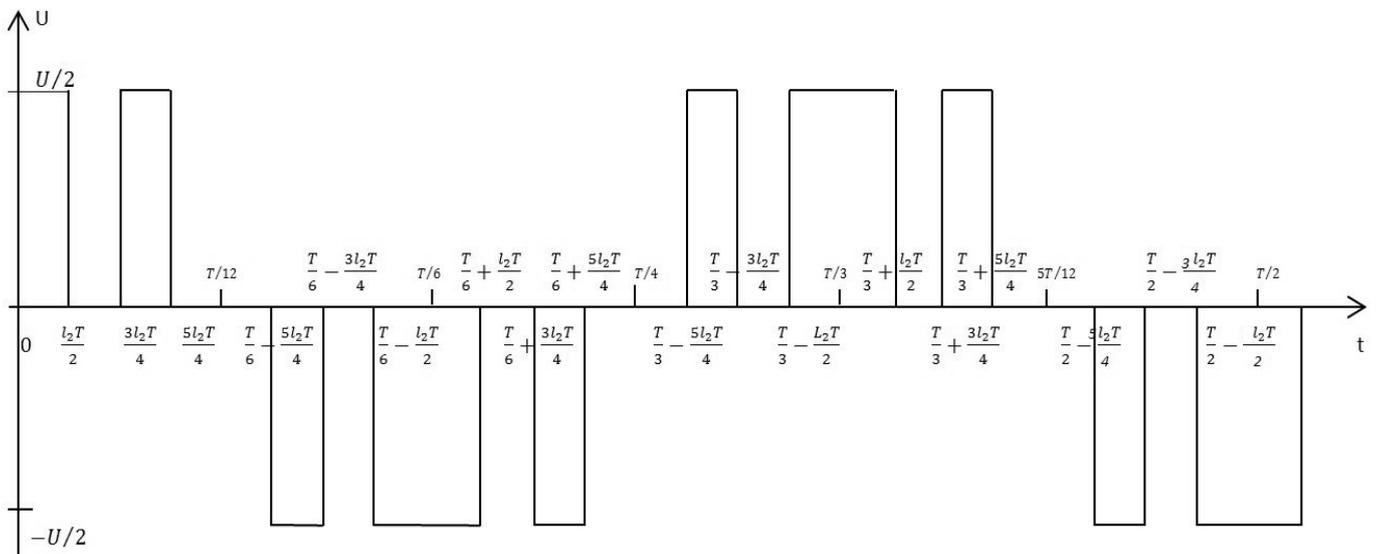


Рис. 15. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 14 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией (14).

При  $N = 3$   $\beta$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 15. Коэффициент  $l_2 = z$ , где коэффициент  $z$  при  $N = 3$  вычисляется по формуле (8).

Спектр периодической последовательности импульсов изображенной на рисунке 15 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией (15).

При  $N = 1$   $\gamma$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 16. Коэффициенты  $m = p, r = v, s = g, b = h, c = i, d = e, f = q$  где коэффициенты  $p, v, g, h, i, e, q$  при  $N = 1$  вычисляются по формулам (9).

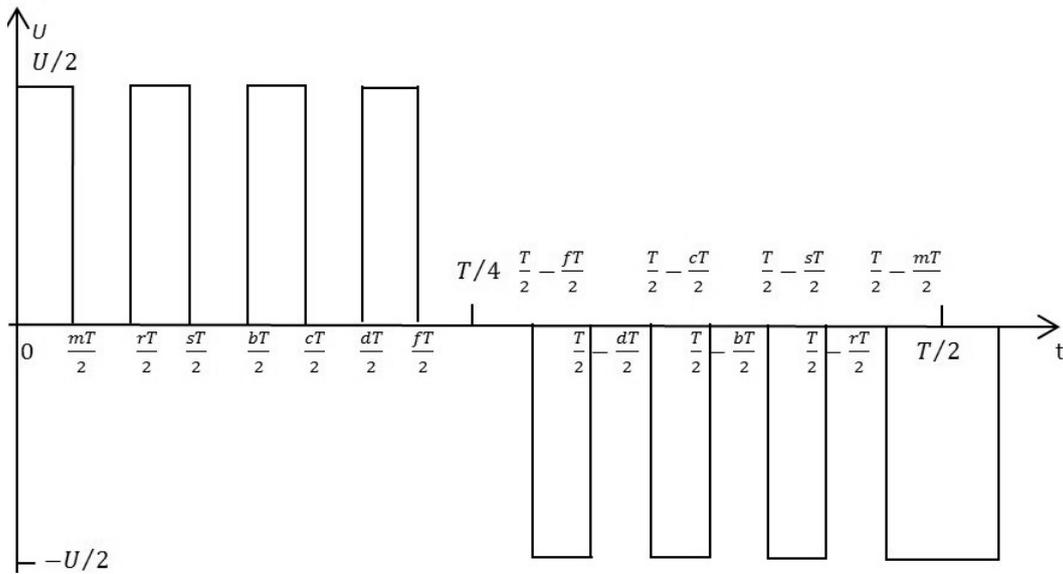


Рис. 16. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

$$U_8(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{l_1 T}{2}, \frac{3l_1 T}{4} \leq t \leq \frac{5l_1 T}{4}, \frac{T}{2} - \frac{5l_1 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{3l_1 T}{4}, \frac{T}{2} - \frac{l_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{4} - \frac{5l_1 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{4} - \frac{3l_1 T}{4}, \frac{T}{4} - \frac{l_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{l_1 T}{2}, \frac{T}{4} + \frac{3l_1 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{5l_1 T}{4} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (14)$$

$$U_9(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{l_2 T}{2}, \frac{3l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{5l_2 T}{4}, \frac{T}{3} - \frac{5l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{3} - \frac{3l_2 T}{4}, \\ & \frac{T}{3} - \frac{l_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} + \frac{l_2 T}{2}, \frac{T}{3} + \frac{3l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{3} + \frac{5l_2 T}{4} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{6} - \frac{5l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{6} - \frac{3l_2 T}{4}, \frac{T}{6} - \frac{l_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{6} + \frac{l_2 T}{2}, \\ & \frac{T}{6} + \frac{3l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{6} + \frac{5l_2 T}{4}, \\ & \frac{T}{2} - \frac{5l_2 T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{3l_2 T}{4}, \frac{T}{2} - \frac{l_2 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (15)$$

$$U_{10}(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{mT}{2}, \frac{rT}{2} \leq t \leq \frac{sT}{2}, \frac{bT}{2} \leq t \leq \frac{cT}{2}, \frac{dT}{2} \leq t \leq \frac{fT}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{2} - \frac{fT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{dT}{2}, \frac{T}{2} - \frac{cT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{bT}{2}, \\ & \frac{T}{2} - \frac{sT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} - \frac{rT}{2}, \frac{T}{2} - \frac{mT}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (16)$$

$$U_{11}(t) = \begin{cases} \frac{U}{2}, & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{m_1 T}{2}, \frac{r_1 T}{2} \leq t \leq \frac{s_1 T}{2}, \frac{b_1 T}{2} \leq t \leq \frac{c_1 T}{2}, \frac{d_1 T}{2} \leq t \leq \frac{f_1 T}{2} \\ -\frac{U}{2}, & \text{при } \frac{T}{4} - \frac{f_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} - \frac{d_1 T}{2}, \frac{T}{4} - \frac{c_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} - \frac{b_1 T}{2}, \\ & \frac{T}{4} - \frac{s_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} - \frac{r_1 T}{2}, \\ & \frac{T}{4} - \frac{m_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{m_1 T}{2}, \frac{T}{4} + \frac{r_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{s_1 T}{2}, \\ & \frac{T}{4} + \frac{b_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{c_1 T}{2}, \frac{T}{4} + \frac{d_1 T}{2} \leq t \leq \frac{T}{4} + \frac{f_1 T}{2} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases} \quad (17)$$

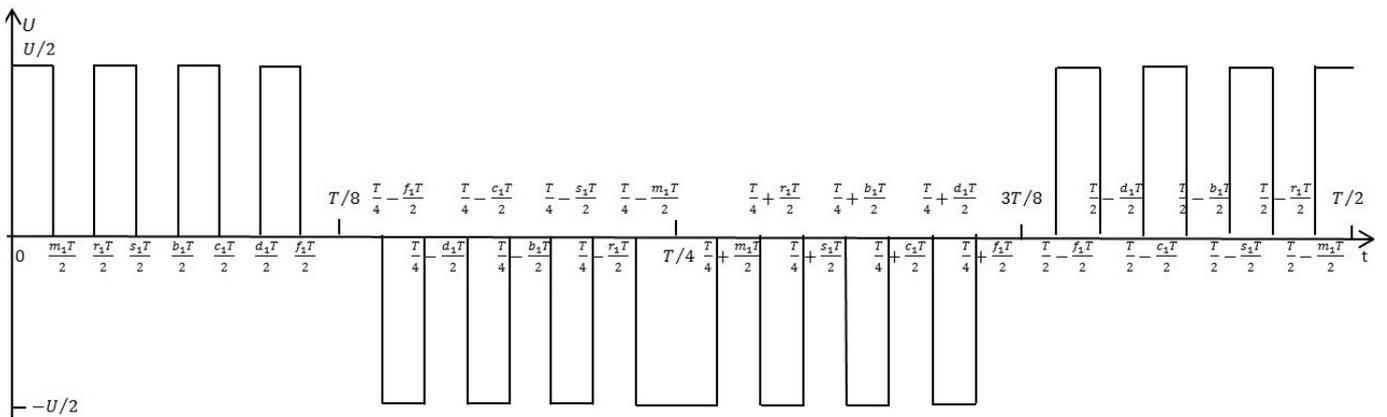


Рис. 17. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов

Спектр периодической последовательности изображенной на рисунке 16 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией (16).

При  $N = 2$   $\gamma$ -система принимает вид, изображенный на рисунке 17. Коэффициенты  $m_1 = p, r_1 = v, s_1 = g, b_1 = h, c_1 = i, d_1 = e, f_1 = q$ , где коэффициенты  $p, v, g, h, i, e, q$  при  $N = 2$  вычисляются по формулам (9).

Спектр периодической последовательности, изображенной на рисунке 17 на интервале  $(0, T/2)$  описывается функцией (17).

Поскольку функции  $U_i(t) \div U_{ii}(t)$  являются четными, то ряд Фурье содержит только постоянные и косинусоидальные составляющие. Коэффициенты  $a_{n4} \div a_{n11}$  соответствующих функций рассматриваемых рядов при  $U = 1B, T = 1c$  вычислены по методике из [5].

$$a_{n4} = 1/3 * \sin(x * \pi * 1/3) / (x * \pi * 1/3) - \sin(x * \pi) / (x * \pi) + (1 - 1/3) * \sin(x * \pi * (1 - 1/3)) / (x * \pi * (1 - 1/3)) \quad (18)$$

$$a_{n5} = 1/6 * \sin(x * \pi * 1/6) / (x * \pi * 1/6) + (1/2 - 1/6) * \sin(x * \pi * (1/2 - 1/6)) / (x * \pi * (1/2 - 1/6)) - (1/2 + 1/6) * \sin(x * \pi * (1/2 + 1/6)) / (x * \pi * (1/2 + 1/6)) + \sin(x * \pi) / (x * \pi) - (1 - 1/6) * \sin(x * \pi * (1 - 1/6)) / (x * \pi * (1 - 1/6)) \quad (19)$$

$$a_{n6} = 1/9 * \sin(x * \pi * 1/9) / (x * \pi * 1/9) + (1/3 - 1/9) * \sin(x * \pi * (1/3 - 1/9)) / (x * \pi * (1/3 - 1/9)) - (1/3 + 1/9) * \sin(x * \pi * (1/3 + 1/9)) / (x * \pi * (1/3 + 1/9)) - (2/3 - 1/9) * \sin(x * \pi * (2/3 - 1/9)) / (x * \pi * (2/3 - 1/9)) + (2/3 + 1/9) * \sin(x * \pi * (2/3 + 1/9)) / (x * \pi * (2/3 + 1/9)) - \sin(x * \pi) / (x * \pi) + (1 - 1/9) * \sin(x * \pi * (1 - 1/9)) / (x * \pi * (1 - 1/9)) \quad (20)$$

$$a_{n7} = 2/15 * \sin(x * \pi * 2/15) / (x * \pi * 2/15) + 1/3 * \sin(x * \pi * 1/3) / (x * \pi * 1/3) -$$

$$1/5 * \sin(x * \pi * 1/5) / (x * \pi * 1/5) - (1 - 1/5) * \sin(x * \pi * (1 - 1/5)) / (x * \pi * (1 - 1/5)) + (1 - 1/3) * \sin(x * \pi * (1 - 1/3)) / (x * \pi * (1 - 1/3)) - 1 * \sin(x * \pi * 1) / (x * \pi * 1) + (1 - 2/15) * \sin(x * \pi * (1 - 2/15)) / (x * \pi * (1 - 2/15)) \quad (21)$$

$$a_{n8} = 1/15 * \sin(x * \pi * 1/15) / (x * \pi * 1/15) + 1/6 * \sin(x * \pi * 1/6) / (x * \pi * 1/6) - 1/10 * \sin(x * \pi * 1/10) / (x * \pi * 1/10) - (1/2 - 1/10) * \sin(x * \pi * (1/2 - 1/10)) / (x * \pi * (1/2 - 1/10)) + (1/2 - 1/6) * \sin(x * \pi * (1/2 - 1/6)) / (x * \pi * (1/2 - 1/6)) + (1/2 - 1/15) * \sin(x * \pi * (1/2 - 1/15)) / (x * \pi * (1/2 - 1/15)) - (1/2 + 1/15) * \sin(x * \pi * (1/2 + 1/15)) / (x * \pi * (1/2 + 1/15)) - (1/2 + 1/6) * \sin(x * \pi * (1/2 + 1/6)) / (x * \pi * (1/2 + 1/6)) + (1/2 + 1/10) * \sin(x * \pi * (1/2 + 1/10)) / (x * \pi * (1/2 + 1/10)) + (1 - 1/10) * \sin(x * \pi * (1 - 1/10)) / (x * \pi * (1 - 1/10)) - (1 - 1/6) * \sin(x * \pi * (1 - 1/6)) / (x * \pi * (1 - 1/6)) + \sin(x * \pi) / (x * \pi) - (1 - 1/15) * \sin(x * \pi * (1 - 1/15)) / (x * \pi * (1 - 1/15)) \quad (22)$$

$$a_{n9} = 2/45 * \sin(x * \pi * 2/45) / (x * \pi * 2/45) + 1/9 * \sin(x * \pi * 1/9) / (x * \pi * 1/9) - 1/15 * \sin(x * \pi * 1/15) / (x * \pi * 1/15) - (1/3 - 1/15) * \sin(x * \pi * (1/3 - 1/15)) / (x * \pi * (1/3 - 1/15)) + (1/3 - 1/9) * \sin(x * \pi * (1/3 - 1/9)) / (x * \pi * (1/3 - 1/9)) + (1/3 - 2/45) * \sin(x * \pi * (1/3 - 2/45)) / (x * \pi * (1/3 - 2/45)) - (1/3 + 2/45) * \sin(x * \pi * (1/3 + 2/45)) / (x * \pi * (1/3 + 2/45)) - (1/3 + 1/9) * \sin(x * \pi * (1/3 + 1/9)) / (x * \pi * (1/3 + 1/9)) + (1/3 + 1/15) * \sin(x * \pi * (1/3 + 1/15)) / (x * \pi * (1/3 + 1/15)) + (2/3 - 1/15) * \sin(x * \pi * (2/3 - 1/15)) / (x * \pi * (2/3 - 1/15)) - (2/3 - 1/9) * \sin(x * \pi * (2/3 - 1/9)) / (x * \pi * (2/3 - 1/9)) - (2/3 - 2/45) * \sin(x * \pi * (2/3 - 2/45)) / (x * \pi * (2/3 - 2/45)) + (2/3 + 2/45) * \sin(x * \pi * (2/3 + 2/45)) / (x * \pi * (2/3 + 2/45))$$

Таблица 4. Значения коэффициентов  $a_{n4} \div a_{n11}$  при различных значениях  $n$ .

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$a_{n4}$	0,55	0	0	0	-0,1	0	0,07	0	0	0	-0,05
$a_{n5}$	0	0,55	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	0
$a_{n6}$	0	0	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0
$a_{n7}$	0,4	0	0	0	0	0	0,18	0	0	0	-0,14
$a_{n8}$	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$a_{n9}$	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
$a_{n10}$	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
$a_{n11}$	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$a_{n4}$	0	0,04	0	0	0	-0,03	0	0,02	0	0	0
$a_{n5}$	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	-0,05
$a_{n6}$	0	0	0	-0,1	0	0	0	0	0	0,07	0
$a_{n7}$	0	-0,04	0	0	0	0,03	0	0,08	0	0	0
$a_{n8}$	0	0	0,18	0	0	0	0	0	0	0	-0,14
$a_{n9}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18	0
$a_{n10}$	0	0,03	0	0	0	0,03	0	0,02	0	0	0
$a_{n11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04

$$\begin{aligned} &/(x*\pi*(2/3+2/45)) + (2/3+1/9)*\sin(x*\pi*(2/3+1/9))/ \\ &/(x*\pi*(2/3+1/9)) - (2/3+1/15)* \\ &*\sin(x*\pi*(2/3+1/15))/(x*\pi*(2/3+1/15)) - \\ &-(1-1/15)*\sin(x*\pi*(1-1/15))/(x*\pi* \\ &*(1-1/15)) + (1-1/9)*\sin(x*\pi*(1-1/9))/ \\ &/(x*\pi*(1-1/9)) - 1*\sin(x*\pi*1)/(x*\pi*1) + \\ &+(1-2/45)*\sin(x*\pi*(1-2/45))/(x*\pi*(1-2/45)) \quad (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{n10} = &1/105*\sin(x*\pi*1/105)/ \\ &/(x*\pi*1/105) + 1/7*\sin(x*\pi*1/7)/ \\ &/(x*\pi*1/7) - 2/15*\sin(x*\pi*2/15)/ \\ &/(x*\pi*2/15) + 1/5*\sin(x*\pi*1/5)/ \\ &/(x*\pi*1/5) - 4/21*\sin(x*\pi*4/21)/ \\ &/(x*\pi*4/21) + 12/35*\sin(x*\pi*12/35)/ \\ &/(x*\pi*12/35) - 1/3*\sin(x*\pi*1/3)/(x*\pi*1/3) - \\ &/(1-1/3)*\sin(x*\pi*(1-1/3))/(x*\pi*(1-1/3)) + \\ &+(1-12/35)*\sin(x*\pi*(1-12/35))/(x*\pi* \\ &*(1-12/35)) - (1-4/21)*\sin(x*\pi*(1-4/21))/(x*\pi* \\ &*(1-4/21)) + (1-1/5)*\sin(x*\pi*(1-1/5))/(x*\pi* \\ &*(1-1/5)) - (1-2/15)*\sin(x*\pi*(1-2/15))/(x*\pi* \\ &*(1-2/15)) + (1-1/7)*\sin(x*\pi*(1-1/7))/ \\ &/(x*\pi*(1-1/7)) - \sin(x*\pi)/(x*\pi) + \\ &+(1-1/105)*\sin(x*\pi*(1-1/105))/ \\ &/(x*\pi*(1-1/105)) \quad (24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{n11} = &1/210*\sin(x*\pi*1/210)/(x*\pi*1/210) + 1/14* \\ &*\sin(x*\pi*1/14)/(x*\pi*1/14) - 1/15*\sin(x*\pi*1/15)/ \\ &/(x*\pi*1/15) + 1/10*\sin(x*\pi*1/10)/ \\ &/(x*\pi*1/10) - 2/21*\sin(x*\pi*2/21)/ \\ &/(x*\pi*2/21) + 6/35*\sin(x*\pi*6/35)/ \\ &/(x*\pi*6/35) - 1/6*\sin(x*\pi*1/6)/(x*\pi*1/6) - \\ &-(1/2-1/6)*\sin(x*\pi*(1/2-1/6))/(x*\pi*(1/2-1/6)) + \\ &+(1/2-6/35)*\sin(x*\pi*(1/2-6/35))/(x*\pi* \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &*(1/2-6/35)) - (1/2-2/21)*\sin(x*\pi*(1/2-2/21))/ \\ &/(x*\pi*(1/2-2/21)) + \\ &+(1/2-1/10)*\sin(x*\pi*(1/2-1/10))/(x*\pi* \\ &*(1/2-1/10)) - (1/2-1/15)*\sin(x*\pi*(1/2-1/15))/ \\ &/(x*\pi*(1/2-1/15)) + (1/2-1/14)* \\ &*\sin(x*\pi*(1/2-1/14))/(x*\pi*(1/2-1/14)) + \\ &+(1/2-1/210)*\sin(x*\pi*(1/2-1/210))/ \\ &/(x*\pi*(1/2-1/210)) - (1/2+1/210)*\sin(x*\pi* \\ &*(1/2+1/210))/(x*\pi*(1/2+1/210)) - \\ &-(1/2+1/14)*\sin(x*\pi*(1/2+1/14))/ \\ &/(x*\pi*(1/2+1/14)) + (1/2+1/15)* \\ &*\sin(x*\pi*(1/2+1/15))/(x*\pi*(1/2+1/15)) - \\ &-(1/2+1/10)*\sin(x*\pi*(1/2+1/10))/ \\ &/(x*\pi*(1/2+1/10)) + (1/2+2/21)* \\ &*\sin(x*\pi*(1/2+2/21))/(x*\pi*(1/2+2/21)) - \\ &-(1/2+6/35)*\sin(x*\pi*(1/2+6/35))/ \\ &/(x*\pi*(1/2+6/35)) + (1/2+1/6)* \\ &*\sin(x*\pi*(1/2+1/6))/(x*\pi*(1/2+1/6)) + (1-1/6)* \\ &*\sin(x*\pi*(1-1/6))/(x*\pi*(1-1/6)) - \\ &-(1-6/35)*\sin(x*\pi*(1-6/35))/(x*\pi*(1-6/35)) + \\ &+(1-2/21)*\sin(x*\pi*(1-2/21))/(x*\pi*(1-2/21)) - \\ &-(1-1/10)*\sin(x*\pi*(1-1/10))/(x*\pi*(1-1/10)) + \\ &+(1-1/15)*\sin(x*\pi*(1-1/15))/(x*\pi*(1-1/15)) - \\ &-(1-1/14)*\sin(x*\pi*(1-1/14))/(x*\pi*(1-1/14)) + \\ &+\sin(x*\pi)/(x*\pi) - (1-1/210)*\sin(x*\pi*(1-1/210))/ \\ &/(x*\pi*(1-1/210)) \quad (25) \end{aligned}$$

### Результаты эксперимента

Значения коэффициентов  $a_{n4} \div a_{n11}$  при различных значениях  $n$  приведены в таблице 2. Амплитуды гармонических составляющих равны по модулю значениям из таблицы 2:

$$A_{n4} = |a_{n4}|, A_{n5} = |a_{n5}|, A_{n6} = |a_{n6}|, A_{n7} = |a_{n7}|, A_{n8} = |a_{n8}|, \\ A_{n9} = |a_{n9}|, A_{n10} = |a_{n10}|, A_{n11} = |a_{n11}|.$$

Анализ полученных результатов показал, что при каждой системе  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  основная энергия спектра концентрируется в  $N$ -ой гармонике, на частоте в  $N$  раз превышающей частоту исходного синусоидального сигнала. При использовании этих систем гармоника сводятся к ничтожно малым значениям: при  $\alpha$ -системе  $3*N$  гармоники, при  $\beta$ -системе  $3*N$  и  $5*N$  гармоники, при  $\gamma$ -системе  $3*N$ ,  $5*N$ ,  $7*N$  и  $9*N$  гармоники.

## Заключение

Таким образом, экспериментальным путем была доказана возможность концентрации энергии спектра сигнала в любой гармонике. При этом энергии гармоник, находящихся вблизи, были сведены к ничтожно малым значениям. Практическое значение решения данной задачи заключается в том, что для фильтрации при умножении сигнала в кварцевом генераторе на любую частоту не потребуются высокодобротные контуры и значительно упростится схема при проектировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кварцевый резонатор и кварцевый генератор. Режим доступа: <https://www.ruselectronic.com/kvartseyj-rezonator-i-kvartseyj-generator/> (дата обращения 17.05.2018).
2. Петин Г. Кварцевый генератор с умножением частоты. «Радиоловитель КВ и УКВ». № 41997 г. Режим доступа: [http://www.radioliga.com/KV\\_1997.htm](http://www.radioliga.com/KV_1997.htm) (дата обращения 17.05.2018).
3. Умножение частоты в генераторах. Режим доступа: <http://conture.by/post/267> (дата обращения 17.05.2018).
4. Радиопульсное умножение частоты. Режим доступа: <http://ideyka.narod.ru/TEMA/radio/rf/s2/st1.html> (дата обращения 17.05.2018).
5. Александрова М. Е. Задача фильтрации сигнала на основе предварительного подавления не выделяемых гармоник. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки»,—2017, -№ 12, -с.30–34

© Александрова Мария Евгеньевна ( mariya\_mariya00@inbox.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ОБЗОР НА ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

## EVALUATION OF THE USE OF DIRECTIONAL ANTENNAS ON A MOBILE BASE STATION WITH AN EFFECT ON FADING

**A. Goltsov**  
**V. Kotorov**  
**I. Bulatov**

*Summary.* Formulation of the task. It's necessary evaluate the current level of development for fifth-generation networks.

*Purpose* is a survey comparison of the data received by leading developers in this field.

*Methods.* Analysis of statistics, media, literature.

*Novelty.* The relevance of this theme is to update and systematize the current state of development of the fifth-generation network technologies.

*Results.* Development progress assessment of the field.

*Practical relevance.* Combining various data from successful companies in the industry into a single whole and evaluating forecasts.

*Keywords:* 5G, IoT, future mobile networks, mobile communication, wireless communication.

**Гольцов Александр Сергеевич**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
gas06081992@yandex.ru

**Которов Василий Владимирович**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
kotorov@live.com

**Булатов Иван Иванович**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
bulatov.vanek@mail.ru

*Аннотация.* Постановка задачи: оценить текущий уровень разработок для сетей пятого поколения.

Целью работы является обзорное сравнение полученных данных ведущих разработчиков в этой области.

Используемые методы. Анализ статистики, изучение СМИ, литературы.

Новизна. Новизна данной работы заключается в актуализации и систематизации текущего состояния развития технологий сетей пятого поколения.

Результат: оценка прогресса развития данной области.

Практическая значимость. Сведение различных данных преуспевающих компаний в данной отрасли в единое целое и оценка прогнозов.

*Ключевые слова:* 5G, IoT, будущие мобильные сети, подвижная связь, беспроводная связь.

## Актуальность

## Проект 5G: концепция и перспективы

**М**обильная индустрия до 2020 года планирует последовательно развивать идею пятого поколения, в нём не только смартфоны, но и все остальные электронные устройства, в том числе концепция интернета вещей с применением в умных домах, будут объединены в беспроводную сеть.

На сегодняшний день обмен данными между мобильными устройствами происходит в сетях LTE. Мы можем воспринимать четвёртое поколение как передовую технологию, однако сеть 4G — это всего лишь один из шагов в будущее. Если в случае с 2G (GSM) и 3G (UMTS) телефонные сети и сети передачи данных рассматривались отдельно, то в сети 4G обмен данными и телефонные переговоры производятся пересылкой IP-пакетов при помощи технологии передачи голоса по сети LTE (Voice over

LTE). Стандарт LTE использует только одну сеть — Интернет, а 5G расширяет эту идею на все сетевые устройства.

Несомненно, в ближайшем будущем прогнозируется увеличение объёмов трафика, используемого для передачи данных в мобильных сетях, в десять раз в течение следующих пяти лет. Дело здесь не только в росте популярности смартфонов. По большей части это обусловлено подключением чипов и датчиков различных устройств друг к другу по интернету, начиная от беспилотных автомобилей и дистанционно управляемого уличного освещения до фитнес-браслетов и умных часов.

Поставщик оборудования для сетей связи Cisco прогнозирует увеличение объёма передаваемых в беспроводных сетях данных в десять раз.

Эти перемены уже пришли. Но относительно того, сколько из этих «машин» в будущем будут обмениваться

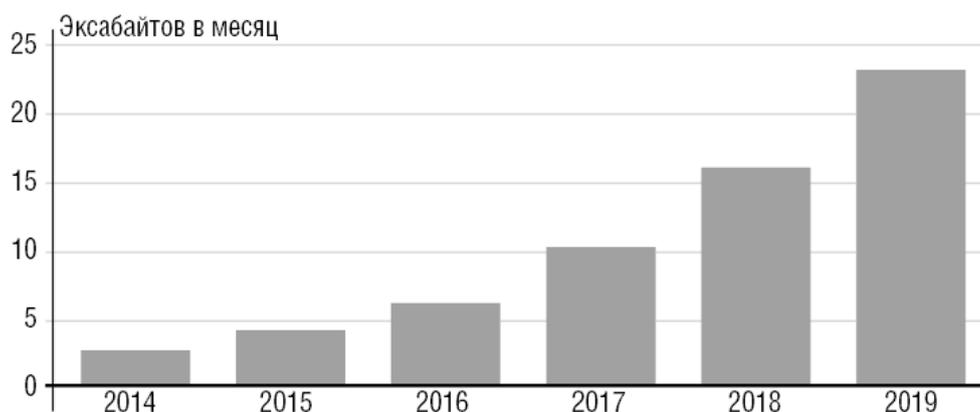


Рис. 1. Прогнозируемый рост беспроводного трафика

данными по Интернету, у специалистов нет единого мнения. В прогнозах на 2020 год этот показатель варьируется от 50 до 150 миллиардов.

#### Постановка задачи

Оценить результаты ведущих исследований, в области разработок для сетей пятого поколения и интернета вещей.

Сеть пятого поколения сможет объединить в единую гибкую сеть сотни тысяч абонентов на один квадратный километр от владельца смартфона, просматривающего фильм в разрешении HD, до энергосберегающих датчиков, передающих всего несколько бит. Для осуществления этого должны использоваться различные технологии беспроводного соединения. Так, смартфон сможет плавно переключаться с Bluetooth на мобильную сеть, а затем на WLAN, причём без участия в этом процессе владельца.

В сетях 5G становится возможным использование тактильного Интернета. Он предполагает возможность дистанционного управления устройствами в режиме реального времени. Это поистине революционное введение, которое придёт вместе с сетью 5G. Благодаря скоростным и надёжным соединениям станет возможной передача физических, тактильных ощущений. Например, в случае «удалённой» хирургии медицинское оборудование будут доставлять в определённые регионы Африки, а лучшие врачи и хирурги смогут выполнить операцию на расстоянии — с помощью осязательных технологий.

Тактильный Интернет будет касаться критически важных сфер деятельности, он должен быть сверхнадёжным, работать без сбоев и с минимальной задержкой сигнала — максимум несколько миллисекунд.

Линии коммуникации должны иметь достаточную пропускную способность, чтобы многочисленные приборы общались между собой одновременно и автономно. Тактильный интернет будет обмениваться данными с традиционной кабельной сетью, мобильным Интернетом предыдущих поколений, с Интернетом вещей. Такой принцип «прямого общения» между устройствами (device-2-device, D2D) в настоящее время реализуется в новой версии стандарта LTE. Обмен данными на высоких скоростях в режиме реального времени и минимальное время отклика необходимы для работы тактильного Интернета. Изучается дистанционное управление устройствами — от роботов для спасательных работ до дистанционной операции, проводимой врачом скорой помощи, в сочетании с очками виртуальной реальности, например, Oculus Rift.

То есть образуется глобальная сеть совершенно новых масштабов и возможностей.

5G — технология мобильной связи пятого поколения на базе стандарта IMT-2020. Скорость доступа к интернету в сети 5G прогнозируется в районе 10 Гбит/с.

Архитектура представлена малыми сотами, которые уже давно используются в обычной передающей технике для локального усиления сигнала. То есть это подобие mesh сетей, каждый участник сети является одновременно и приёмником, и передатчиком, то есть подобием микросоты.

#### Основная часть

#### Ожидаемые сроки запуска

Вопросы выделения полос радиочастот для перспективных радиотехнологий рассматриваются, в том числе,

в рамках исследовательских комиссий, Международного союза электросвязи, напоминает Александр Понькин из Минком связи. Пока полосы частот под технологии 5G не определены МСЭ, а сроки коммерческого запуска сетей будут зависеть от этих решений. В Минком связи ждут первых сетей около 2020 года, но отмечают, что появятся они только в крупных городах.

При этом к тестовой эксплуатации первых в мире сетей 5G операторы могут приступить уже в 2018–2019 годах, как только будет представлено требуемое оборудование. Надо полагать, что будут и российские разработчики.

Революция 4G сетей продолжается. Сверхбыстрый мобильный сервис по-прежнему находится в зачаточном состоянии, как по части покрытия, так и по части скорости передачи данных.

Нынешние технологии предоставляют пользователям интернет скоростью до 150 Мбит/с, в то время как двойные сети LTE и LTE-A способны увеличить ее до 300 Мбит/с.

Исследователи предполагают, что 4G технология может достичь скорости до 1 Гбит/с. После этого возникает вопрос, действительно ли существует потребность в 5G?

5G сеть обеспечит невероятно высокую широкополосную скорость, но что еще более важно, она будет иметь достаточную емкость, так что любой пользователь сможет выполнить любые задачи без падения скорости или разрыва связи, независимо от того, сколько людей будут пользоваться им одновременно.

Профессор Энди Саттон считает, что основной целью 5G сети является стать «невидимой». Она должна быть технологией, которая «просто есть», подобно электричеству.

Одним из основных преимуществ 5G технологии над 4G будет совсем не скорость передачи данных, которая может быть между 10 Гбит/с и 100 Гбит/с, а задержка. В настоящее время задержки 4G сетей составляет между 40 мс и 60 мс, что, конечно, очень мало, но недостаточно мало, чтобы обеспечить моментальную реакцию в режиме реального времени. Например, многопользовательские игры требуют минимальную задержку между тем, как пользователь нажал на кнопку мышки и получил ответ от удаленного сервера.

Предполагается, что задержка 5G сетей могла бы составлять от 1 до 10 мс. Это позволило бы, например, наблюдать футбольный матч через интернет в прямом эфире.

Также ёмкость является важным фактором. Интернет становится всё более и более важной частью нашей жизни. Повседневно используются мобильные устройства и прочие гаджеты, которые имеют доступ в интернет, и нагрузка на пропускную способность будет продолжать расти.

5G технология будет более адаптивной к потребностям и запросам пользователя, и, следовательно, будет выделяться большая или меньшая пропускная способность в зависимости от применения.

## Частотные диапазоны 5G

Большие скорости требуют больших частотных полос, следовательно, высоких несущих частот. Спектр в диапазоне 5 ГГц (кроме каналов, выделенных военным) на сегодняшний день, не подлежит регулированию и поэтому не требует получения международного разрешения.

В итоге сетям 5G должны быть выделены частоты в диапазоне свыше 5 ГГц, поскольку только на них можно будет передавать данные на гигабитных скоростях. Однако, чем выше частота, тем меньше вероятность сигналу «добраться» до клиентского устройства без искажений. Например, в случае с технологией LTE, которая задействует частоту 800 МГц, мачта радиоантенны может находиться за пару километров. А для частот свыше 5 ГГц максимальное расстояние от антенны до клиентского устройства не сможет превысить сотни метров.

Уже давно проводятся эксперименты по передаче данных на частотах порядка 70 ГГц и выше.

А технология, использующая подобным образом высокие частоты, уже существует и регламентируется стандартом IEEE802.11ad. Им предусматривается передача информации со скоростью в несколько гигабит в секунду, правда, на расстоянии до десяти метров, поскольку задействуется диапазон 60 ГГц. Кроме того, к сожалению, сигнал не способен проникать сквозь стены и крыши зданий.

Для 5G всё это означает, что передающих станций должно стать больше, а они сами — ближе к абонентам.

У использования высоких частот есть преимущество: чем выше частота, тем короче длина волны сигнала, а вместе с тем меньше оптимальный размер приёмной антенны. То есть, например, для передачи на частоте 28 ГГц нужна антенна длиной всего 0,5 см. Однако сигнал на частоте 28 ГГц редко передаётся без искажений. Он настолько смещается, отражается и заглушается, что для чистого приёма одной-единственной антенны становится мало.



Рис. 2. Тестовый образцы малых базовых станций

Выход заключается в использовании MIMO. Обычная технология MIMO (Multiple Input Multiple Output) уже сейчас применяется для оптимизации приёма LTE и WLAN, но часто параллельно отправляется и принимается всего 2–4 сигнала. Технология Massive MIMO, использующая высокие частоты, позволяет размещать десятки маленьких антенн в мобильных устройствах и сотни в передающей станции. Первые прототипы показывают, что отрасли предстоит еще немалая работа над миниатюризацией технологии. Другие идеи уже воплощены в жизнь, например, направленная радиосвязь на группах крохотных антенн, которые выстраиваются в зависимости от угла падения сигнала.

В сети 5G данные будут передаваться на высоких частотах. Это означает, что радиус покрытия будет небольшим. Однако вследствие небольшой длины волны небольшим должен быть и размер антенн, что позволит устанавливать на терминал сотни антенн для увеличения радиуса действия.

Использование высоких частот в сочетании с мелко-сетевой архитектурой соответствуют требованиям сервисов будущего, которые зависят не столько от высоких скоростей передачи данных, сколько от стабильности соединения и времени отклика. В качестве примера можно привести беспилотный автомобиль на автострате: управляемые компьютерами участники движения обмениваются данными друг с другом при помощи малых сот, расположенных по всей длине обочины. Впрочем, варианты использования технологии 5G рассматриваются в следующем разделе.

## Область применения 5G

Так выглядит диаграмма, иллюстрирующая стремительный рост эффективности аспектов человеческой деятельности при внедрении 5G (рис. 3).

Во многом повышению такой эффективности способствует принцип «прямого общения» между устройствами (device-2-device, D2D) в настоящее время реализуется в новой версии стандарта LTE. Обмен данными на высоких скоростях в режиме реального времени и минимальное время отклика необходимы для работы тактильного Интернета. Изучается дистанционное управление устройствами — от роботов для спасательных работ до дистанционной операции, проводимой врачом скорой помощи, в сочетании с очками виртуальной реальности, например, Oculus Rift.

Теоретически сети 5G могут обеспечивать передачу данных на скорости до 10 Гбит в секунду, что в 30 раз превосходит возможности 4G. По планам Международного союза электросвязи, стандарт будет внедрен к 2020 году.

Хотя игроки телекоммуникационного рынка еще даже не определили, что такое 5G, а по мнению экспертов внедрение сетей в стандарте 5G начнется только в 2020 году, компания Ericsson уже объявила о проведении успешной серии тестов 5G сети. И им удалось добиться передачи данных на скорости 5 Гбит/с в частотном диапазоне 15 ГГц. Это в 250 раз быстрее LTE. Для этого применялись базовые станции и радиомодули с интерфейсом нового типа, а также усовершенствован-



Рис. 3. Прогнозы

ная технология MIMO, предполагающая передачу и приём данных по каналу при помощи нескольких антенн. Инженеры Ericsson разработали антенны, работающие в более широком диапазоне и обеспечивающие минимальные задержки при передаче информации.

Новые сервисы с использованием 5G могут быть реализованы и в медицине. Например, для организации удаленного мониторинга состояния пациентов. Врач сможет оперативно получать информацию со специальных сенсоров и следить за состоянием пациентов круглые сутки.

Благодаря очень низким задержкам передачи данных 5G также откроет больше возможностей для удалённого проведения операций с использованием робота. Такой сервис особенно актуален для небольших населённых пунктов, где нет хирургов на местах: управляя манипуляциями робота, операцию может провести специалист, находящийся в совершенно другом месте. За счет 5G

такой сервис можно будет развернуть в беспроводных сетях.

Низкая задержка данных, которую способны обеспечить сети нового поколения, важна и для развёртывания «умных» сетей электропередач. Использование датчиков позволит мгновенно обнаруживать повреждения на линии электропередач и блокировать распространение последствий повреждения дальше по линии. Таким образом, повреждение затронет меньшее число потребителей электроэнергии.

Использовать роботов для переноса на производстве охватывая большую дистанцию. Также будет иметь преимущество 5G, можно привести и городские системы видеонаблюдения. 5G поможет упростить их развёртывание и использование. Сейчас трафик с тысяч камер в городах, в основном, передаётся по фиксированным сетям. Развернуть такую инфраструктуру — непростая задача, поскольку требуется уложить множество прово-



Рис. 4. Демонстрация работы адаптивной антенны Orange на MWC2016

дов. С помощью 5G можно будет получать терабайты видео высокого разрешения без использования проводов.

И, наконец, ещё одним важным преимуществом технологии 5G является то, что стандарты будут поддерживаться во всём мире. Ваш 5G телефон в Великобритании будет работать на той же системе и диапазоне, как в США, Южной Корее и других странах.

#### Развитие технологий 5G

2016 г. Разработки и испытания в области 5G в сотрудничестве с партнёрами ведут многие крупные производители сетевого оборудования и операторы связи. Свои последние достижения и планы они представили на Мобильном конгрессе в Барселоне (MWC) в феврале 2016 года. В их числе — China Mobile, Deutsche Telecom, Vodafone, Orange, SK Telecom, Nokia, Intel, Huawei, ZTE, Qualcomm, Samsung, Ericsson и другие.

Обширный блок сотрудничества в области 5G у Intel ведётся вместе с южнокорейским оператором SK Telecom. Последний на MWC продемонстрировал прототип системы 5G, обеспечивающей передачу данных на скорости 20,5 Гб/сек. В ней используется оборудование партнеров — Nokia, Ericsson, Intel и Samsung. Вкладом оператора является разработка программного обеспечения, позволяющего связать все компонен-

ты системы, рассказали TAdviser представители компании.

Демонстрацию работы сети нового поколения, а также смартфонов для неё, на MWC продемонстрировал и оператор Deutsche Telekom совместно с партнёрами Samsung, Huawei и Стэнфордским университетом. В ней использовалась технология радиодоступа в частотном диапазоне свыше 6 ГГц от Samsung. На начальном этапе оператор ориентируется, главным образом, на использование 5G с мобильных устройств, полагая, что большое количество свободных частот в спектре свыше 6 ГГц позволит обрабатывать огромный трафик данных, генерируемый и потребляемый смартфонами и носимыми устройствами.

В числе работ в области 5G, которые ведёт оператор Orange — разработка «зелёных» адаптивных антенн, потребляющих в 100 раз меньше энергии, чем существующие. Как объяснил TAdviser представитель R&D-подразделения Orange, современные антенны тратят энергию, излучая сигнал во всех направлениях, даже если он нужен какому-то одному устройству. «Зелёные» антенны Orange смогут фокусировать сигнал именно в тех точках, где это нужно в данный момент. Работу прототипа такой антенны с визуализацией оператор продемонстрировал на MWC.

Проект архитектуры сетей 5G показала на MWC компания ZTE совместно с оператором China Mobile. Они также продемонстрировали прототип высокочастотной 5G-системы, обеспечивающей скорость соединения свыше 10 Гбит/с. В ней задействована базовая станция ZTE с многоантенной технологией множественного доступа.

### Когда он появится?

Ожидается, что стандарты для 5G будут согласованы и установлены к 2020 году и развёртывание технологии начнётся в 2022–2023. Потребуется еще два-три года до того, как каждый потребитель получит доступ к технологии.

Ожидается использование более высоких частот радиосигнала, по сравнению с которым мы используем в наше время.

Основное развитие будет продолжаться по технологии 4G до тех пор, пока большая часть Земли не будет охвачена ею.

### Будет ли 6G?

«Это десятилетие для 4G», сказал профессор Саттон. «Следующее уже для 5G». «4G может привести нас к 1 Гбит», добавил он. «5G примет на себя дальнейшее

развитие». «Если мы получим право на 5G, никакого 6G не будет».

Идея состоит в том, что, если правильно сформулировать инфраструктуру, а не так, как были разработаны 1G, 2G и 3G, и основное внимание будет уделено гибкой системе, которая будет лишь развиваться, и больше не потребует замены. В прошлые годы мобильные технологии передачи данных были разработаны вокруг аппаратных средств, в то время как 5G будет зависеть от программного обеспечения. Программное обеспечение может быть легко обновлено, аппаратное обеспечение — значительно сложнее.

### Заключение

В данном обзоре были рассмотрены возможности развития мобильной сети, базовые станции пятого поколения и пример развития мобильной связи. Сеть пятого поколения, предназначена кардинально изменить сетевое пространство, дать бесперебойное подключение к интернету в любой точке мира на высочайшей скорости. Она должна распространиться намного быстрее, чем развивались предыдущие поколения и не приводить к подорожанию связи и интернет-трафика. Сети пятого поколения должны революционно изменить облик существующего представления о сетях и существующем мире в привычном понимании этого слова.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.corporacia.ru/pages/page/show.htm> — портал Корпорация Связи (Корпорация. ру)
2. <http://www.3dnews.ru/577282>
3. <https://habrahabr.ru/company/beeline/blog/192430/>
4. <http://www.corporacia.ru/pages/page/show/2723.htm>
5. <http://telekomza.ru/2015/03/05/kuda-idet-5g-novinki-i-tendencii-s-mobile-world-congress-2015/>
6. Акчурина Э. А., Николаев Б. И., Рудь В. В., Тяжев А. И. — История инфокоммуникаций: Самара 2012 год.
7. <http://nag.ru/articles/article/28884/teoriya-i-praktika-5g-obretaet-korni.html>
8. <http://www.xn — h1aafbgonr.xn — p1ai/>
9. <http://celnet.ru/ustrbs.php>
10. <http://pro3gsm.com/bazovaya-stantsiya-sotovoy-svyazi-standarta-gsm/>
11. <http://gsmrepeater.ru/articles/?id=94>
12. <https://ru.wikipedia.org>
13. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=49709>
14. Попов. В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В. И. Попов. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 296 с.
15. Теория телетрафика: учебник для вузов / Лившиц Б. С., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д.
16. Marcus K. Weldon — The Future X Network
17. Л.Л. Егоров — Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010 22 УДК 621.396.41
18. ВКР А. А. Сычёва «Переоборудование базовых станций мобильной связи под перспективные технологии», ПГУТИ, кафедра ТОРС, Самара 2016 год.

© Гольцов Александр Сергеевич ( gas06081992@yandex.ru ),

Которов Василий Владимирович ( kotorov@live.com ), Булатов Иван Иванович ( bulatov.vanek@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН НА МОБИЛЬНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ С ВЛИЯНИЕМ НА ЗАМИРАНИЯ

## EVALUATION OF THE USE OF DIRECTIONAL ANTENNAS ON A MOBILE BASE STATION WITH AN EFFECT ON FADING

**A. Goltsov  
V. Kotorov  
I. Bulatov**

Formulation of the task. It is necessary to estimate the difference when directional antennas are using with different directional angles on the effect of fading.

Purpose. The aim of the work is to compare and select the optimal method for using different antennas.

Methods. The math modeling.

Novelty. The novelty of this experiment is that it clearly demonstrates the effectiveness of using either the method of using different antennas on a mobile base station.

Results. The use of directional antennas for fixed objects significantly improves the quality of data transmission, but their use with moving objects affects the inverse proportion to the quality of data transmission.

Practical relevance. This research allows more efficiently to build cells of base stations of mobile networks.

*Keywords:* directional antennas, fading, Doppler spectrum, mobile communication, wireless communication.

**Гольцов Александр Сергеевич**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
gas06081992@yandex.ru

**Которов Василий Владимирович**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
kotorov@live.com

**Булатов Иван Иванович**

Аспирант, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
bulatov.vanek@mail.ru

*Аннотация.* Постановка задачи: оценить разницу использования направленных антенн различного угла направленности с влиянием на замирания.

Целью работы является сравнение полученных данных эксперимента и выбор предпочитаемого метода использования различных антенн.

Используемые методы. математическое моделирование.

Новизна данного эксперимента в том, что он наглядно покажет эффективность использования того или метода использования различных антенн на мобильной базовой станции.

Результат: использование направленных антенн для неподвижных объектов значительно улучшают качественные показатели передачи данных, однако использование их с движущимися объектами влияет обратно пропорционально на качество передачи данных.

Практическая значимость: данное исследование позволяет более эффективно строить соты базовых станций мобильных сетей.

*Ключевые слова:* направленные антенны, замирания, доплеровский спектр, подвижная связь, беспроводная связь.

## Актуальность

**В** этой статье мы проанализируем влияние использования направленных антенн базовой станции на доплеровский спектр, что в свою очередь должно показать на сколько изменяются значения замираний сигнала. Что необходимо для увеличения качественных показателей передачи данных. Хорошо известно, что доплеровский спектр зависит от вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту и направления его движения. Доплеровский спектр принимает U-образную форму, когда значения вероятностной функции неопределён-

ной плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту являются однородными.

## Постановка задачи

В этой статье, мы рассматриваем доплеровские замирания на базовой станции с использованием направленных антенн, также предполагаем, что отражатели равномерно расположены внутри зоны покрытия антенны мобильного абонента, и извлекают значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мобильному абоненту.

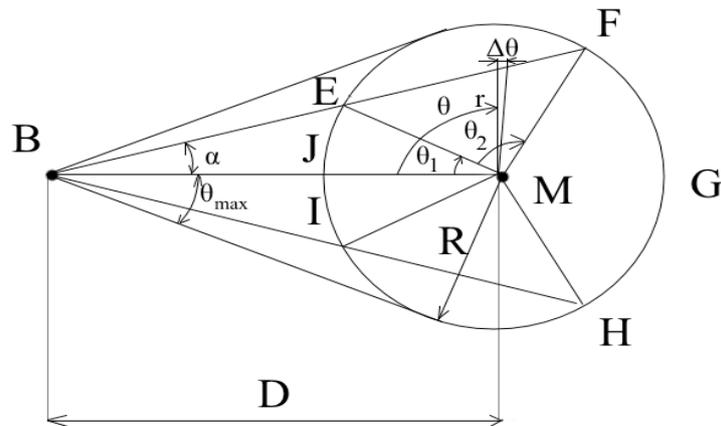


Рис. 1. (вид сверху) Иллюстрация спектра мобильного абонента, при использовании направленной антенны на базовой станции

### Характерные спектра сигнала мобильного абонента при использовании направленных антенн на базовой станции

Здесь мы предполагаем, что отражатели равномерно расположены вокруг мобильного абонента (M) в пределах круга радиусом (R), как показано на рис. 1. Базовая станция (B) находится на расстоянии (D) от мобильного абонента. Кроме того, мы предполагаем, что сигнал проходит один интервал, при перемещении от базовой станции к мобильному абоненту. То есть сигнал от мобильного абонента отражается от отражателя и достигает базовой станции без влияния других отражателей. Рис. 1 иллюстрирует состояние, когда на базовой станции установлена направленная антенна с плоской вершиной [2], постоянным усилением и шириной луча  $2\alpha$ . Поскольку отражатели ограничиваются радиусом покрытия антенны мобильного абонента, то спектр сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к базовой станции ограничен угловой областью  $2\theta_{max}$ . Если  $\alpha \geq 2\theta_{max}$ , то антенна базовой станции будет покрывать все зоны функционирования и следовательно, значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту будут являться однородными. Но если  $\alpha < 2\theta_{max}$ , то антенна базовой станции будет только частично покрывать зоны функционирования и следовательно, значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту не будут равномерными.

На рис. 1, зона покрытия антенны базовой станции отмечена буквами EFGHIJ. Давайте теперь выведем значения вероятностной функции неопределённой плотности  $\theta$  к мобильному абоненту, когда  $\alpha < 2\theta_{max}$ . Рассмотрим только зону EFGMJ, где  $0 < \theta \leq \pi$ . Разобьем зону EFGMJ ещё на три зоны: JEM, EFM, и FGM. Значения  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , и  $\pi$  определяют три зоны. Значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала могут быть получены вычислением площади узкой полосы (заштрихованная область), показанной на рис. 1. Область ( $A_1$ ), внутри полоски между  $\theta$  и  $\theta + \Delta\theta$ , может быть показана с помощью формулы:

$$A_1 = \int_{\theta}^{\theta+\Delta\theta} \frac{1}{2} r^2 d\theta \quad (1)$$

где значение  $r$  для трёх зон:

$$r = \begin{cases} R, & 0 < \theta \leq \theta_1 \\ \frac{D \tan(\alpha)}{\sin(\theta) + \cos(\theta) \tan(\alpha)}, & \theta_1 < \theta \leq \theta_2 \\ R, & \theta_2 < \theta \leq \pi \end{cases} \quad (2)$$

Основываясь на геометрии рис. 1, следует:

$$\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{D}{r} \sin^2(\alpha) \pm \frac{\cos(\alpha)}{r} \sqrt{r^2 - D^2 \sin^2(\alpha)} \right], \quad (3)$$

Теперь  $\theta_1$  и  $\theta_2$  может быть определён путём замены  $r = R$  в формуле (3). Поскольку предполагается, что отражатели равномерно распределены внутри зоны EFGHIJ, плотность покрытия внутри зоны является обратной величиной области. Плотность покрытия может быть показана, как:

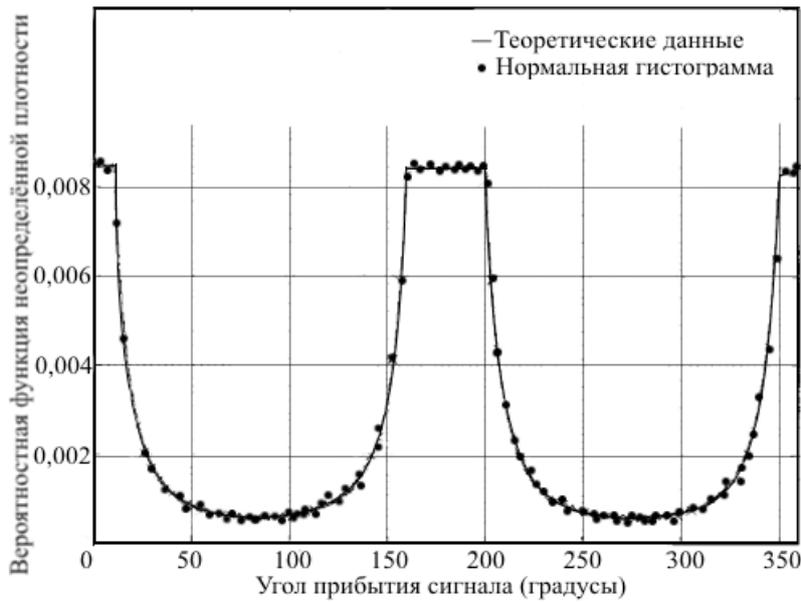


Рис. 2. Теоретическая вероятностная функции неопределённой плотности и смоделированные нормативные гистограммы спектра сигнала к мобильному абоненту. При значениях  $2\alpha = 10^\circ$ ,  $D/R = 3$  и  $2\theta_{max} = 38,9^\circ$ .

$$f_{area} = \frac{1}{R^2 (\pi + \theta_1 - \theta_2) + 2D \sin(\alpha) \sqrt{R^2 - D^2 \sin^2(\alpha)}} \quad (4)$$

Используя выражение (1) и (4), совокупная функция распределения от спектра сигнала может быть выражена как:

$$F_\theta(\theta) = \int_0^\theta \frac{f_{area} \times r^2}{2} d\beta \quad (5)$$

где  $\beta$  является фиктивной переменной и  $r$  задается выражением (2).

Функция вероятностной плотности, это производная от совокупности функции распределения, которая может быть выражена как:

$$f_\theta(\theta) = \begin{cases} \frac{R^2}{I}, & -\theta < \theta \leq \theta_1 \\ \frac{(D \tan(\alpha))^2}{I(\sin(\theta) + \cos(\theta) \tan(\alpha))^2}, & \theta_1 < |\theta| \leq \theta_2 \\ \frac{R^2}{I}, & \theta_2 < \theta \leq -\theta_2 \end{cases} \quad (6)$$

где

$$I = 2R^2(\pi + \theta_1 - \theta_2) + 4D \sin(\alpha) \sqrt{R^2 - D^2 \sin^2(\alpha)}.$$

Рис. 2 подтверждает теоретическую вероятность функции плотности, описанную в этом разделе. Рассмотрим измерения, где  $D = 3$  км и  $R = 1$  км, следовательно  $2\theta_{max} = 38,9^\circ$ . Если на базовой станции используется луч с плоской вершиной, с постоянным усилением и шириной луча  $10^\circ$ , то теоретическая вероятность функции плотности оценивается с помощью формулы (6) и показана на рис. 2. Для получения нормативной гистограммы моделируемого спектра сигнала, отражатели равномерно установлены вокруг мобильного абонента. Стандартная гистограмма также показана на рис. 2 и она приближается к характеристической кривой теоретической вероятности функции плотности.

### Доплеровский спектр и замирания огибающей

Движение мобильного абонента (приёмника) приводит к разбросу по доплеровской частоте принимаемого сигнала. Рис. 3 иллюстрирует состояние, когда мобильный абонент движется под углом  $\phi_v$  по отношению к постоянной составляющей в зоне видимости.  $i$ -ый компонент многолучевого распространения поступает к мобильному абоненту под углом  $\phi_i$  относительно составляющих компонентов находящихся в зоне видимости. Составляющие компоненты многолучевого распространения в приёмнике подвержены воздействию доплеровского сдвига по частоте в зависимости от направления движения мобильного абонента.  $i$ -ый компо-

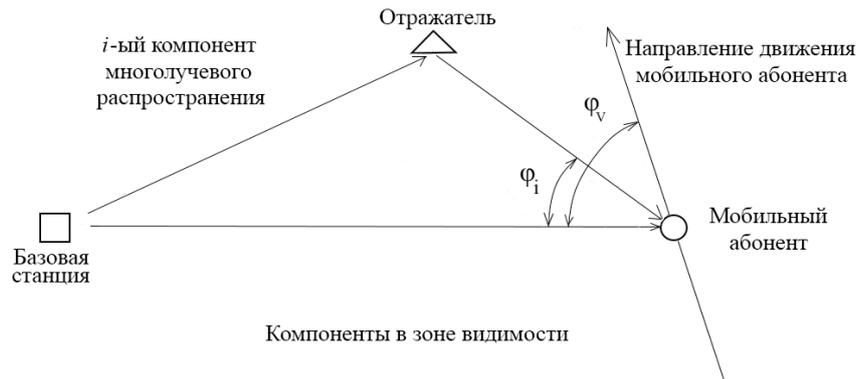


Рис. 3. Иллюстрация составляющих компонентов многолучевого распространения, поступающих к мобильному абоненту от базовой станции

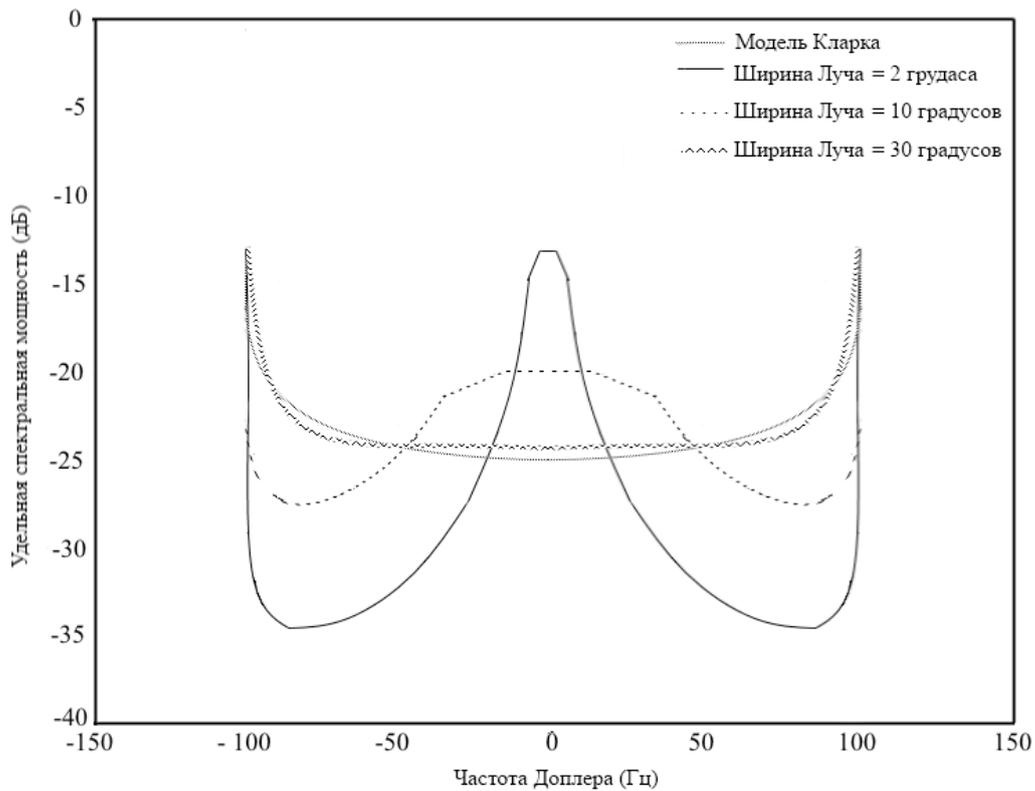


Рис. 4. Доплеровский спектр в сравнении с моделью Кларка

нент многолучевого распространения подвержен воздействию доплеровского сдвига  $v_i = f_m \cos(\phi_i - \phi_v)$ , где  $f_m$  — это максимально допустимый доплеровский сдвиг, который определяется как  $f_m = v/\lambda$ ,  $v$  — это скорость мобильного абонента, и  $\lambda$  — это длина волны несущей. Если предположить, что мобильный абонент использует антенну с разнонаправленными свойствами, то можно вычислить спектральную мощность с учётом воздействия доплеровского сдвига:

$$S_r(f) = \frac{A_s^2}{f_m \sqrt{1 - (f/f_m)^2}} \left[ f_\theta(\phi_v + |\cos^{-1}(f/f_m)|) + f_\theta(\phi_v - |\cos^{-1}(f/f_m)|) \right], |f| < f_m \quad (7)$$

где  $f_\theta(\cdot)$  — значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения к мо-

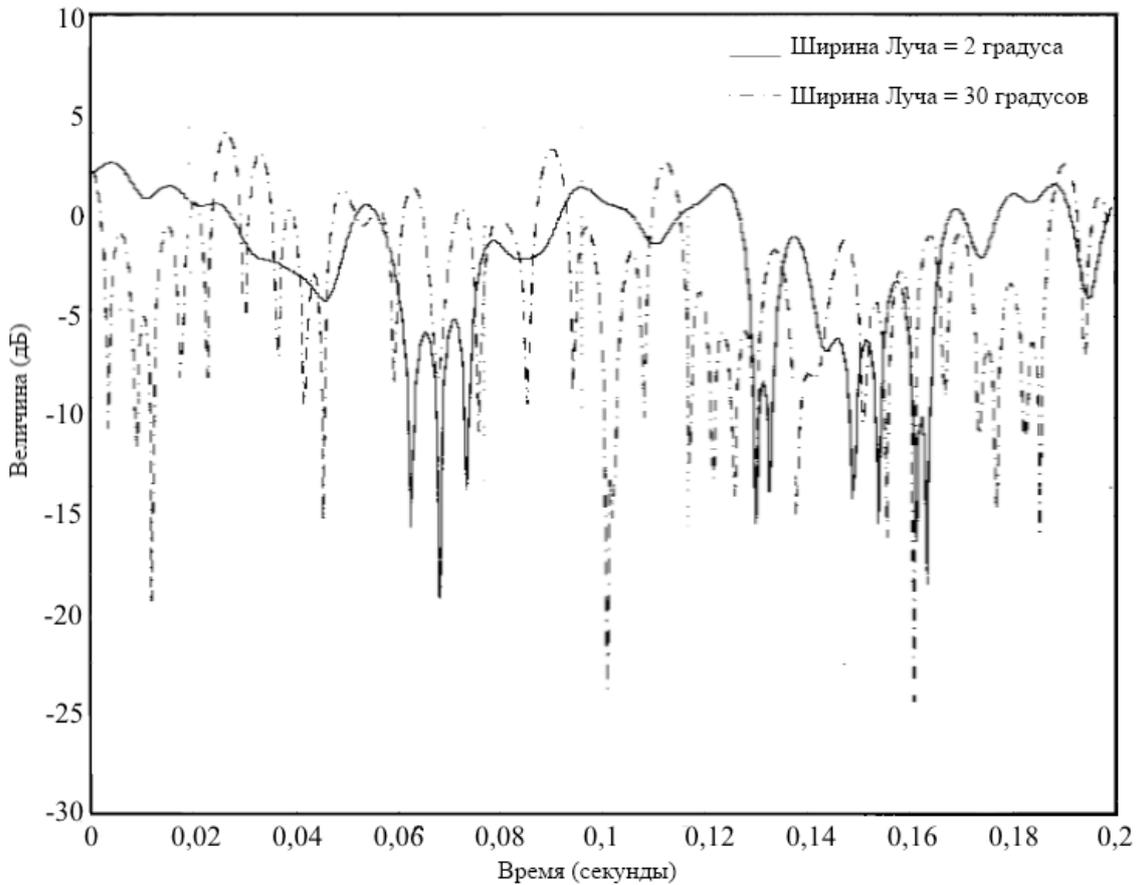


Рис. 5. Замирания огибающих нормированных среднеквадратичным значением для ширины луча  $2^\circ$  и  $30^\circ$ . Значения  $2\theta_{max} = 38,9^\circ$ .

бильному абоненту. Если спектр сигнала к мобильному абоненту однороден, то доплеровский спектр определяется моделью Кларка [1] как:

$$S_r(f) = \frac{A^2}{\pi f_m \sqrt{1 - (f/f_m)^2}}, |f| < f_m$$

Если на базовой станции используется антенна с «лучевой» диаграммой направленности, то значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения определяется формулой (6). Подставляя выражение (6) в (7), можно вычислить доплеровский спектр, полученный при использовании на базовой станции антенны с «лучевой» диаграммой направленности. Рассмотрим измерения, когда мобильный абонент перемещается со скоростью 54 км/ч и несущая частота 2 ГГц. Максимальный доплеровский сдвиг по частоте — 100 Гц. Разделение T-R 3 км и  $R = 1$  км. Здесь рассмотрены три различных спектра сигнала для ширины луча:  $2^\circ$ ,  $10^\circ$ , и  $30^\circ$ , значение  $2\theta_{max} = 38,9^\circ$  и  $A_o = 1$ .

Значения  $R, D, \phi_v$ , и  $f_m = 1$  км, 3 км,  $90^\circ$  и 100 Гц, соответственно

Рис. 4 показывает доплеровский спектр для  $\phi_v = 90^\circ$  и симметричный спектр относительно нулевой частоты Доплера. Спектр симметричен, поскольку мобильный абонент движется перпендикулярно относительно базовой станции, и установлено равное количество отражателей сзади и спереди мобильного абонента. На рис. 4 для ширины луча  $2^\circ$ , модель прогнозирует очень маленький доплеровский разброс по частоте, и как только ширина луча увеличивается — форма спектра обретает U-образность уподобляясь модели Кларка. Это происходит, потому как значение вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала к мобильному абоненту стремится к равномерному распределению.

На рис. 5 изображены нормированные значения замираний огибающих для ширины луча  $2^\circ$  и  $30^\circ$ . Использование направленной антенны с шириной луча  $30^\circ$  приводит к доплеровскому спектру близкому к модели Кларка, следовательно есть большие вариации огибаю-

щих, а для ширины луча  $2^0$  — антенна сокращает число составляющих компонентов многолучевого распространения и следовательно становится меньше вариаций в огибающих замираний.

## Выводы

В этой статье мы исследовали влияние направленных антенн на доплеровский спектр. Мы предположили, что отражатели расположены равномерно внутри зоны покрытия антенны мобильного абонента и составляющие компоненты многолучевого распространения

претерпевают одно отражение на пути от передатчика к приёмнику. Были получены значения вероятностной функции неопределённой плотности спектра сигнала составляющих компонентов многолучевого распространения и доплеровский спектр для мобильного абонента, при использовании направленных антенн на базовой станции. Так же установили, что использование направленных антенн для неподвижных объектов значительно улучшают качественные показатели передачи данных, однако использование их с движущимися объектами влияет обратно пропорционально на качество передачи данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communication*. New York: Wiley, 1974.
2. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // *Proceedings of ICC'93*. — 1993. — p. 1064–1070.
3. Berrou C., Glavieux A. Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes / C. Berrou, A. Glavieux // *IEEE Trans. on Comm.* — 1996. — p. 1261–1271.
4. Crozier S., Guinand P., Lodge J., Hunt A. Construction and Performance of New Tail-Biting Turbo Codes / S. Crozier, P. Guinand, J. Lodge, A. Hunt // *6-th International Workshop on Digital Signal Processing Techniques for Space Applications*. — 1998. — p. 1.3.
5. Crozier, S. New High-Spread High-Distance Interleavers for Turbo-Codes. / S. Crozier // *20th Biennial Symposium on Communications*. — 2000. — p. 3–7.
6. Gilbert F., Kienle F., Wehn N. Low Complexity Stopping Criteria for UMTS Turbo-Decoders. / F. Gilbert, M. Thul, N. Wehn // *IEEE Conference Design, Automation and Test in Europe*. — 2003.
7. Land I., Hoeher P. A. Using the mean reliability as a design and stopping criterion for turbo codes. / I. Land, P. A. Hoeher // *Information Theory Workshop, 2001. Proceedings. 2001 IEEE*. — 2001. — p. 27–29.
8. Shao R. Y., Shu Lin, Fossorier M. P. C. Two simple stopping criteria for turbo decoding. / R. Y. Shao, Shu Lin, M. P. C. Fossorier // *Communications, IEEE Transactions on*. — 1999. — p. 1117–1120.

© Гольцов Александр Сергеевич ( gas06081992@yandex.ru ),

Которов Василий Владимирович ( kotorov@live.com ), Булатов Иван Иванович ( bulatov.vanek@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

# БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА РАДИОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

## THE POSSIBILITY OF WIRELESS TRANSMISSION OF RADIO FREQUENCY SIGNALS IN WATER ENVIRONMENTS

V. Kalin  
L. Kalina

*Summary.* The theoretical substantiation of the possibility of wireless transmission of radio frequency signals in aqueous media is proposed. The basic provisions of the theoretical justification and the results of experimental data obtained using devices developed on the basis of the proposed theory are given.

*Keywords:* radio frequency signals, water environment, wireless transmission.

**Калин Виктор Борисович**

С.н.с., Научно-исследовательский институт  
Транснефть

**Калина Лариса Семеновна**

Специалист по интеллектуальной собственности,  
Научно-исследовательский институт «Атолл»  
kalina\_ls@mail.ru

*Аннотация.* Предлагается теоретическое обоснование возможности беспроводной передачи радиочастотных сигналов в водных средах. Даны основные положения теоретического обоснования и результаты экспериментальных данных, полученных с помощью устройств, разработанных на основе предлагаемой теории.

*Ключевые слова:* радиочастотные сигналы, водная среда, беспроводная передача.

**В** последние десятилетия появился ряд экспериментальных результатов, показывающих возможность передачи радиочастотных (электромагнитных) сигналов в водных средах [1–4]. Однако, с точки зрения общепризнанных физических законов, теоретически и экспериментально показано, что электромагнитные волны очень быстро затухают в проводящих средах. А пресная и морская вода является проводящими средами. Таким образом, эксперименты по беспроводной передаче радиочастотных сигналов в проводящих водных средах кажутся плохо согласующимися с признанными физическими законами.

В данной работе предлагается возможное теоретическое обоснование экспериментальных результатов по передаче радиочастотных сигналов в водных средах, не противоречащее существующим физическим законам. А также приводятся результаты эксперимента, полученные на основе предлагаемой теории.

В основу предлагаемой теории положены следующие факты:

- ◆ жидкое состояние воды — в большинстве случаев сложная структура, состоящая из отдельных молекул и различных ассоциатов молекул [5–6];
- ◆ молекула воды — диполь с электрическим дипольным моментом

$p = l * q$ , где  $l$  — расстояние между зарядами диполя, а  $q$  — заряд [7];

- ◆ ассоциаты молекул воды могут быть диполями с электрическим дипольным моментом от  $p$

до  $n * p$ , где  $n$  — количество молекул воды в ассоциатах [8];

- ◆ молекула воды, как любое вещество, имеет собственные частоты колебаний [9];
- ◆ ассоциаты молекул воды также могут иметь собственные частоты колебаний [10–11];
- ◆ электрический диполь в неоднородном электрическом поле испытывает три силы: силу растяжения, силу вращения и силу притяжения или отталкивания со стороны более сильного поля [12];
- ◆ на границе двух фаз — водной и твердой в результате адсорбции водные диполи выстраиваются электрически определенным образом в зависимости от параметров твердой фазы [13–14];
- ◆ на границе раздела водной среды с твердой и газообразной средой за счет сил натяжения происходит плотная упаковка водной структуры [13–14];
- ◆ молекулы воды являются диамагнетиками, которые во внешнем магнитном поле становятся наведенными магнитными диполями, у которых магнитные моменты ориентированы всегда против внешнего поля [15];
- ◆ магнитный диполь в неоднородном магнитном поле испытывает силу притяжения или отталкивания со стороны более сильного поля в зависимости от ориентации дипольного момента относительно внешнего поля [15];
- ◆ в переменном неоднородном магнитном поле на молекулы воды будет действовать сила, выталкивающая молекулы воды в направлении уменьшения поля [12].

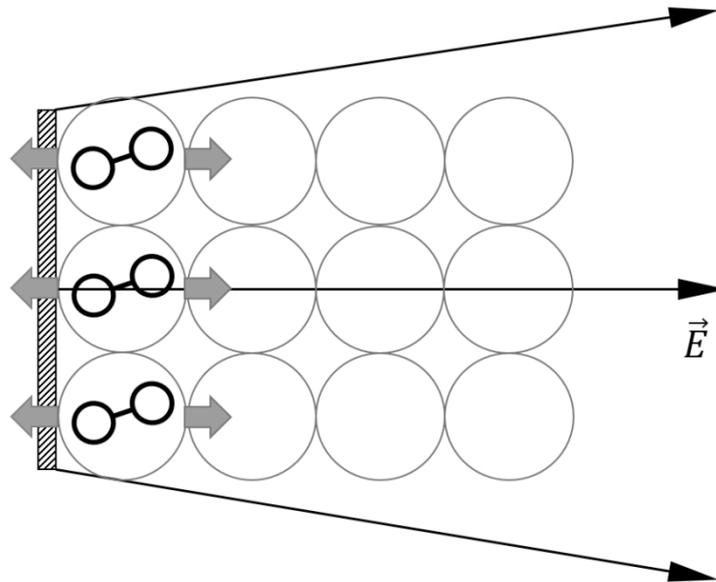


Рис. 1. Водные диполи на границе двух сред

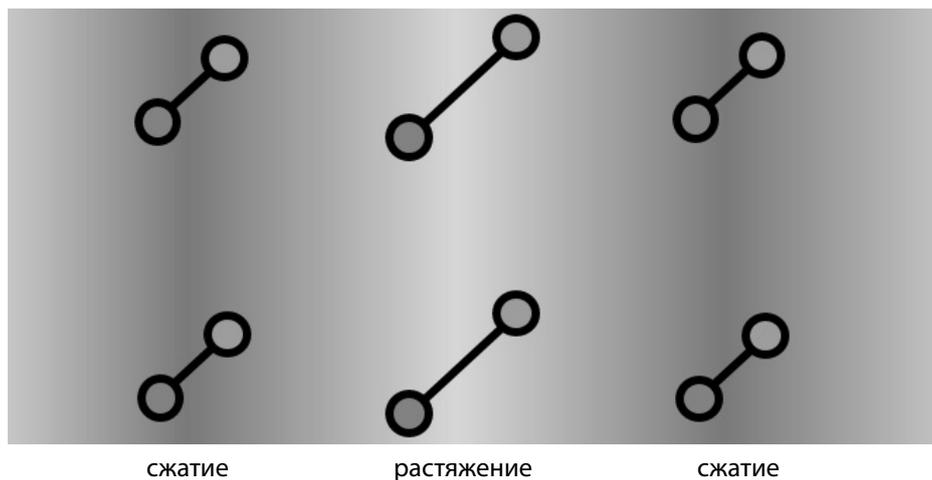


Рис. 2. Изменение дипольных моментов водных ассоциатов при сжатии и растяжении водной среды

Из приведенных фактов следует, что в неоднородном переменном магнитном поле молекулы воды будут вести себя подобно поведению в неоднородном переменном электрическом поле с учетом того, что они будут только выталкиваться из более сильного магнитного поля независимо от направления самого поля. Поэтому далее будем рассматривать переменное неоднородное электрическое поле подразумевая, что полученные выводы справедливы и для случая переменного неоднородного магнитного поля.

Из приведенных фактов также следует, что если на границе твердой и водной сред создать неоднородное переменное электрическое поле, то водные дипольные молекулы и ассоциаты, выстроенные электрически

определенным образом вдоль этой границы, будут испытывать в основном силу притяжения и отталкивания (за счет плотной упаковки и определенной электрической ориентации диполей) в соответствии с направлением и силой неоднородного переменного электрического поля.

Предлагаемое теоретическое обоснование (основные положения):

- ♦ на границе раздела твердой и водной среды в неоднородном переменном электрическом поле (излучающая система) водные диполи будут совершать (за счет сил притяжения и отталкивания) механические движения вдоль силовых линий неоднородного переменного электриче-

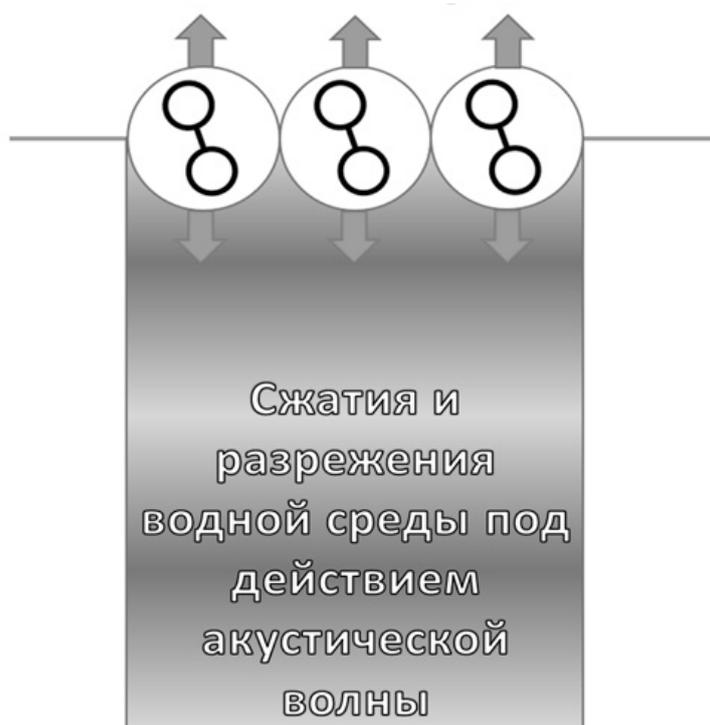


Рис. 3. Воздействие механической волны на водные диполи, расположенные на границе с воздушной средой



Рис. 4. Схема экспериментального устройства

- ского поля в соответствии с направлением и амплитудой этого поля (Рис. 1);
- ◆ будет происходить преобразование энергии неоднородного переменного электрического поля в энергию механического движения слоя водных молекул и ассоциатов, прилегающего к границе фаз, с частотой и амплитудой электрического поля;
  - ◆ механическое движение слоя водных молекул и ассоциатов передается следующему слою и распространяется далее в водной среде как механическая волна с частотой и амплитудой электромагнитного поля;
  - ◆ прохождение механической волны в водной среде создает внешнее механическое воздействие (сжатие и растяжение) на находящиеся в водной среде дипольные ассоциаты, что может привести к изменению их электрического дипольного момента (Рис. 2 изменение дипольных моментов водных ассоциатов);
  - ◆ периодическое изменение электрического дипольного момента у диполя приводит к излучению электромагнитного поля;
  - ◆ происходит преобразование энергии механического движения дипольных ассоциатов воды в энергию электромагнитного поля;
  - ◆ механическая волна, дошедшая до границы водной и твердой сред (приемная система), где дипольные молекулы и ассоциаты выстраиваются электрически определенным образом, создает внешнее механическое воздействие на дипольные ассоциаты (сжатие и растяжение), что приводит к изменению их дипольных моментов в водном слое на границе фаз с частотой и амплитудой излученного электромагнитного поля;
  - ◆ изменение дипольных моментов водных ассоциатов с частотой и амплитудой излученного электромагнитного поля приводит к формированию на границе сред (на приемной системе) электромагнитного поля с частотой и амплитудой излученного поля;
  - ◆ происходит преобразование энергии механического движения дипольных ассоциатов водных молекул (сжатие и растяжение) в энергию электромагнитного поля с частотой и амплитудой излученного поля;
  - ◆ на границе водной и воздушной сред при воздействии механической волны, распространяющейся в водной среде перпендикулярно границе сред, также может происходить изменение электрических дипольных моментов водных ассоциатов с частотой и амплитудой механической волны, что приведет к излучению электромагнитного поля в воздушную среду (Рис. 3);

- ◆ максимальный эффект преобразования энергии электромагнитного поля в энергию механического движения водных молекул и дипольных ассоциатов и обратное преобразование энергии механического движения водных ассоциатов (сжатие и растяжение) в энергию электромагнитного поля будет достигаться при совпадении частот излучаемого электромагнитного поля и собственных частот дипольных водных ассоциатов (резонанс).

На основе предлагаемой теории было разработано и изготовлено устройство для беспроводной передачи радиочастотных сигналов в водной среде, состоящее из излучающей и приемной систем (Рис. 4). В сентябре 2017 года с помощью изготовленного устройства на Ивановском водохранилище (Московском море) в пресной воде был проведен эксперимент по беспроводной передаче радиочастотных сигналов в водной среде.

Излучающая система с помощью массы опускалась на глубины от 1 до 5 метров. Эта система представляла собой герметичный пластиковый контейнер, содержащий антенну, управляемый генератор, блок питания и управляющий блок. Излучающая система с помощью массы была ориентирована так, чтобы возникающая (по предлагаемой теории) механическая волна была бы направлена перпендикулярно поверхности воды, что в свою очередь должно было вызвать над поверхностью воды (в месте выхода механической волны) электромагнитное поле с частотой излучаемого электромагнитного поля. Система излучала сигналы с заданным шагом в диапазоне (80–210) МГц, так, чтобы излучались сигналы с частотами 100, 150 и 200 МГц.

Приемная система состояла из радиоантенны, узкополосного радиосканера с диапазоном частот 24–1750 МГц и планшета с программным обеспечением для анализа спектров.

Прием сигналов осуществлялся на частотах 100, 150 и 200 МГц, с каждой глубины (от 1 до 5 метров с шагом 1 метр).

В эксперименте излучаемые сигналы уверенно принимались приемной системой, расположенной над водой в зоне действия устройства, на всех глубинах и на всех установленных частотах.

Результаты проведенного эксперимента говорят о возможной правильности предлагаемой теории, однако не являются полным её подтверждением, что требует проведения дальнейших экспериментов.

Полученные авторами теоретические и экспериментальные результаты были представлены в мае 2018 года на XIV Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики»

в городе С.-Петербурге. Конференция была организована научным советом по проблемам фундаментальной и прикладной гидрофизики С.-Петербургским научным центром РАН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рублев В., Симоненко В. Переговорное устройство для легководолазов // Спортсмен — подводник 68, М.: ДОСААФ. 1982. с. 30–33.
2. Рублев В.П., Ольшанский В. М. Электромагнитный канал подводной связи и управления подводными объектами // Материалы конференции (часть 2), XI международная научно — техническая конференция РАН «Современные методы и средства океанологических исследований». М. 2009 г.с. 97–100.
3. Ольшанский В.М., Павлов Д. С., Волков С. В., Эльяшев Д.Э. Электрические рыбы — биологический прототип новой техники // Вестник РАН. 2009. том.79. № 1. с. 57–72.
4. Абдулкеримов С.А., Ермолаев Ю. М., Родионов Б. Н. Нанотехнология электродинамического опреснения морской воды // Торсионные поля и информационные взаимодействия. 2009. С. 625–630.
5. Захаров С.Д., Мосягина И. В. Кластерная структура воды (обзор). Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН. Препринт. М. 2011.
6. Гончарук В.В., Смирнов В. Н., Сыроешкин А. В., Маляренко В. В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды // Химия и технология воды. 2007. Т. 29. № 1.
7. Зацепина Г. Н. Свойства и структура воды. М.: МГУ.1974. С. 18–19.
8. Востриков А.А., Дубов Д. Ю., Дроздов С. В. Дипольный момент кластеров воды и парниковый эффект // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. В.5. С. 87–94.
9. Зацепина Г. Н. Свойства и структура воды. М.: МГУ.1974. С. 19–20
10. Петросян В. И. Резонансное излучение воды в радиодиапазоне // Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. В.23. С. 29.
11. Галашев А.Е., Рахманова О. Р. Компьютерное изучение физических свойств кластеров воды. 1. Устойчивость. // Журнал структурной химии. 2005. Т. 45. № 4. С. 648–654.
12. Парселл Э. Электричество и магнетизм. Т. 2. С. 301, 348, 360. Берклевский курс общей физики в 5-ти томах.
13. Ткаченко С.И., Хоменко А. Ю. Определение удельной поверхности пористых материалов методами БЭТ и Арановича. М.: МФТИ. Кафедра молекулярной физики. 2014. С. 6–7.
14. Девис С., Джеймс А. Электрохимический словарь. М.: Мир. 1979. С. 40.
15. Китайгородский А. И. Введение в физику. М.: Наука. 1973. С. 280.

© Калинин Виктор Борисович, Калинина Лариса Семеновна ( kalina\_ls@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ СОГЛАШЕНИЙ SLA ДЛЯ УСЛУГ НА ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

## EVALUATION OF SLA SERVICE AVAILABILITY PARAMETER FOR PRIMARY NETWORKS

**A. Mansurov  
P. Ladygin**

*Summary.* Service Availability (SA) parameter is one of the key parameters of any Service Level Agreements (SLA) that is evaluated by the ITU-T recommendations. In this paper, an approach for evaluation of SA parameter for primary networks of service providers is proposed. This approach considers a network topology, details of network operation and is based on the reliability theory. Test evaluation of the proposed approach shows its sensitivity to presence of back-up links and network topology and duration of a service provided on a primary network.

*Keywords:* SLA, service availability, reliability theory, service provider.

**Мансуров Александр Валерьевич**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный университет»  
mansurov.alex@gmail.com*

**Ладыгин Павел Сергеевич**

*Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный университет»  
pavel-ladygin@yandex.ru*

*Аннотация.* Показатель доступности услуги является одним из ключевых элементов соглашения об уровне предоставления услуги (SLA). В работе предлагается способ предварительного оценивания показателя доступности услуги, который использует особенности топологии первичной сети оператора связи, особенности эксплуатации сети оператора связи и базируется на оценках теории надежности. Апробация данного способа демонстрирует чувствительность рассчитываемого показателя доступности от наличия резервирования на сети оператора, а также от длительности периода оказываемой услуги на сети оператора связи.

*Ключевые слова:* SLA, показатель доступности, теория надежности, поставщик услуги.

## Введение

Соглашение об уровне предоставления услуги (ServiceLevelAgreement, SLA) является формальным документом, в котором участниками оговариваются цифровые параметры качества оказываемой услуги. Чаще всего, соглашение базируется на рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ, ИТУ-Т) E.860, предложенные в 2002 г. и содержащие общую структуру, а также необходимые для согласования и контроля показатели качества [1]. Поскольку современные телекоммуникационные сети операторов связи являются сложными и многоуровневыми структурами, позволяющими оказывать самый широкий спектр услуг связи, вопрос о наиболее эффективном способе формирования SLA для каждого конкретного случая и его последующего соблюдения продолжает оставаться актуальным и исследуется многими специалистами. Рассматриваются как сам процесс разработки SLA для определенной услуги, так и возможные модификации этого процесса, а также механизмы контроля исполнения SLA и воздействия на инфраструктуру телекоммуникационной сети для исполнения принятого SLA [2–6].

Одним из ключевых параметров соглашения об уровне предоставления услуги является показатель доступ-

ности (SA), который, в соответствии с рекомендациями [1] рассчитывается как процентное соотношение между временем доступности и недоступности:

$$SA (\%) = 100\% - \frac{\sum(T_{out} \times SDF)}{T_{act}} \times 100\% \quad (1)$$

где  $T_{act}$  — время активного оказания услуги,  $T_{out}$  — время простоя,  $SDF$  — коэффициент деградации сервиса ( $0 \leq SDF \leq 1$ )

Оценка (1) базируется на временных характеристиках, которые должны быть накоплены на полном пути оказания услуги от начальной до конечной точки. Данная оценка не учитывает особенности топологии сетей операторов связи, рабочего ресурса используемого оборудования, особенностей эксплуатации сетей операторов связи и включение новых, вводимых в эксплуатацию участков сетей связи.

Данная работа предлагает подход к определению показателя доступности (SA) для услуг, оказываемых на первичной сети оператора связи от начальной до конечной точки оказания услуг. Способ учитывает проектные оценки, топологию сети и эксплуатационный ресурс телекоммуникационного оборудования. Данный подход может использоваться при планировании мероприятий

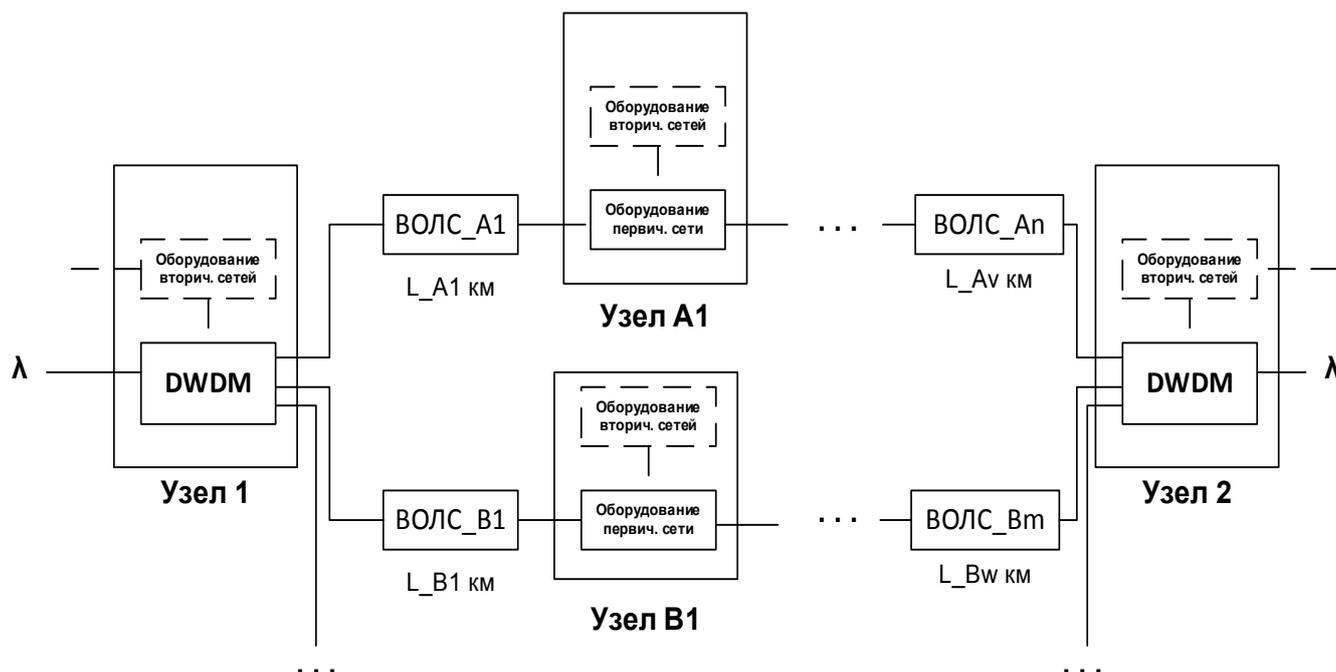


Рис. 1. Примерный сегмент первичной сети для услуги «аренда частотного ресурса».

по модернизации и развитию сети оператора связи с целью повышения надежности ее работы.

### Первичная сеть оператора связи

Один из популярных подходов к организации сети связи современных операторов связи основан на принципе разделения инфраструктуры на первичную и вторичную сети [7]. Первичные сети оптимизируют и организуют каналный ресурс, и на основе первичной сети развертываются вторичные, которые уже осуществляют оказание различных телекоммуникационных услуг. Таким образом, операторы связи могут предлагать своим потребителям как непосредственно свою каналную емкость, так и более совершенные услуги, например, по передаче данных, организации телефонной связи и т.п.

Первичная сеть в настоящее время чаще всего организуется базе волоконно-оптической кабельной сети с установленным оборудованием плотного спектрального мультиплексирования передаваемого сигнала (DWDM) [8]. При этом транспортируемым является сигнал на физическом уровне без вмешательства в логические структуры передаваемых данных клиента. Услугу по аренде частотного ресурса первичной сети можно назвать «аренда частотного ресурса» или «аренда «лямбды»». Эта услуга может как использоваться самим оператором связи для развертывания вторичных сетей, так и предоставляться сторонним потребителям.

### Оценка показателя доступности для услуг первичных сетей

Традиционно кабельная сеть оператора связи представляет собой участки волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), проложенного между различными точками. ВОЛС оконечивается оборудованием первичной сети — DWDM-мультиплексорами, усилителями/регенераторами сигнала, преобразователями среды (медиа-конвертерами) и пр. Наиболее частым вариантом повышения надежности является использование кольцевой топологии для выполнения резервирования [7]. Типичная конфигурация сегмента первичной сети оператора связи в случае предоставления услуги по аренде частотного ресурса от точки «1» (Узел 1) до точки «2» (Узел 2) в общем случае может выглядеть следующим образом (рис. 1) — как взаимосвязь участков ВОЛС (оптического кабеля) и оборудования мультиплексирования DWDM или иного оборудования первичной сети.

Учитывая, что показатель доступности напрямую связан с надежностью и отражает, по сути, безотказную работу, то для определения показателя доступности представляется логичным использование аппарата теории надежности [9]. Для дальнейшего рассмотрения будем руководствоваться следующими допущениями:

1. Сегмент первичной сети рассматривается как последовательное и параллельное соединение составляющих его элементов.

2. Все происшествия, связанные с активным оборудованием узлов, приводят либо к неработоспособности оборудования, либо не мешают его работе, являются некоторой случайностью, имеющей внезапный характер и не зависящей от вспомогательного оборудования или деградации (старения).

3. Участки первичной сети могут быть, как только что построенными и введенными в эксплуатацию, так и уже эксплуатирующимися в течение некоторого времени.

#### а) Построенный и введенный в эксплуатацию участок первичной сети

Построенный и введенный в эксплуатацию участок первичной сети является «новым» для оператора связи. Исключая непродолжительный период тестового периода работы, он не имеет достаточной накопленной статистики о своей эксплуатации. В этом случае применение предложенной в [1] методики определения показателя доступности затруднительно. Однако, проектная документация построенного участка первичной сети должна содержать расчеты его надежности в соответствии с методикой из руководящего документа Минсвязи России [10]. Эти расчеты можно использовать для вычисления показателя доступности для такого участка первичной сети.

В соответствии с расчетами по методике [10], интенсивность отказов оптического кабеля за 1 час на 1 км равен  $3,88 \cdot 10^{-7} \text{ ч}^{-1}$ . В этом случае, среднее расчетное время наработки на отказ (MTBF) $T_0$  для ВОЛС (оптического кабеля) будет равно:

$$T_0 = T_0(L) = \frac{1}{\lambda_{\text{ок}}} \frac{L_M}{L} \quad (2)$$

где  $L$  — длина ВОЛС,  $L_M$  — табличное значение максимальной длины из руководящего документа [10] (для магистрали  $L_M = 12500 \text{ км}$ ).

Среднее время восстановления (MTTR)  $T_B$  определяется как суммарное время, необходимое для обнаружения повреждения (отказа)  $t_{\text{обн}}$ , определения места  $t_{\text{опр}}$ , прибытия ремонтной бригады на место повреждения  $t_{\text{приб}}$  и выполнения ремонтно-восстановительных работ  $t_{\text{рем}}$ :

$$T_B = t_{\text{обн}} + t_{\text{опр}} + t_{\text{приб}} + t_{\text{рем}} \quad (3)$$

Возможности мониторинга современного оборудования позволяют пренебречь временем  $t_{\text{обн}}$ . Время  $t_{\text{приб}}$  зависит от удаленности поврежденного участка от места нахождения специалистов по эксплуатации кабельной сети, а остальные два временных показателя определя-

ются серьезностью повреждения. Предельные значения времени восстановления определены в [10].

Проектный коэффициент готовности ВОЛС  $K_{\Gamma}^{\text{Пр}}$  определяется следующим образом:

$$K_{\Gamma}^{\text{Пр}} = 1 - \frac{T_B}{T_0} \quad (4)$$

Для установленного оборудования первичной сети проектный коэффициент готовности  $O_{\Gamma}^{\text{Пр}}$  определяется при помощи паспортного значения времени МТТВ и времени МТТР, смысл которого аналогичен времени  $T_B$ . Время МТТР вычисляется по формуле, аналогичной (3). В этом случае:

$$O_{\Gamma}^{\text{Пр}} = 1 - \frac{MTTR}{MTBF} \quad (5)$$

#### б) Эксплуатируемый участок первичной сети

Для эксплуатируемого в течение продолжительного времени участка сети оператором связи уже накоплена определенная статистика времени безотказной работы и времени простоя, в течение которого проводилось обнаружение и устранение причины неработоспособности. Это справедливо как для ВОЛС, так и для эксплуатируемого на узлах связи активного оборудования первичной сети. В этом случае, коэффициенты готовности для ВОЛС  $K_{\Gamma}$  и оборудования связи  $O_{\Gamma}$  могут быть рассчитаны следующим образом:

$$K_{\Gamma} = 1 - \frac{T_{\Pi}}{T_{\text{Наб}}} \quad (6)$$

$$O_{\Gamma} = 1 - \frac{T_{\Pi}^0}{T_{\text{Наб}}^0} \quad (7)$$

где  $T_{\text{Наб}}$  — время «наблюдения» за эксплуатируемым участком ВОЛС,  $T_{\Pi}$  — суммарное время простоя участка ВОЛС с момента порыва до момента восстановления участка аварийной бригадой оператора,  $T_{\text{Наб}}^0$  — время «наблюдения» за активным оборудованием узла связи на участке,  $T_{\Pi}^0$  — суммарное время простоя активного оборудования узла связи.

При определении показателя доступности наиболее близким по смыслу в соответствии с теорией надежности можно считать коэффициент оперативной готовности, который показывает вероятность безотказной работы объекта с некоторого произвольного момента времени в течение заданного интервала времени  $\Delta t$ . В таком случае, коэффициенты оперативной готовности для ВОЛС  $P_{\text{ВОЛС}}(\Delta t)$  и активного оборудования  $P_{\text{НИ}}(\Delta t)$  для рассмотренных случаев а) и б) вычисляются следующим образом (здесь  $\Delta t$  — длительность эксплуатации, равная длительности оказания услуги):

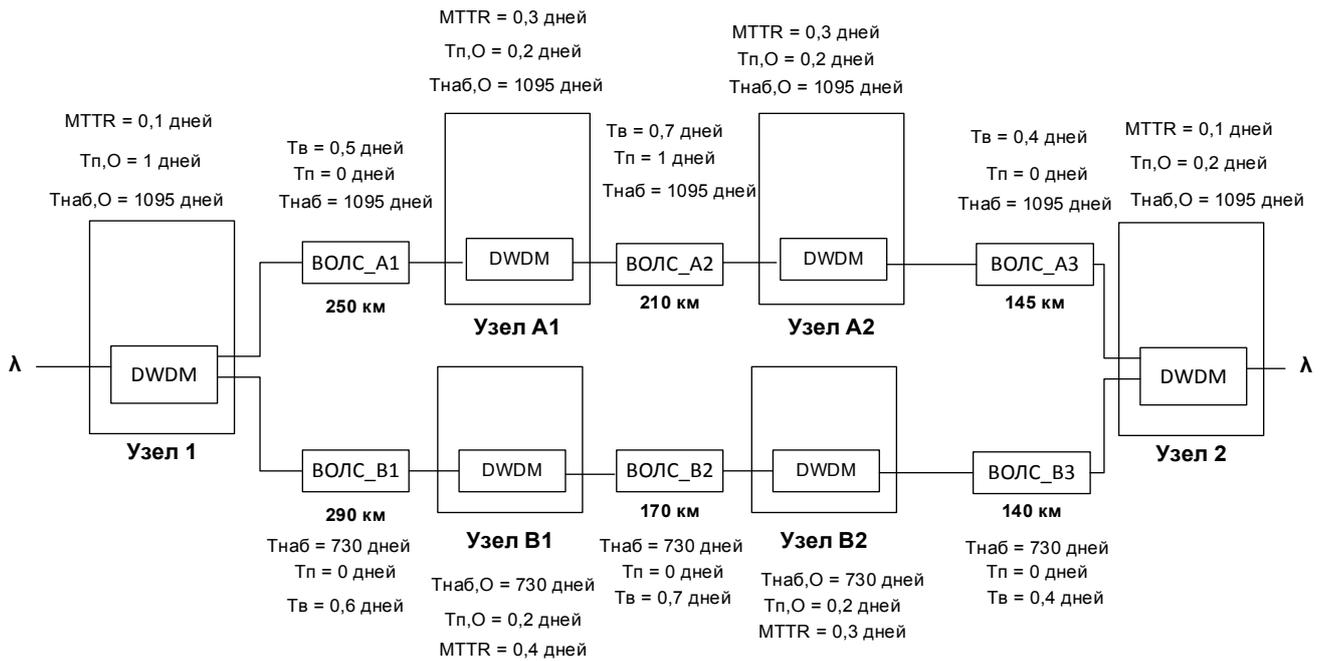


Рис. 2. Тестовый сегмент первичной сети для апробации предлагаемого подхода

Таблица 1. Рассчитанные предварительные оценки показателей доступности SA

Условие	SA по методике [1]	SA по предлагаемому подходу
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 1 год	0,9989	0,9639
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 2 года	0,9989	0,9280
Эксплуатация = 3 года, срок оказания услуги Δt = 3 года	0,9989	0,8918
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 1 год	0,9995	0,9644
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 2 года	0,9995	0,9286
Эксплуатация = 5 лет, срок оказания услуги Δt = 3 года	0,9995	0,8924

$$P_{\text{ВОЛС}}(\Delta t) = \begin{cases} K_{\Gamma}^{\text{Пр}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{T_0}} & \text{для случая а)} \\ K_{\Gamma} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{T_0}} & \text{для случая б)} \end{cases} \quad (8)$$

$$P_{\text{НВ}}(\Delta t) = \begin{cases} O_{\Gamma}^{\text{Пр}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\text{MTBF}}} & \text{для случая а)} \\ O_{\Gamma} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\text{MTBF}}} & \text{для случая б)} \end{cases} \quad (9)$$

Учитывая последовательные и параллельные соединения элементов представленного на рис. 1 сегмента первичной сети для оказания услуги «аренда частотного ресурса», итоговый показатель доступности для оказываемой на этом сегменте услуги может быть оценен следующим образом:

$$SA(\Delta t) = P_{\text{НВ},1}(\Delta t) \cdot (1 - \prod_z (1 - \prod_{z,k} P_{\text{ВОЛС},z,k}(\Delta t) \cdot \prod_{z,m} P_{\text{НВ},z,m}(\Delta t))) \cdot P_{\text{НВ},2}(\Delta t) \quad (10)$$

где индексы 1 и 2 обозначают «узел 1» и «узел 2» соответственно, индекс  $z$  — число параллельных участков в сегменте сети связи, индекс  $k$  — конкретный участок ВОЛС в соответствующем параллельном участке сегмента сети, индекс  $m$  — конкретное активное оборудование «узла  $m$ » в соответствующем параллельном участке сегмента сети.

Для каждого участка  $k$  и оборудования «узла  $m$ » при вычислении используются соответствующие значения  $T_0, T_{\text{В}}, T_{\text{Наб}}, T_{\text{П}}, \text{MTBF}, \text{MTTR}, T_{\text{Наб}}^0$  и  $T_{\text{П}}^0$ .

Формула (10) корректируется с учетом особенности конкретного сегмента сети связи, на котором оказывается услуга. При этом она может быть дополнена для услуг вторичной сети связи, развернутой на базе первичной

сети оператора связи, а также учитывать возможность использования каналов связи сторонних операторов связи (т.н. «последняя миля»).

### Апробация предлагаемого подхода

Для апробации изложенного подхода рассмотрим сегмент первичной сети, на которой оказывается услуга «аренда частотного ресурса» (рис. 2). Согласно предложенной конфигурации сегмента первичной сети, услуга оказывается между узлами сети «Узел 1» и «Узел 2», которые соединены двумя параллельными участками. Каждый из участков состоит из трех включений ВОЛС и двух узлов связи. Все узлы связи укомплектованы идентичным оборудованием DWDM. Первая трасса «ВОЛС\_А1»-«Узел А1»-«ВОЛС\_А2»-«Узел А2»-«ВОЛС\_А3» и узлы «Узел 1» и «Узел 2» были введены в эксплуатацию на год раньше второй трассы, параллельной первой, — «ВОЛС\_В1»-«Узел В1»-«ВОЛС\_В2»-«Узел В2»-«ВОЛС\_В3». Суммарно на момент начала предполагаемого оказания услуги сегмент сети эксплуатируется 3 года. За время эксплуатации на сети происходили остановки и повреждения, которые устранялись, время простоя в каждом случае для каждого участка и узла сети фиксировалось в системе мониторинга. Расчетные время восстановления и реальные время простоя приведены на рис. 2 для каждого изображенного элемента сети связи.

На сети связи используется активное оборудование — интеллектуальная оптическая платформа OptiX OSN8800 [11]. Для оборудования OptiX OSN8800 параметр  $MTBF = 58 \text{ лет} = 21170 \text{ дней}$ .

Период оказания услуги «аренда частотного ресурса»  $\Delta t = 365 \text{ дней}$  (услуга оказывается в течение одного года).

Рассчитанные предварительные оценки показателя доступности (SA) приведены в Таблице 1. При расчете показателя SA по методике [1] подразумевалось, что простои узла «Узел 1» и «Узел 2» были в разные моменты времени, а повреждение ВОЛС на участке «ВОЛС\_А2» произошло после ввода в эксплуатацию второй трассы, параллельной первой и не привело перерыву в оказании услуги связи. Прогнозируемые расчеты выполнялись из предположения, что через требуемый период

времени на элементах сегмента сети не произойдет никаких аварий и остановок.

Согласно приведенным в Таблице 1 оценкам, накопление статистики бесперебойной работы с увеличением срока эксплуатации способствует росту значения показателя SA, вычисленному как по методике [1], так и при помощи предлагаемого подхода. Тем не менее, изменение периода оказания услуги на более длинный справедливее учитывается в предлагаемом подходе, поскольку в данном случае необходимо прогнозировать на более длительный период, что закономерно «ухудшает» расчетный показатель SA. Очевидно, что разумнее использовать более короткие сроки, на которые заключается договор об оказании услуги связи.

Для элементов сети связи важным является время восстановления, что в первую очередь зависит от быстроты реагирования специалистов по эксплуатации и оперативности ликвидации простоя. Это в свою очередь минимизирует время простоя в накапливаемой системой мониторинга статистике. Для активного оборудования также важен показатель MTBF, который играет значимую роль в предлагаемой методике определения показателя доступности — чем больше величина MTBF, тем более высокий показатель доступности при прогнозируемой оценке на длительный период оказания услуги. Сохранять высокое значение показателя доступности также помогает резервирование с использованием кольцевой топологии, что позволяет не допускать полного прекращения оказания услуги связи на сети оператора.

### Заключение

В работе предлагается подход к предварительной оценке показателя доступности, являющегося важным составляющим элементом соглашения об уровне предоставления услуги (SLA), которое заключается между оператором связи и клиентом. Предлагаемый подход учитывает топологию и особенности эксплуатации первичной сети оператора связи, а также зависимость от длительности оказания услуги связи с учетом возможным проблем и отказов за требуемый период. Дальнейшая работа предполагает дополнительный учет влияния сопутствующих процессу эксплуатации факторов, а также процесса износа и старения оборудования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T Recommendation E.860. Framework of a service level agreement. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.860-200206-I/en> (дата обращения 25.04.2018)
2. D'Arienzo M., Pescapè A., Romano S. P., Ventre G. SLAM (Service Level Agreement Manager) services: control and management of phone channel bandwidth on Premium IP Network. 2002. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [https://www.researchgate.net/publication/228741970\\_SLAM\\_Service\\_Level\\_Agreement\\_Manager\\_services\\_control\\_and\\_management\\_of\\_phone\\_channel\\_bandwidth\\_on\\_Premium\\_IP\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/228741970_SLAM_Service_Level_Agreement_Manager_services_control_and_management_of_phone_channel_bandwidth_on_Premium_IP_Network) (дата обращения 25.04.2018)

3. Comuzzi M., Kotsokalis C., Rathfelder C., Theilmann W., Winkler U., Zacco G. A Framework for Multi-level SLA Management. In: Dan A., Gittler F., Toumani F. (eds) Service-Oriented Computing. ICSOC/ServiceWave 2009 Workshops. Lecture Notes in Computer Science, vol 6275. Springer, Berlin, Heidelberg. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16132-2\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16132-2_18) (дата обращения 25.04.2018)
4. Fawaz W., Daheb B., Audouin O., Du-Pond M., Pujolle G. Service level agreement and provisioning in optical networks. IEEE Communications Magazine. 2004. V. 42, N. 1. pp. 36–43. doi: 10.1109/MCOM.2004.1262160
5. Yan J., Kowalczyk R., Lin J., Chhetri M., Goh S. K., Zhang J. Autonomous service level agreement negotiation for service composition provision. Future Generation Computer Systems. 2007. V. 23, I. 6, pp. 748–759.
6. Haq, I. U., Huqqaani, A. A., Schikuta, E. Hierarchical aggregation of service level agreements. Data & Knowledge Engineering. 2011. V.70(5). Pp.435–447.
7. Гольдштейн Б.С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 400 с.
8. Листвин В., Трещиков В. DWDM-системы. М.: Техносфера, 2015. — 296 с.
9. Половко А.М., Гуров С. В. Основы теории надёжности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 702 с.
10. РД 45.047–99. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновых первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация. -М., Минсвязи России, 1999.
11. Интеллектуальная оптическая платформа передачи OptiX OSN8800. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://e.huawei.com/ru/products/fixed-network/transport/wdm/osn-8800> (дата обращения 25.04.2018)

© Мансуров Александр Валерьевич (mansurov.alex@gmail.com), Ладугин Павел Сергеевич (pavel-ladygin@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ЧАСТНАЯ МОДЕЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ПО СУДОВОЖДЕНИЮ В СТРУКТУРЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕМУ

## PRIVATE MODEL OF THE HEAD OF SIMULATOR TRAINING IN NAVIGATION IN THE STRUCTURE OF REQUIREMENTS TO IT

**S. Alekseev  
A. Gonchar  
N. Parfenov  
R. Stahno**

*Summary.* the article deals with the issues of building a private model of the head of training as a subject of pedagogical influence on students of navigation. The analysis of works of leading teachers is carried out, the basic components of functional model of activity of the head of training are defined. The composition of competencies and skills of the head of training is presented. Conclusions are drawn, that the constructed private model of the head of training in the structure of requirements to him, operates within the didactic subsystem of the organizational management system, where the functional part of the model includes five components (gnostic, design, constructive, communication and organizational), for the implementation of which the head must meet the structure of the established requirements (competence, knowledge, skills, personal characteristics).

*Keywords:* training, pedagogical skill, functional model, efficiency of activity, manager's competence, navigation.

**Алексеев Сергей Алексеевич**

Д.т.н., с.н.с., Санкт-Петербургский университет МВД России

**Гончар Артем Александрович**

К.в.н., Санкт-Петербургский университет МВД России

**Парфенов Николай Петрович**

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский университет МВД России

**Сташно Роман Евгеньевич**

К.т.н., Санкт-Петербургский университет МВД России  
piter\_rus@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы построения частной модели руководителя тренажерной подготовки как субъекта педагогического воздействия на обучающихся судовождению. Проведен анализ работ ведущих педагогов, определены основные компоненты функциональной модели деятельности руководителя тренажерной подготовки. Представлен состав компетенций и умений руководителя тренажерной подготовки. Сделаны выводы, что построенная частная модель руководителя тренажерной подготовки в структуре требований к нему, действует в рамках дидактической подсистемы системы организационного управления, где функциональная часть модели включает пять компонентов (гностический, проективный, конструктивный, коммуникационный и организационный), для реализации которых руководитель должен удовлетворять структуре установленных требований (компетенции, знаниям, умениям, личностным характеристикам).

*Ключевые слова:* тренажерная подготовка, педагогическое мастерство, функциональная модель, эффективность деятельности, компетенция руководителя, судовождение.

Основным звеном системы тренажерной подготовки (ТП) является ее руководитель, как субъект педагогического воздействия на обучающихся, в функции которого входят вопросы: определение качественных характеристик других элементов системы ТП, выбор методов, средств и организационных форм реализации мероприятий ТП, коррекция целей и др. С позиций организационного управления (ОУ), руководитель ТП включен в следующие контуры управления:

- ♦ управление всеми элементами системы ТП, т.е. познавательной деятельностью обучающихся, содержанием и технологиями ТП (контур  $u_1$ ),
- ♦ управление деятельностью самого руководителя ТП со стороны организационной подсистемы системы организационного управления (СОУ) ТП (контур  $u_2$ ),
- ♦ самоуправление собственной деятельностью на основе информации, получаемой по каналам

обратной связи: «обучающийся — руководитель ТП», «содержание ТП — руководитель ТП», «технология ТП — руководитель ТП» (контур  $u_3$ ).

Следовательно, эффективность ОУ ТП со стороны ее руководителя может быть оценена эффективностью управления каждым из названных контуров

$$K_{y\delta}^{oi} = F_1(u_1, u_2, u_3) \quad (1)$$

Характер и содержание управляющих воздействий, реализуемых руководителем в ходе ТП, определяется структурой и содержанием его деятельности. Опираясь на работы ведущих педагогов Н.В. Кузьминой, Н.Ф. Талызиной, А.А. Реана можно считать, что функциональная модель деятельности руководителя ТП включает пять компонентов [1–4]:

Таблица 1. Требования к ключевым компетенциям руководителя тренажерной подготовки

Требование	Содержание требования
Концептуальности	Понимать теоретические основы профессионально-педагогической деятельности ( $k_1$ ).
Инструментальности	Владеть методами, средствами и формами педагогики ( $k_2$ ).
Ценностно — этических	Принимать нормы и ценности педагогической работы ( $k_3$ ).
Интегративности	Сочетать теорию и практику при решении различных педагогических проблем ( $k_4$ ).
Адаптивности	Предвидеть противоречивость педагогических процессов, характер социально-педагогических изменений, быть к ним готовым ( $k_5$ ).

Таблица 2. Требования к знаниям руководителя тренажерной подготовки

Требование	Содержание требования
Предметности	Иметь специальные знания к конкретной предметной области тренажерной подготовки ( $n_1$ ).
Дидактичности	Знать методы, методики и средства проведения мероприятий тренажерной подготовки ( $n_2$ ).
Воспитательности	Знать методы, методики и средства воспитания обучающихся в ходе реализации ТП ( $n_3$ ).
Организованности	Знать способы управления эффективностью ТП и научной организации труда ( $n_4$ ).

**Гностическую** — изучение общих закономерностей процесса ТП, накопление знаний о целях, методах, средствах и формах воздействия на эффективность ТП, диагностика состояния личности обучающегося в ходе ТП, исследование затруднений в учебно-познавательной деятельности обучающихся, оценивание деятельности руководителя ТП и совершенствование ее за счет новых знаний, приобретенных в системе ТП.

**Проектировочную** — перспективное планирование своей педагогической деятельности, ее функциональных и психолого-педагогических результатов, постановка задач развития системы ТП.

**Конструктивную** — отбор и структурирование содержания ТП, выбор методов, средств и организационных форм ТП, постановка задач текущего совершенствования ТП.

**Коммуникативную** — установление педагогически целесообразных отношений и взаимодействия с обучающимися в ходе ТП, коллегами и органами управления учебного заведения, выбор и использование коммуникативных средств, адекватных решению задач ТП.

**Организационную** — выработка правильных решений задач ТП и их реализация в конкретных ситуациях, складывающихся в ходе ТП, организация собственной деятельности и соответствующая коррекция учебно-познавательной деятельности обучающихся.

Перечисленные функциональные компоненты в общем случае могут реализовываться руководителем ТП в любой последовательности в зависимости от сложившейся ситуации в цикле ОУ ТП. С учетом функциональ-

ных компонент выражение для оценивания эффективности ОУ ТП примет вид

$$K_{эф} = F_2(Gн, Про, Кон, Ком, Опз), (2)$$

т.е. зависит от эффективности реализации функциональных компонент. При этом показатель эффективности (2), как и (1) включает три составляющих: результативность, оперативность и ресурсозатратность. Реализация названных компонент должна удовлетворять определенной структуре основных требований к компетенции, знаниям, умениям и личностным характеристикам руководителя ТП.

Компетенция руководителя ТП — это заранее заданные социальные требования (нормы) к его профессиональной подготовке, необходимые для эффективной продуктивной деятельности в системе ТП. В состав компетенций руководителя ТП должны входить [5–7]:

- 1) **ключевые** — необходимы для любой профессиональной педагогической деятельности;
- 2) **базовые** — отражают специфику деятельности по реализации мероприятий ТП по судовождению;
- 3) **специальные** — отражают специфику конкретного вида ТП будущих специалистов по судовождению.

В таблице 1 представлены требования к ключевым компетенциям руководителя ТП.

Второй группой требований к руководителю ТП является требования к его знаниям (таблица 2).

Третья группа объединяет требования к умениям руководителя ТП (таблица 3).

Таблица 3. Требования к умениям руководителя ТП

Требование	Содержание требования
Специализации	Владеть специальными умениями в проведении ТП по конкретной учебной дисциплине ( $S_1$ ).
Целеопределения	Владеть умениями в определении дидактических целей ТП ( $S_2$ ).
Трансформации	Владеть умениями в трансформации дидактических целей в воспитательные ( $S_3$ ).
Декомпозиции	Владеть умениями декомпозиции целей ТП в конкретные задачи ( $S_4$ ).
Структурированности	Владеть умениями отбирать и структурировать учебный материал ( $S_5$ ).
Интеграции	Владеть умениями интегрировать методы и средства ТП и воспитания ( $S_6$ ).
Организованности	Владеть умениями организовать учебно-познавательную деятельность обучающихся и собственную в ходе ТП ( $S_7$ ).
Контролируемости	Владеть умениями использовать методы контроля, оценивания и анализа результатов ТП ( $S_8$ ).
Коммуникативности	Владеть умениями общения в ходе ТП с обучающимися и персоналом, обеспечивающим ход ТП ( $S_9$ ).
Прогнозируемости	Владеть умениями прогнозировать возможные затруднения в ходе ТП ( $S_{10}$ ).
Причинности	Владеть умениями выявлять причины затруднений, возникающих в ходе ТП ( $S_{11}$ ).
Предупреждения	Владеть умениями предупреждать возможные затруднения в ходе ТП ( $S_{12}$ ).

Таблица 4. Требования к личностным характеристикам руководителя ТП

Требование	Содержание требования
Нравственности ( $P_1$ )	Мотивированность ( $P_{11}$ ), интерес к профессии ( $P_{12}$ ), педагогическая этика ( $P_{13}$ ), педагогический такт ( $P_{14}$ ).
Опытности ( $P_2$ )	Педагогическое творчество ( $P_{21}$ ), интуиция ( $P_{22}$ ), инновационность ( $P_{23}$ ).
Психологичности ( $P_3$ )	Эрудиция ( $P_{31}$ ), продуктивное мышление ( $P_{32}$ ), достаточный объем памяти ( $P_{33}$ ), эмоционально-волевая устойчивость ( $P_{34}$ ).
Перцептивности ( $P_4$ )	Наблюдательность ( $P_{41}$ ), направленность внимания ( $P_{42}$ ), распределенность внимания ( $P_{43}$ ).
Коммуникативности ( $P_5$ )	Культура речи ( $P_{51}$ ), требуемый стиль общения ( $P_{52}$ ), культура поведения ( $P_{53}$ ).

Таблица 5. Вариант обратных связей в дидактической подсистеме СОУ ТП

Вариант	Наличие и отсутствие обратных связей
$x_1(0,0,0)$	Отсутствие всех трех видов обратных связей
$x_2(0,0,1)$	Наличие только обратной связи «технология ТП — руководитель ТП»
$x_3(0,1,0)$	Наличие только обратной связи «содержание ТП — руководитель ТП»
$x_4(1,0,0)$	Наличие только обратной связи «обучающийся ТП- руководитель ТП»
$x_5(1,1,0)$	Отсутствие обратной связи «технология ТП — руководитель ТП»
$x_6(1,0,1)$	Отсутствие обратной связи «содержание ТП — руководитель ТП»
$x_7(0,1,1)$	Отсутствие обратной связи «обучающийся ТП — руководитель ТП»
$x_8(1,1,1)$	Наличие всех трех видов обратных связей

Последнюю четвертую группу требований составляют требования к личностным характеристикам руководителя ТП (таблица 4).

Удовлетворение требованиям 2-й и 3-й групп во многом определяется наличием и устойчивостью структуры обратных связей между руководителем ТП и другими элементами дидактической подсистемы: обучающимися, содержанием ТП и технологией ТП.

Вариантов обратных связей может быть восемь, что иллюстрирует таблица 5.

Фактически выше представлена структурная часть модели руководителя ТП, включающая:

- 1) структуру основных требований к руководителю ТП: к его компетенции, знаниям, умениям и личностным характеристикам;



Рис. 1. Частная модель руководителя тренажерной подготовки по судовождению в структуре требований к нему

2) структуру обратных связей руководителя ТП с тремя элементами дидактической подсистемы СОУ ТП;

3) основу функциональной части, включающую пять компонент: гностическую, проектировочную, конструктивную, коммуникативную и организационную.

Дальнейшее проектирование структурно-функциональной модели руководителя ТП сводится к объединению понятий

«управляющее воздействие» → «руководитель ТП» → «результат ОУ ТП».

Для этого должна быть построена дискретная динамическая модель изменения качественных характеристик руководителя ТП в ходе ТП по судовождению. Можно при этом допустить, что будет иметь место некоторое конечное состояние и конечное число промежуточных состояний, определяемых названными характеристиками. Тогда дискретная динамическая модель может быть представлена как цепь переходов состояния руководителя ТП из одного фиксированного состояния в другое.

Исходя из сказанного, можно записать соотношение, связывающее эффективность ОУ ТП в виде показателя  $K_{эф}$  (1, 2) со структурой требований, представленных в таблицах 1–4 и структурой обратных связей (таблица 5)

$$K_{эф} = F_3 \{ \vec{k}, \vec{n}, \vec{s}, \vec{p}, \vec{x} \}.$$

Тогда в любой момент времени  $t$  ОУ ТП, начиная с начального  $t_0$ , может быть определено значение

$$K_{эф}(t) = F_4 \{ \vec{k}_{(t_0,t)}, \vec{n}_{(t_0,t)}, \vec{s}_{(t_0,t)}, \vec{p}_{(t_0,t)}, \vec{x}_{(t_0,t)} \},$$

что является уравнением модели изменений состояний руководителя ТП в ходе управления ее эффективностью. Следовательно, в зависимости от выраженности выделенных компетенций, знаний, умений, личностных характеристик руководителя ТП и структуры каналов обратной связи можно оценивать его деятельность и относить его к одному из уровней педагогического мастерства  $A_i$  по Н.В. Кузьминой: репродуктивному, адаптивному, локально-моделирующему, системно-моделирующему знания и системно-моделирующему поведение. Таким образом, для:

1) репродуктивного уровня

$$A_1 = (k_1 k_2 k_3 n_1 n_2 s_1 s_5 p_1 p_3 x_1);$$

2) адаптивного уровня  $A_2 = (A_1 k_5 n_3 s_6 s_7 p_2 p_4 x_3);$

3) локально-моделирующего уровня

$$A_3 = (A_2 k_4 n_4 s_2 s_4 s_8 s_9 x_4);$$

4) уровня системно-моделирующего знания

$$A_4 = (A_3 s_{10} s_{11} s_{12} p_5 x_5);$$

5) уровня системно-моделирующего поведения

$$A_5 = (A_4 s_3 x_8).$$

При управлении деятельностью руководителя ТП по судовождению со стороны организационной подсистемы СОУ ТП возможно только последовательное прохождение всех уровней от нижестоящего к вышестоящему, при этом переходы через уровень невозможны. Кроме того, для построения и исследования функциональной части модели руководителя ТП необходимо перейти от уровневому представлению его деятельности к ее представлению в виде последовательности решения типовых задач управления эффективностью ТП по судовождению. Если предположить, что реализация руководителем ТП управляющих воздействий приводит к изменению эффективности ТП, то систему управляющих воздействий нужно принимать, как объективную оценку результатов деятельности руководителя ТП относительно соответствующих показателей решения частных задач в учебной, методической, научной и воспитательной работе. Следовательно, необходимо иметь набор количественных показателей  $a_n \in A_n$ , где  $n$  – вид деятельности руководителя ТП (учебная, методическая, научная, воспитательная). Поскольку отдельные действия руководителя ТП по управлению эффективностью ТП в разной степени влияют на ее результативность, то необходимо введение весовых коэффициентов  $\varpi_n \in \Omega_n$  по каждому виду деятельности руководителя ТП.

В этом случае можно построить матрицу показателей эффективности деятельности, реализуемой руководителем ТП, которая бы показывала, изменение каких количественных показателей приводит к изменению эффективности его деятельности, т.е. получить динамику перехода руководителя ТП от низшего уровня педагогического мастерства  $A_1$  к более высокому, включая  $A_5$ , или его профессиональное совершенствование внутри каждого уровня.

Исходя из сказанного, можно записать вид показателя результативности деятельности руководителя ТП по решению учебных, методических, научных и воспитательных задач, связанных с процессом ТП

$$K_{рез} = \left\| a_n^m, \varpi_n^m \right\|, \quad (3)$$

где  $m$  — номер оцениваемого показателя.

На основании изложенного выше может быть представлена общая схема частной модели руководителя ТП по судовождению в структуре требований к нему (рис. 1) [8]:

Необходимо остановиться на ряде трудностей, которые могут возникнуть на пути практического использования данной частной модели руководителя ТП:

1. Если принять единую систему показателей  $a_n^m$  и весовых коэффициентов  $\varpi_n^m$  для всех руководителей ТП вне зависимости от их квалификации (аналогично для показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости реализации функциональных компонент), то оценки не будут объективно отражать уровень мастерства каждого. Поэтому целесообразно соотнести уровни (пусть в достаточной степени условно) с существующей оргштатной структурой (преподаватель, старший преподаватель, доцент, профессор) и/или стажем педагогической деятельности, в том числе и руководства ТП по судовождению.

2. Ясно, что введенные количественные показатели как решения функциональных, так и общих задач руководителем ТП не должны исключать использования качественных трудно формализуемых показателей творческих компонент деятельности руководителя ТП (ценность методических разработок, значимость научных работ, индивидуальный стиль педагогической деятельности и др.), которые могут быть получены известными способами контроля, анализа и оценивания.

Поскольку весовые коэффициенты  $\varpi_n^m$  могут быть определены иногда только экспертным методом, то необходимо строго соблюдать его основные положения.

## ВЫВОД

1. Построенная частная модель руководителя ТП в структуре требований к нему, действует в рамках дидактической подсистемы СОУ ТП в трех контурах: управления элементами системы ТП, самоуправления и внешнего управления со стороны организационной подсистемы.

2. Функциональная часть модели включает пять компонент: гностическую, проектировочную, конструктивную, коммуникационную и организационную, которые могут реализовываться в зависимости от ситуации управления ходом ТП.

3. Для реализации названных компонент руководитель ТП должен удовлетворять структуре установленных требований, основу которой составляют группы требований к: 1) компетенции; 2) знаниям, умениям и 3) личностным характеристикам.

4. Требуется определить содержание требований, входящих в каждую группу и получить соотношение,

связывающее эффективность ОУ ТП ее руководителем со структурой требований к нему.

5. С учетом структуры каналов обратной связи и установленных требований деятельность руководителя ТП может быть отнесена к одному из уровней «педагогического мастерства»: репродуктивному, адаптивному, локально-моделирующему, системно-моделирующему знания и системно-моделирующему поведение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина Н. В. Профессионализм деятельности преподавателя. — М.: Высшая школа, 1989. — 166 с.
2. Кузьмина Н. В., Реан А. А. Профессионализм педагогической деятельности. — СПб.: МААН, 1993. — 54 с.
3. Талызина Н. Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста. — М.: Знание, 1986. — 108 с.
4. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний. — М.: Изд-во МГУ.
5. Алексеев С. А., Алексеева Е. К. Прогноз и диагностика достигнутого качества практической подготовки специалистов ВМФ / XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)». Материалы конференции / СПОИСУ. — СПб, 2014. — С. 444–445.
6. Алексеев С. А., Алексеева Е. К. Задача агрегирования частных показателей качества объектов в интегральный показатель качества системы тренажерной подготовки специалистов по судоводждению / Журнал университета водных коммуникаций. № 3. — СПб.: ГУ МРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. — 198 с. С. 109–115.
7. Алексеев С. А., Алексеева Е. К. Задачи квалиметрии прогноза и диагностики достигнутого качества тренажерной подготовки специалистов по судоводждению. / Журнал университета водных коммуникаций № 1, 2012. С. 172–179.
8. Алексеев С. А., Алексеева Е. К. Модель системы управления качеством тренажерной подготовки специалистов по судоводждению. / Журнал университета водных коммуникаций. № 4/2010 г. С. 81–92.

© Алексеев Сергей Алексеевич, Гончар Артем Александрович, Парфенов Николай Петрович,  
Стахно Роман Евгеньевич ( piter\_rus@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский университет МВД России

# МЕТОДИКА РАСЧЁТА СТЕПЕНИ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

## METHOD OF CALCULATING THE DEGREE OF WEARING OF BRAKE PADS FOR CARS BY THE METHOD OF NEURO NETWORK MODELING

*S. Varakushin*

*Summary.* The article presents an approach to determining the degree of wear of the brake pads of a car based on the segmentation of the brake surface. Typical braking effects on brake shoe segments have been determined. The structure of the neural network model for determining the degree of wear of the brake pad segments was presented depending on the combination of brake actions. The process of learning the neural network consists in uniform redistribution of brake actions on all segments of the brake shoe for the same reduction in its thickness. For neural network simulation, the AnyLogic 7 Personal Learning Edition software package was used. A technical implementation of the brake system with segmented brake shoes was proposed.

*Keywords:* automation, control, brake pad wear, neural network modeling.

**Варакушин Сергей Александрович**

*Аспирант, Московский политехнический университет*

*Lib.mospolytech@mail.ru*

*Аннотация.* В статье представлен подход к определению степени износа тормозных колодок автомобилей на основе сегментирования тормозной поверхности. Определены типовые тормозные воздействия на сегменты тормозной колодки. Представлена структура нейросетевой модели определения степени износа сегментов тормозной колодки в зависимости от комбинации тормозных воздействий. Процесс обучения нейросети заключается в равномерном перераспределении тормозных воздействий на все сегменты тормозной колодки для одинакового уменьшения её толщины. Для нейросетевого моделирования использован пакет программ AnyLogic 7 Personal Learning Edition. Предложена техническая реализация тормозной системы с сегментированными тормозными колодками.

*Ключевые слова:* автоматизация, контроль, степень износа тормозных колодок, нейросетевое моделирование.

## Введение

**В** интересах повышения безопасности водителей и пассажиров всегда следует уделять особое внимание состоянию тормозной системы автомобиля. Одним из показателей этого состояния является степень износа тормозных колодок, в зависимости от величины которой принимается решение о последующей их эксплуатации или о срочной замене указанных расходных компонентов. Скорость износа тормозных колодок зависит от интенсивности эксплуатации транспортного средства, а также от манеры торможения, присущего данному водителю. При резких и частых торможениях возможно неравномерное соприкосновение фрикционных участков тормозных колодок и тормозных дисков, что приводит к их быстрому нагреванию, стиранию и (или) преимущественному разрушению.

Таким образом, на тормозных колодках и дисках формируются отдельные участки с большей потёртостью. К примеру, тормозные колодки могут иметь более стёртые набегающие на тормозной диск или сбегаящие с тормозного диска участки или более протёртую срединную часть тормозной поверхности. При значительных перепадах по толщине таких участков осуществля-

емое водителем экстренное торможение транспортного средства может сопровождаться скрежетами, скрипами, боковыми заносами, формированием значительных участков торможения или выходом из строя одного из контуров торможения и др. факторами, угрожающими безопасности дорожного движения. Отдельные авторы исследовали проблематику проектирования тормозных систем [1], однако, требуются новые подходы с позиции имитационного моделирования и использования для этого нейросетей. В этой связи, моделирование процессов торможения для определения степени износа тормозной колодки в зависимости от манеры езды водителя представляется актуальным.

## Концепция модели

Ядром расчётной методики будет являться имитационная модель, реализованная на принципах нейросети. Тормозные воздействия классифицируются, в основном, как набегающего и сбегаящего (краевого) воздействия; срединного воздействия; точечного воздействия; характеризуются длительностью, усилием и интенсивностью воздействия.

При устойчиво повторяющемся характере тормозных воздействий стиранию будут подвержены преиму-

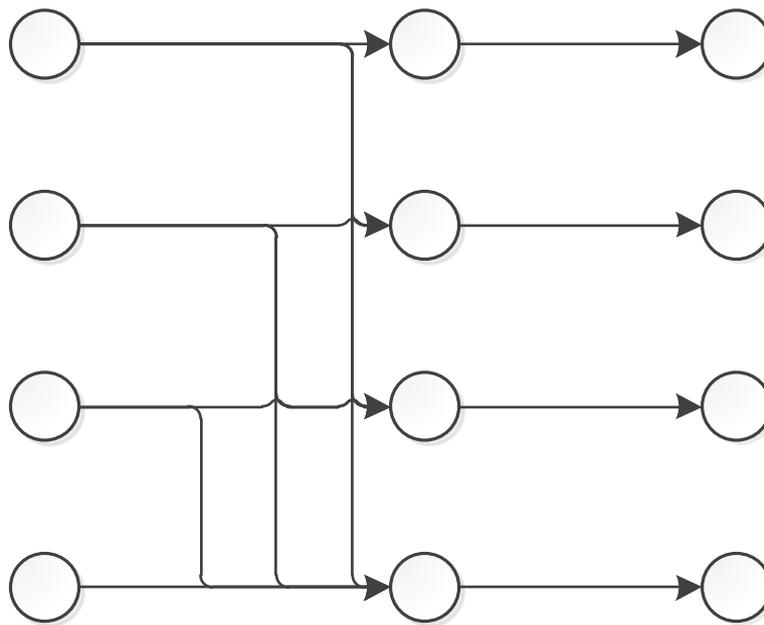


Рис. 1. Схема нейросети модели стирания сегментов тормозной колодки

щественно одни и те же сегменты тормозной колодки, что может привести к недопустимо малым значениям их толщины и замене колодки. Оптимальным решением был бы равномерный износ всех сегментов тормозной колодки. Для этой цели необходимо либо равномерно распределить тормозные усилия по всей поверхности тормозной колодки (осуществлять плавные и длительные торможения), либо осуществлять динамическую замену более стираемых на менее стираемые сегменты тормозной колодки. Последнее на настоящий момент технически не реализовано.

Рассмотрим следующие допущения.

1. Тормозная колодка будет разделена на равные квадратные сегменты, которые будут подвергаться различным тормозным воздействиям, в результате которых будет изменяться их толщина за счёт стирания фрикционной поверхности.

2. Количество тормозных сегментов равно  $n$  (в данной модели  $n = 4$ ), которые подвергаются тормозным воздействиям  $p$  различной интенсивности и продолжительности.

3. Для фрикционной поверхности тормозной колодки из 4 сегментов определены тормозные воздействия четырёх видов. Первое воздействие одинаково влияет на все 4 сегмента тормозной колодки. Второе воздействие одинаково влияет на три сегмента тормозной колодки и не влияет на четвёртый сегмент этой колодки. Третье воздействие одинаково влияет на два сегмента

тормозной колодки и не влияет на остальные сегменты этой колодки. Четвёртое воздействие влияет на один сегмент тормозной колодки и не влияет на три остальных сегмента этой колодки.

4. Влияние воздействия на отдельный сегмент тормозной колодки заключается в одинаковом уменьшении толщины фрикционной накладке по всей поверхности данного сегмента. В результате моделирования различных манер торможения путём комбинирования различных значений тормозных воздействий можно добиться в течение интервалов модельного времени неодинаковых значений толщины фрикционных накладок отдельных сегментов тормозной колодки, что будет отмечено на соответствующих диаграммах.

Концепцию данной модели можно реализовать на искусственной нейронной сети, построенной по принципу построения биологической нейронной сети или сети клеток нервной системы живого организма (Рисунок 1).

Нейросеть, как концепция, сформировалась в процессе изучения деятельности мозга и последующих попытках моделирования указанной деятельности. Учёные У. Маккалок и У. Питтс [2] были первыми, кто построил подобные сети. В последующем, предложенный метод стал применяться при решении задач прогнозирования, распознавания образов, управления и трудно формализуемых процессов [3, 4].

Искусственная нейронная сеть представлена системой взаимосвязанных процессоров (вычислительных

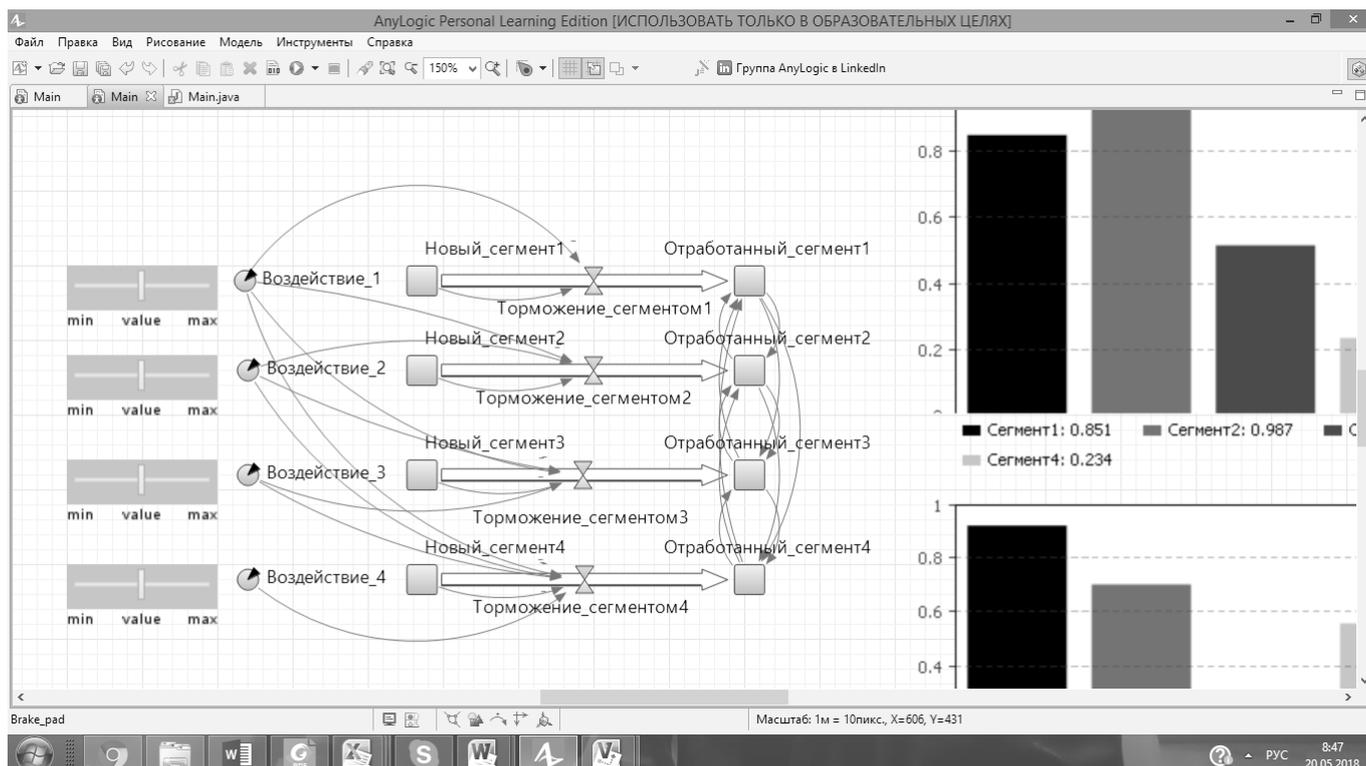


Рис. 2. Схема нейросети, реализованная в редакторе AnyLogic 7 PLE

узлов), которые можно назвать искусственными нейронами.

Каждый из процессоров рассматриваемой сети обрабатывает поступающие на свой вход сигналы и формирует сигналы, посылаемые другим, связанным с ним, процессорам. Таким образом, полученная вычислительная сеть с управляющими воздействиями, способна к выполнению трудно формализуемых задач.

### Состав модели

Входными нейронами будут являться четыре тормозных воздействия со значениями, регулируемые исследователем от минимального (0) до максимального (100%) воздействия (Рисунок 1). Скрытыми нейронами будут обозначены четыре сегмента тормозной колодки в исходном (новом) состоянии при первоначальной толщине тормозной поверхности, выходными нейронами являются четыре сегмента тормозной колодки в рабочем состоянии с уменьшившейся толщиной тормозной поверхности. Толщина каждого сегмента тормозной колодки отражается на диаграмме.

Процесс обучения данной сети будет заключаться в поиске оптимальной комбинации значений тормозных воздействий, которые должны обеспечить примерное

равенство значений изменения толщины каждого сегмента тормозной колодки.

### Реализация модели

Данная модель была реализована в программном комплексе AnyLogic 7 Personal Learning Edition (PLE) [5]. На Рисунке 2 представлена схема нейросети, реализованная в редакторе AnyLogic 7 PLE.

На первый взгляд, таким «идеальным» тормозным воздействием является первое воздействие. Однако, при вмешательстве в процесс торможения остальных тормозных воздействий баланс толщины сегментов нарушается.

Обратные связи между тормозными сегментами, должны минимизировать влияние остальных тормозных воздействий за счёт снижения их значений и увеличения первого тормозного воздействия. На практике, в простейшем приближении это может означать постепенное, плавное и длительное торможение всеми тормозными сегментами.

Однако, при неизменной агрессивной манере торможения водителя неодинаковость снашивания тормозных сегментов должна компенсироваться их автоматической

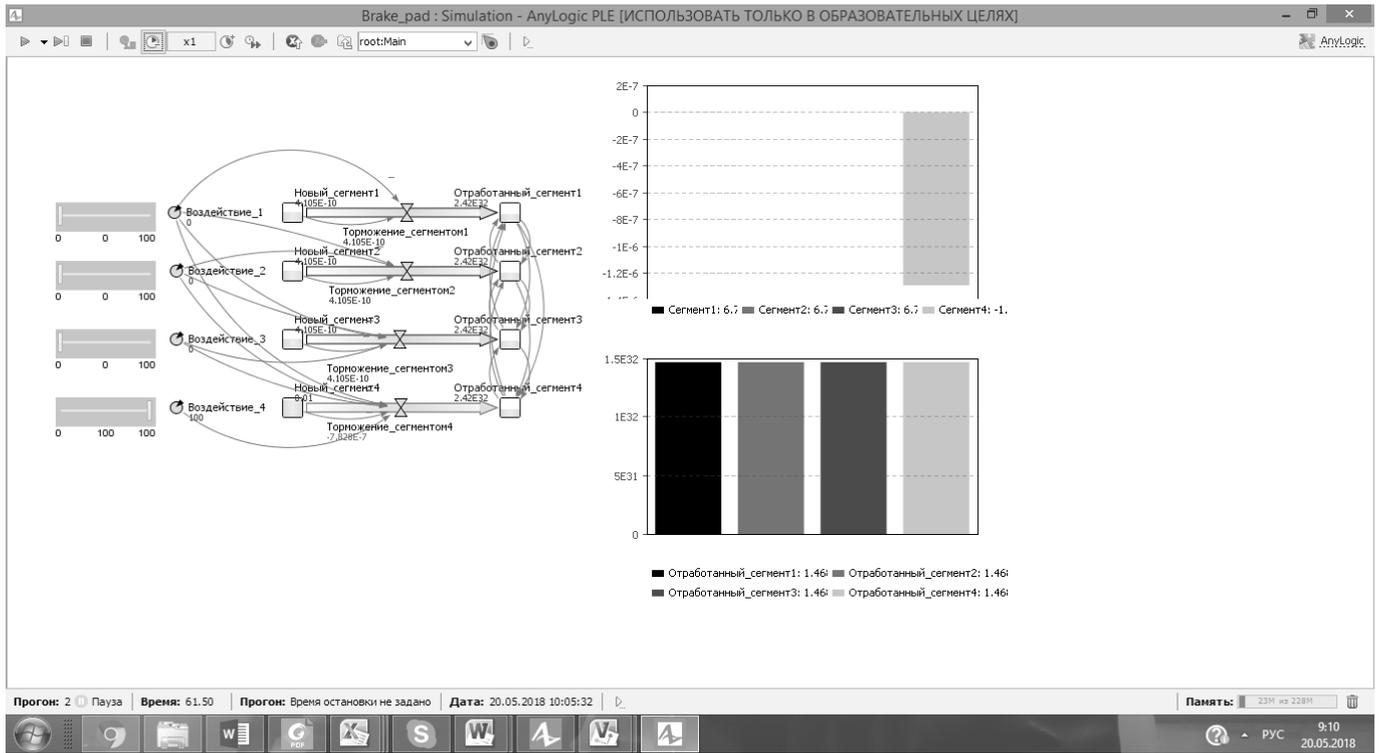


Рис. 3. Результат моделирования преимущественного стирания 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

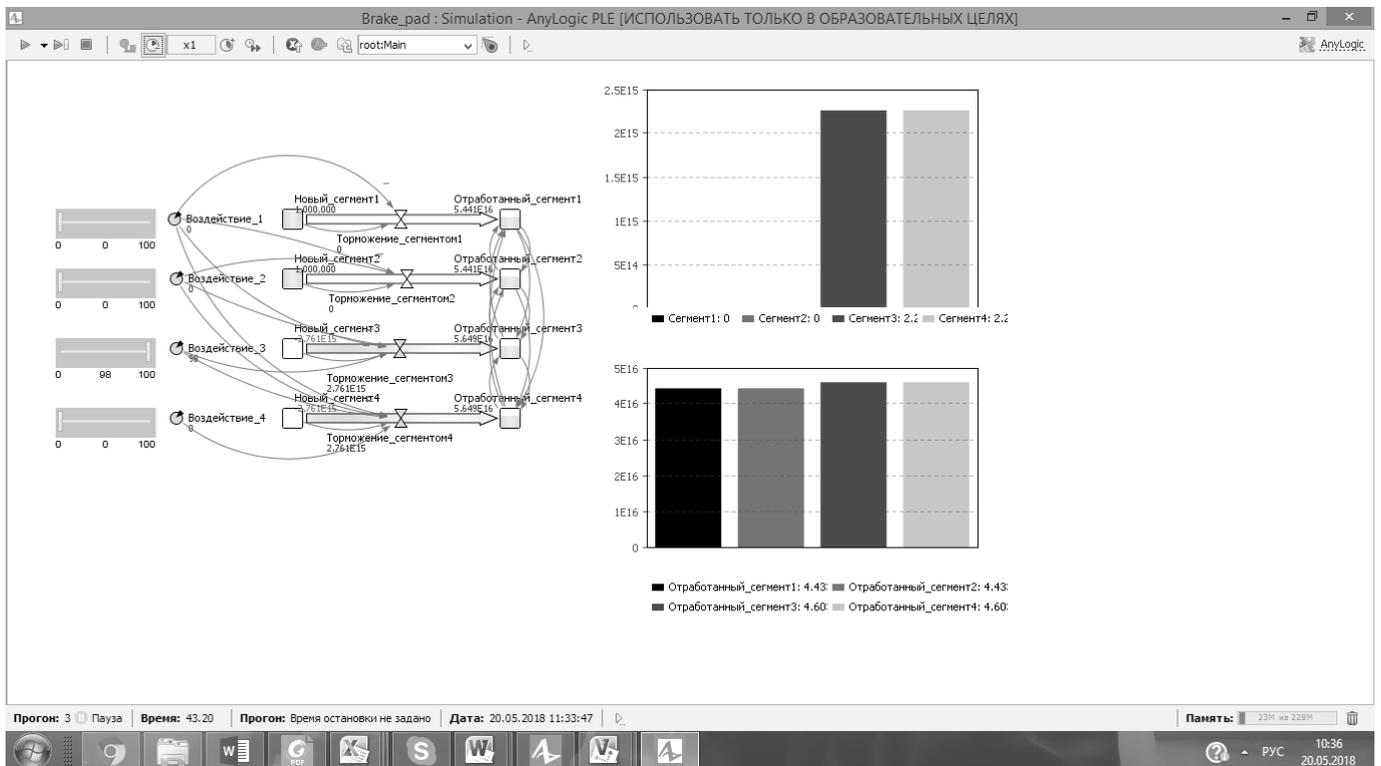


Рис. 4. Результат моделирования преимущественного стирания 3 и 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

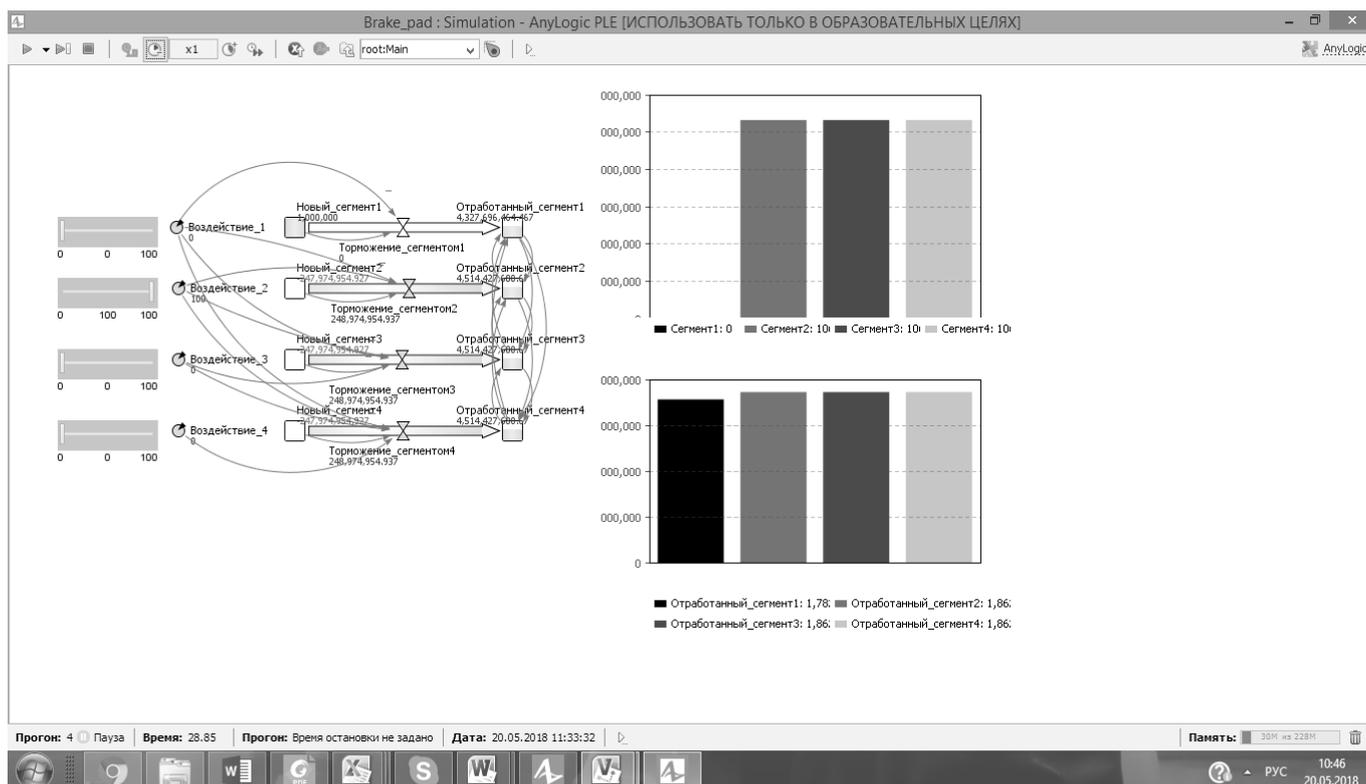


Рис. 5. Результат моделирования преимущественного стирания 2, 3 и 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

заменой их на менее изнашиваемые сегменты. К настоящему времени, ещё не разработаны тормозные колодки, которые в движении способны равномерно обеспечивать изнашивание собственных тормозных поверхностей путём динамической замены их тормозных сегментов.

### Результаты моделирования

На Рисунках 3,4,5 представлены результаты моделирования исходя из вариантов неравномерного стирания сегментов тормозной колодки.

Техническая реализация тормозной колодки с динамически меняющимися тормозными сегментами.

Как вариант такого технического решения, это могли быть тормозные колодки в форме кругов, произвольно вращающиеся относительно своих геометрических центров, что позволит в движении произвольно менять участки соприкосновения вращающихся тормозных колодок с тормозными дисками, тем самым добиваясь равномерного их изнашивания.

Более сложная техническая система будет заключаться в измерении различными датчиками (лазерными, ультразвуковыми и др.) толщины сегментов тормозной колодки.

При выявлении неодинаковых значений толщины тормозных сегментов блоком управления тормозной системы происходит формирование различных по силе давления тормозных воздействий за счёт индивидуально управляемых выдвигаемых тормозных штоков, воздействующих на соответствующий тормозной сегмент.

Существующая гидравлическая система торможения автомобиля в этой связи может не справиться с подобной задачей ввиду собственной инерционности и больших габаритов и потому может быть заменена на систему управляемых электромагнитных устройств.

### Заключение

Таким образом, обеспечение равномерного изнашивания тормозной колодки автомобиля возможно путём разделения данной колодки на равновеликие сегменты, отдельно управляемые микропроцессорной тормозной системой, регистрирующей динамику изменения толщины каждого сегмента и перераспределяющую индивидуальные регулируемые тормозные воздействия на каждый сегмент тормозной колодки путём использования электромагнитных исполнительных устройств вместо применяемого гидравлического принципа торможения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков, П.А., Федотов, Е.С., Полякова, Е. А. Метод проектирования современных тормозных механизмов с сервоусилением // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 7. С. 39–50. DOI: 10.21285/1814–3520–2017–7–39–50.
2. Мак-Каллок, У. С., Питтс, В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363–384.
3. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J. Learning Internal Representations by Error Propagation // Parallel Distributed Processing. Vol. 1. — Cambridge, MA: MIT Press, 1986. P. 318–362.
4. Калацкая Л. В., Новиков В. А., Садов В. С. Организация и обучение искусственных нейронных сетей: Экспериментальное учеб. пособие. — Минск: Изд-во БГУ, 2003. — 72 с.
5. AnyLogic 7 Personal Learning Edition 7.1.2. Билд: 7.1.2.201502051939 x64. Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/> (дата обращения 20.05.2018).

© Варакушин Сергей Александрович ( Lib.mospolytech@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПО НАСТРОЙКИ ЭКРАНА РАБОЧЕГО СТОЛА КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ ЛЮДЕЙ

## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR SETTING UP A DESKTOP COMPUTER SCREEN FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

**O. Varlanov  
G. Afanasyev  
A. Marchenko  
R. Bushuev**

*Summary.* This software is an indispensable desktop screen customizer for users with impaired vision and is supported on the operating systems of the Windows family. The program contains ready-made solutions that will help users to ensure the maximum possible comfort of work on the PC.

*Keywords:* desktop, blind people, setting.

**Варламов Олег Олегович**

*Д.т.н., профессор, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва*

**Афанасьев Геннадий Иванович**

*К.т.н., доцент, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва*

**Марченко Антон Васильевич**

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва  
mart0n@mail.ru*

**Бушуев Роман Андреевич**

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва  
prof-roman@bk.ru*

*Аннотация.* Данное программное обеспечение является незаменимым настройщиком экрана рабочего стола для пользователей персональных компьютеров с ослабленным зрением и ориентировано на операционные системы семейства Windows. Программа содержит в себе готовые решения, благодаря которым потенциальный пользователь имеет возможность обеспечить себе максимально возможный комфорт работы на персональном компьютере.

*Ключевые слова:* рабочий стол, слепые, настройка.

## Введение

Сегодня тема доступности компьютерных технологий для людей ограниченными возможностями по зрению, медленно, но верно набирает популярность. Это связано с развитием и проникновением информационных технологий во все сферы современного общества.

Вопреки данному факту, актуальной остается проблема реабилитации инвалидов, в том числе и взаимодействия слабовидящих и незрячих людей с ЭВМ. Существующие решения, называемые ассистивными технологиями [1], позволяют частично устранить социальный барьер информационного пространства.

Их можно разделить на три группы:

- 1) Масштабирование и преобразование графики;
- 2) Голосовое сопровождение;
- 3) Тактильный доступ.

Обобщение научного и практического опыта в сфере работы с инвалидами по зрению показало, что для разрушения данного барьера нужен комплексный подход, включающий всевозможные реабилитационные средства и программные обеспечения.

Рассмотрим существующие решения в самой распространенной операционной системе — Windows, версии 7.

- 1) Экранная лупа — утилита позволяющая масштабировать графику экрана, имитируя свойства обычной лупы, со способностью увеличивать изображение в 16 раз. Недостатком программы является невозможность преобразование графики и обесцвечивание изображения экрана.
- 2) Экранный диктор — программное обеспечение, которое относится к категории голосовое сопровождение, преобразует текстовую информацию в голосовую. Несмотря на свою полезность, имеет трудное управление с помощью сочетания клавиш и требует больших настроек в виде установки пакета с русской локализацией.



Рис. 1. Шеститочечная система Брайля.

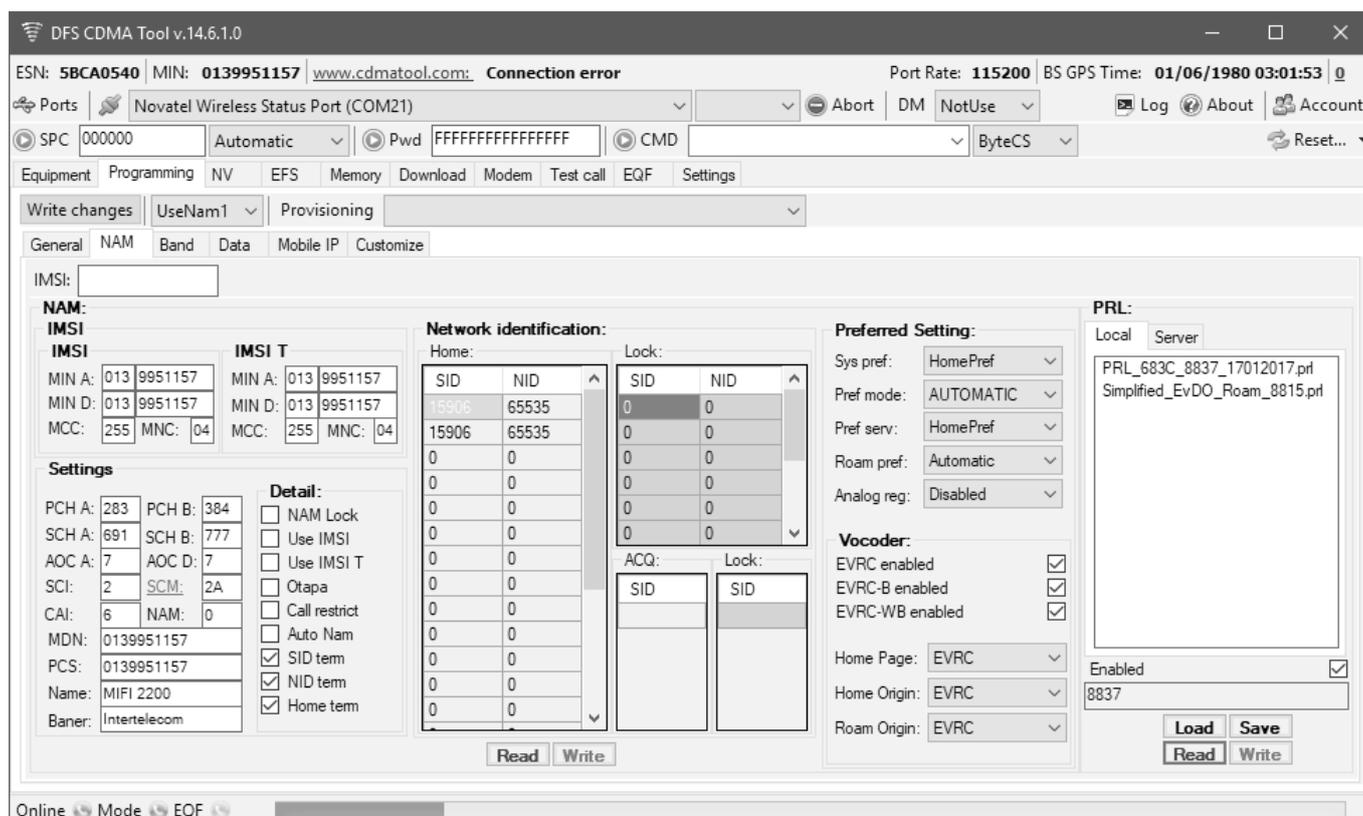


Рис. 2. Сложная структура программы.

Последнюю категорию характеризуют тактильные устройства, они не имеют прямого отношения к Windows, но имеется поддержка вывода информации на них. К ним относятся дисплеи Брайля [2], который представляет собой тактильный экран, выводящий поочередно информацию на ячейки на языке Брайля, изображенно-го на рисунке 1. Данная категория подходит для людей, которые полностью утратили способность видеть.

Перечисленные выше концепции существуют каждый отдельно друг от друга, и задачей нашего проекта являлось объединение нескольких концепций, в единый продукт, который способен значительно упростить

настройку компьютера экрана рабочего стола и распределить нагрузку глаз на органы слуха.

Проблемы создания интерфейсов для людей с ограниченными возможностями зрения.

Одной из больших проблем является отсутствие каких-либо требований по адаптации интерфейсов программ для слабовидящих людей. Опираясь на большой опыт создания WEB сайтов, было принято ориентироваться на требование ГОСТа Р 52872–2012 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению». Авторы данного ГОСТа являются сотрудниками

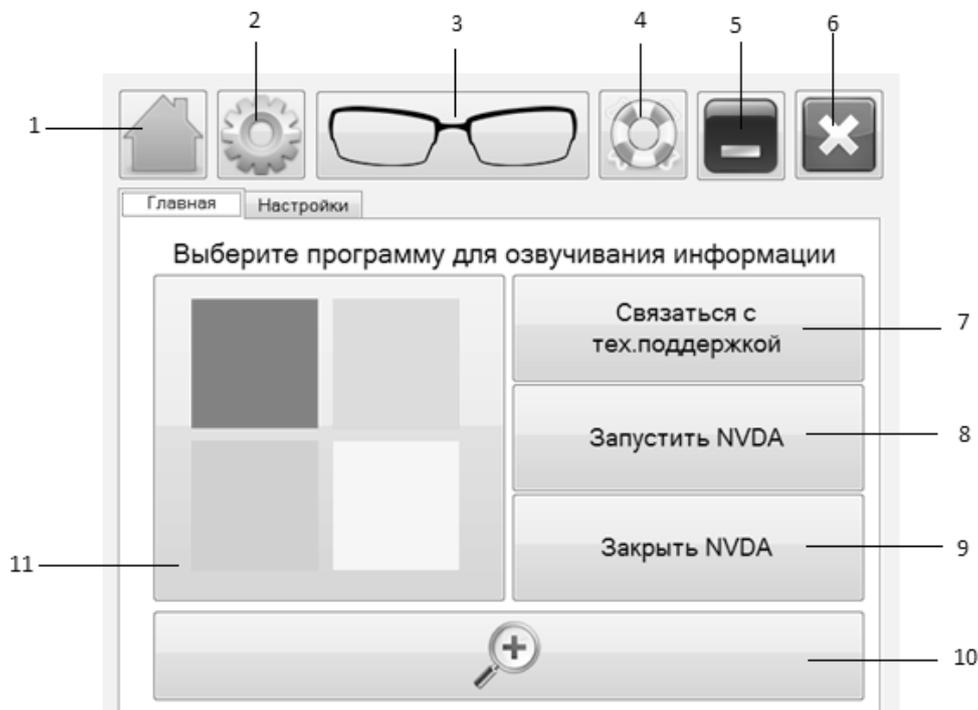


Рис. 3. Главное окно программы.

института «Реакомп» [3] который занимается проблемами реабилитации инвалидов по зрению.

Перечисленные требования были изучены и с учётом и пожеланиями опрошенных людей, имеющих проблемы по зрению, был сформирован список требований для программных обеспечений:

- 1) сопровождение изображений и видеороликов текстом;
- 2) понятная и «дружелюбная» структура программы;
- 3) возможность изменять размер шрифта;
- 4) отсутствие выпадающего меню и радио-переключателей;
- 5) голосовое сопровождение программы;
- 6) отсутствие переизбытка информацией;
- 7) единое меню навигации между модулями (окнами) программы;
- 8) минимум действий для достижения ожидаемого результата;
- 9) цветовая палитра, которая должна быть контрастной.

Данных рекомендаций необходимо и достаточно, для создания доступной программной среды, использование которой не будет вызывать непонимание как у людей с проблемами зрения, так и без них.

Наша задача не только создание помощника для людей с проблемами по зрению, но показать разработ-

чикам пример совместного использования этих рекомендаций в переплетении современного дизайна, тем самым дать массовое распространение данной концепции.

Для наглядности на рисунке 2 приведён пример плохой и плохо воспринимающей структуры программы, с нарушением вышеперечисленных рекомендаций.

#### Концепция разработки

Кодовое название разработки «Программа для ЭВМ «Настройка экрана компьютера для слабовидящих и незрячих людей», сокращенно ПО ЭВМ «НЭК».

ПО ЭВМ «НЭК» предназначено не только для слабовидящих людей, но и для тех, у кого есть или формируются проблемы со зрением. Программа производит автоматическую настройку компьютера путем применения разработанных экранных цветовых тем для Windows XP/7/8/10.

Темы Windows разработаны на основе систематизации и обобщения научного и практического опыта в области изучения Color symmetry [4] и с учетом принципа визуального контраста между прилегающими цветами. Это позволит операторам ЭВМ с ослабленным зрением работать на компьютере с максимально доступным комфортом, что, в свою очередь, снизит динамику ухудше-



Рис. 4. Настройки.

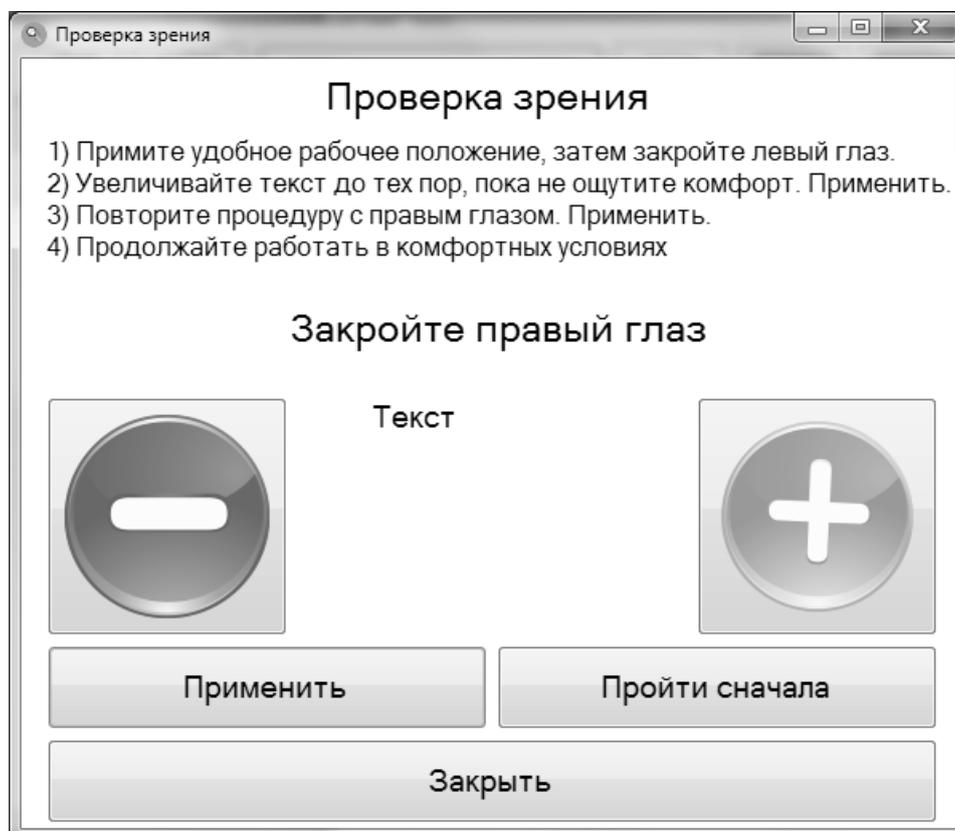


Рис. 5. Окно «Проверка зрения»

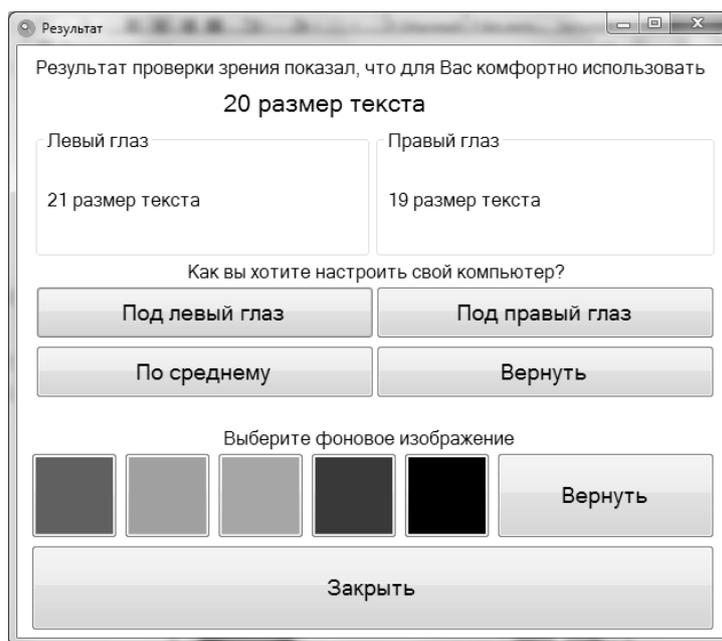


Рис. 6. Выбор параметров.

ния их зрения и позволит сохранить социальный статус в обществе.

### Описание разработки

Главное окно программы, изображенное на рисунке 3, содержит основные меню и функции, с которыми пользователь будет наиболее часто работать.

Навигацией по разделам программы являются пункты 1 — главное окно, и пункт 2 — настройки;

3 — проверка зрения;

4 — раздел помощи;

5 — сворачивает программу в область уведомлений;

6 — выход из программы;

7 — открывается окно с вариантами связи с технической поддержкой;

8 — запускается экранный диктор NVDA (Non Visual Desktop Access), который служит большим помощником для людей с сильной потерей зрения;

9 — закрывает NVDA;

10 — функция экранной лупы позволяет увеличить масштаб рабочего стола компьютера;

11 — запускает голосовое сопровождение Windows, является встроенной функцией операционных систем Windows 7/8/10.

### Настройки программы

Раздел настроек, изображенный на рисунке 2, предназначен для управления автозагрузкой программы,

увеличение контрастности с более низкой до более высокой, изменения фона рабочего стола и сброса настроек программы.

По мере совершенствования программа обрывает более гибкими настройками, позволяющими более гибкую регулировку и настройку экрана рабочего стола.

### Окно «Проверка зрения»

Одной из главных особенностей и функцией программы является внутренние алгоритмы автоматической настройки компьютера исходя из полученных результатов и анализа проверки зрения.

Пользователь в окне выбирает подходящий для него размер шрифта, фон и другие настройки, которые будут применены в системе.

В случае необходимости есть возможность возврата оформления системы в состояние по умолчанию. Данная реализация позволит сравнить изменения экрана с другими вариантами.

Управляющими являются кнопки увеличения и уменьшения текста, в зависимости от нажатия одной из них, происходит уменьшение или увеличение текста.

После прохождения пользователем проверки зрения, программа покажет результаты, а так же предложит на выбор три варианта настройки экрана (рисунок 6).

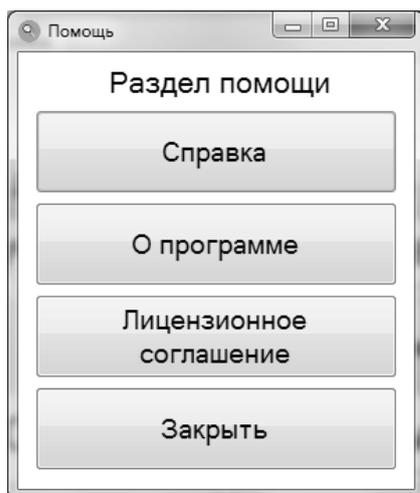


Рис. 7. Раздел помощи.

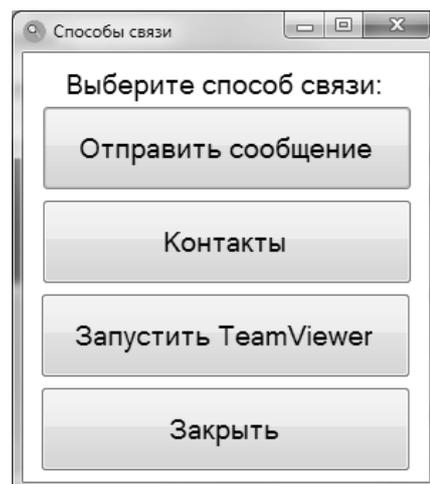


Рис. 8. Окно «Связь с технической поддержкой»

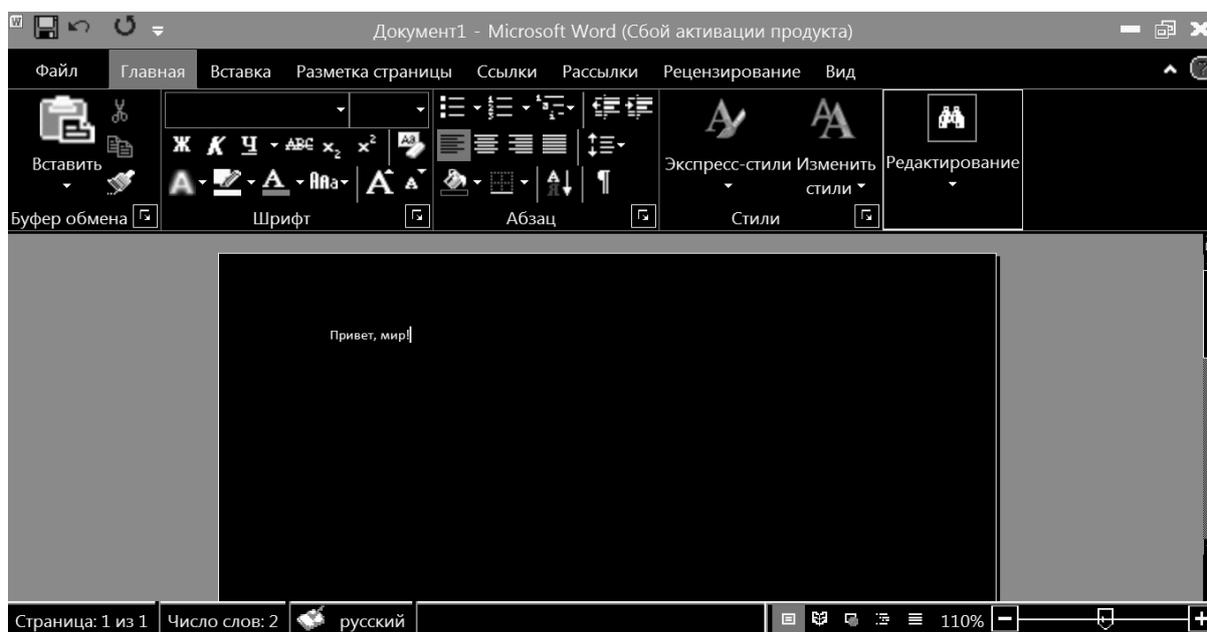


Рис. 9. Жёлтый текст на чёрном фоне.

В следующих реализациях данный раздел обрстет историей всех проверок и более подробной статистикой, на основе которой будет отслеживание изменений зрения. В случае выявления отрицательной динамики, программа незамедлительно посоветует обратиться к офтальмологу.

#### Окно «Раздел помощи»

Раздел хранит необходимую информацию о программе: лицензионное соглашение, описание работы программы, её функции и особенности (рисунк 7).

#### Окно «связь с технической поддержкой»

Данный раздел, показанный на изображении 8, позволит пользователю держать прямую связь с технической поддержкой и получать необходимую помощь. Благодаря индивидуальному идентификатору программы, больше не нужно вводить информацию о себе, компьютер определяет их сам.

Встроенная поддержка программы TeamVeawer позволит администратору технической поддержки осуществить

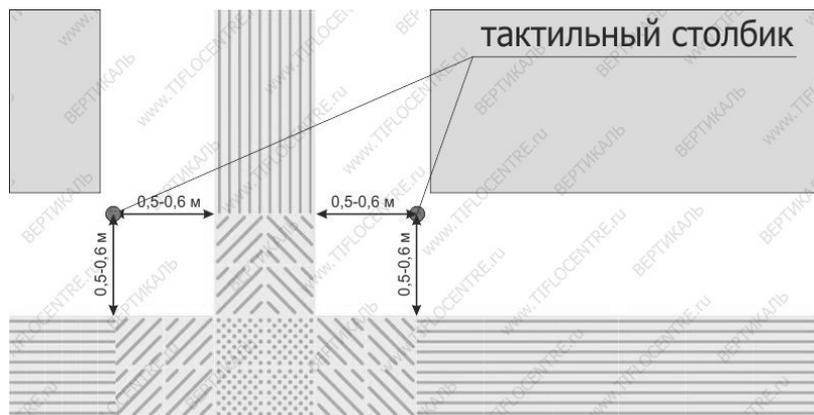


Рис. 10. Тактильная плитка.

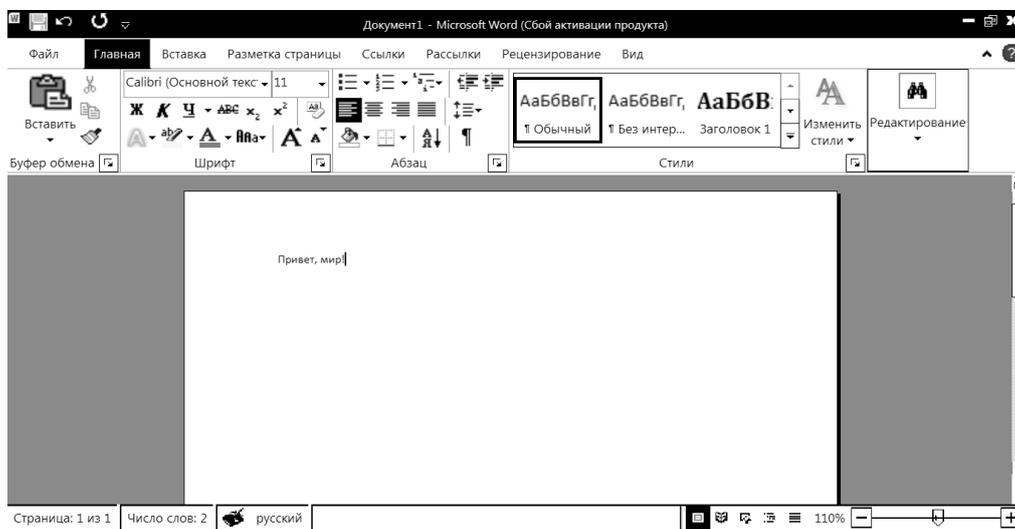


Рис. 10. Чёрный текст на белом фоне.

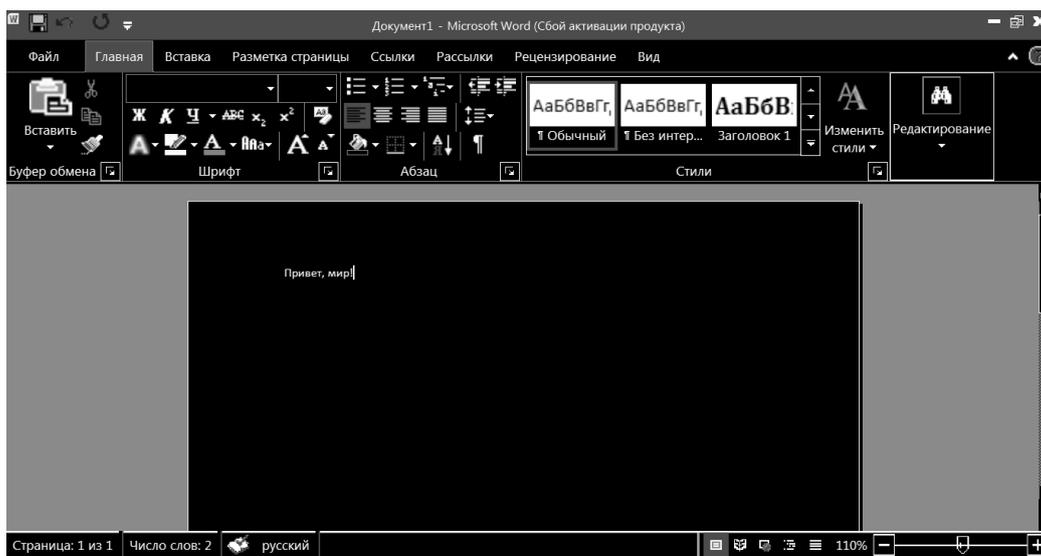


Рис. 11. Белый текст на чёрном фоне.

удаленную помощь по настройке программы и компьютера, если пользователю потребуется помощь, если данная программа на компьютере не установлена, НЭК позволит скачать и установить программу в два клика.

### Экранные дикторы

Экранные дикторы — это программы, предназначенные для перевода текстовой информации изображенной на экране компьютера в звуковую.

**NVDA** (Non Visual Desktop Access) в отличие от встроенного экранного диктора имеет открытый исходный код, что позволяет разработчикам создавать свои пакеты языков, настройки и локализацию.

### Готовые решения Windows

В программе используются настройки экрана компьютера для людей с сильной потерей зрения следующие решения:

- 1) Жёлтый текст на чёрном фоне (рисунок 9);

Использование чёрно-желтых тонов часто можно встретить в местах, повышенной опасности: края платформ, пешеходный переход, вертикальные ограждения, тактильные различные указатели, а так же тактильная плитка, уложенная в тротуар (рисунок 10).

- 2) Чёрный текст на белом фоне (рисунок 10);
- 3) Белый текст на чёрном фоне (рисунок 11).

Данные решения были разработаны совместно со специалистами всероссийского общества слепых и фонда поддержки слепоглухих «Соединение».

Заинтересованность крупного предприятия АО «МКБ «Факел» в поддержке социальных категорий и государства позволило получить свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [5], а так же апробировать программное обеспечение на территории предприятия.

В течение месяца сотрудники с различными проблемами по зрению давали свои рекомендации по улучшению и доработкам. Конечные результаты положительные и в ближайшее время программа будет опубликована для апробации всеми желающими.

### Заключение

В течение года совместными усилиями удалось разработать полезный продукт социальной направленности, который станет помощником для людей, кто много работает за компьютером. Благодаря совместной работе специалистов разных областей удалось установить опытным путем восприимчивость человеческого глаза к разным цветам, спроектировать дружелюбный интерфейс программы и воплотить его в реальность.

Программа медленно, но верно продолжает совершенствоваться и в скором времени будет доступна для общего пользования. Она будет размещена на официальном сайте правообладателя АО «МКБ «Факел».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жирнова Л. В. Ассистивные устройства и технологии в информационно-коммуникационной системе реабилитации людей с ограниченными возможностями здоровья (нарушения функций опорно-двигательного аппарата) // Медико-социальные проблемы инвалидности. 2015. № 4. С. 107–119.
2. Баранова Е. А., Гранкин С. С., Шапошникова Н. И. Многоязычное устройство вывода информации для людей с проблемами зрения // Научный вестник новосибирского государственного технического университета. 2016. № 4(65). С. 110–120.
3. Ваньшин. С. Н. Музейная среда с барьерами и без. // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. 2011. № 8. С. 31–32.
4. M.Senechal. Color symmetry // Computers & Mathematics with Applications // M. Senechal — USA: Department of Mathematics, Smith College, Northampton, 1988. — 553с.
5. ФИПС. Настройка экрана компьютера для слабовидящих людей. [Электронный ресурс] — режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663763&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2017663763&TypeFile=html) (дата обращения: 23.03.18).

© Варламов Олег Олегович, Афанасьев Геннадий Иванович,  
Марченко Антон Васильевич (mart0n@mail.ru), Бушуев Роман Андреевич (prof-roman@bk.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Гусев Михаил Николаевич

Пахомов Михаил Олегович

Рожнов Виктор Сергеевич

LG Electronics Inc., Санкт-Петербург

mikhail.gusev@lge.com

## POSITIONING OF VIRTUAL SOURCES

**M. Gusev**  
**M. Pahomov**  
**V. Rozhnov**

*Summary.* In this paper describes the formation of virtual sound sources with a given direction to the source. Virtual sources are formed using a sound system consisting of 5 speakers. The placement of the speakers is determined by the sounded space and can differ from the classical "trapezoid" arrangement. A positioning algorithm is provided preservation of the volume of the source when it rotates around of the listener. The results of an expert assessment of the accuracy of sound source positioning are presented, which confirm the effectiveness of the algorithm developed by the authors.

*Keywords:* spatial audio, virtual sound source, alarm formation

*Аннотация.* В статье рассматривается формирование виртуальных источников звука с заданным направлением на источник. Виртуальные источники формируются с помощью звуковой системы, состоящей из 5 динамиков. Расстановка динамиков определяется озвучиваемым пространством и может отличаться от классической схемы расстановки «трапеция». Предлагается алгоритм позиционирования, обеспечивающий сохранение громкости источника при вращении его относительно слушателя. Приводятся результаты экспертной оценки точности позиционирования источника звука, подтверждающие эффективность разработанного авторами алгоритма.

*Ключевые слова:* пространственный звук, виртуальный источник звука, формирование сигналов тревоги.

**В** середине XX века качество звучания монофонических систем перестало удовлетворять слушателей. Это привело к созданию и распространению многоканальных систем звуковоспроизведения. Первые многоканальные системы были стереофоническими - двухканальными. Сегодня стерео является одним из основных форматов звуковоспроизведения.

Уже сейчас многие компании предлагают переходить на использование многоканальных форматов звуковоспроизведения, утверждая, что стерео – отживший формат, т.к. с его помощью получить реальную трехмерную картину практически невозможно [1]. Это обусловлено тем, что стереофонические системы создают эффект пространственного звучания за счет синтеза виртуальных источников звука, расположенных между двумя динамиками (рисунок 1). Звуковая панорама, создаваемая стереофонической системой, получается плоской. Кроме того, она ограничена углом между направлениями на динамики.

Использование многоканальных форматов воспроизведения звука позволяет максимально приблизиться к передаче естественного звукового окружения.

Одним из основных многоканальных форматов является формат 5.1 – он поддерживается основными разработчиками и производителями, а также является частью

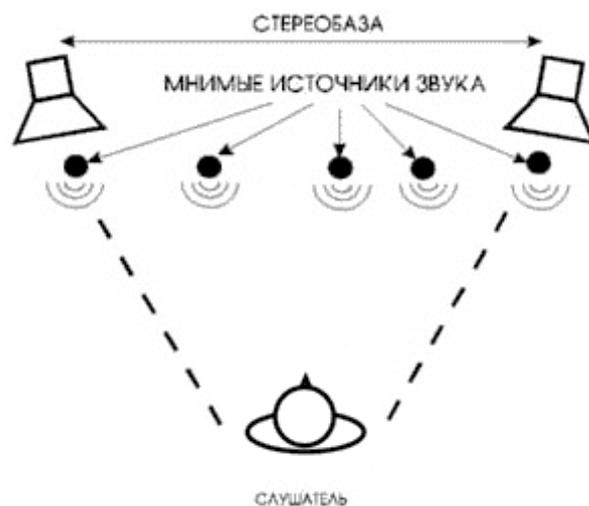


Рис. 1. Формирование виртуальных источников звука стереофонической системой

спецификаций наиболее перспективных технологий. Сочетание цифр «5.1» указывает на количество звуковых каналов и означает, что используется пять каналов с полным частотным диапазоном (левый передний, центральный, правый передний, левый задний и правый задний), а также один низкочастотный канал (с диапазоном от 3 до 120 Гц), подключаемый к сабвуферу.

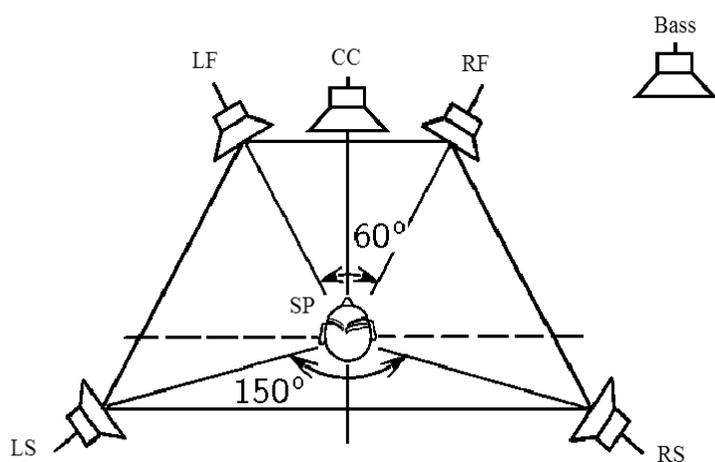


Рис. 2. Схема расстановки динамиков «трапеция»

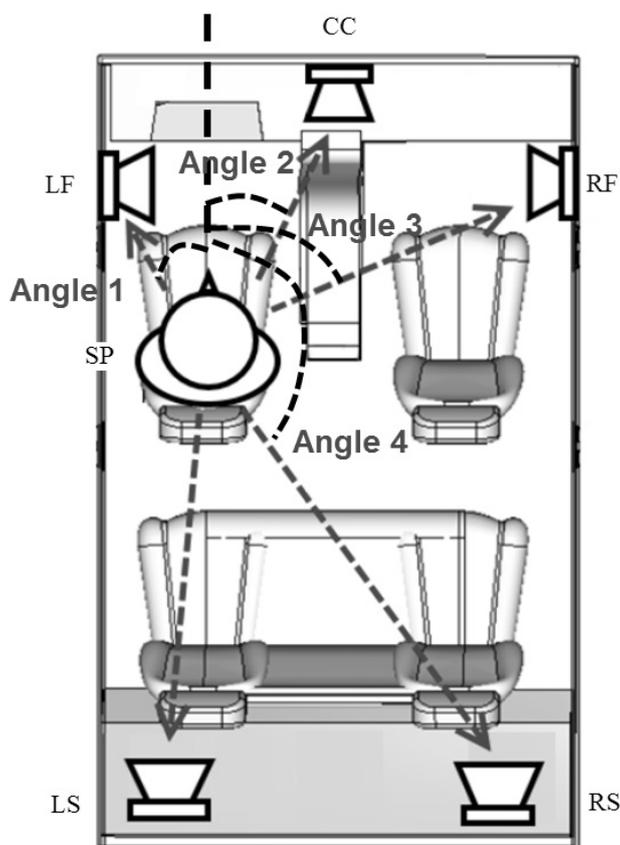


Рис. 3. Пример расположения динамиков в салоне автомобиля

### Цель работы

В данной работе мы рассматриваем генерацию сигналов тревоги в системе 5.1, воспроизводимых пользователю с направления на потенциальный источник опасности для привлечения к нему внимания. При этом

расстановка динамиков может отличаться от стандартной расстановки в соответствии со схемой «трапеция» [2] (рис. 2) и определяться конструктивными особенностями озвучиваемого помещения (например, салона автомобиля, рис. 3). Кроме того, в генерации сигнала тревоги не используется низкочастотный канал.

Таблица 1.

Имя точки	Расстояние, м	Угол, град	Громкость, дБ
	Имя значение		
Передний левый динамик (Front left, LF)	lfDistance	lfAngle	lfVolume
Передний правый динамик (Front right, RF)	rfDistance	rfAngle	rfVolume
Центральный динамик (Center, CC)	ccDistance	ccAngle	ccVolume
Задний левый динамик (Rear left, LS)	lsDistance	lsAngle	lsVolume
Задний правый динамик (Rear right, RS)	rsDistance	rsAngle	rsVolume
Точка прослушивания (Human, SP)	spDistance	spAngle	

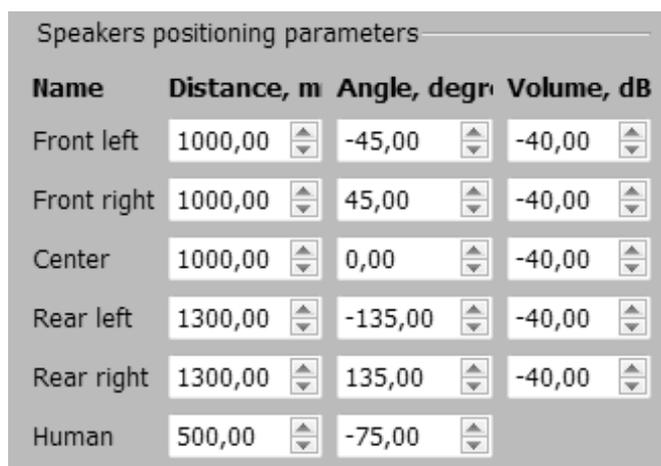
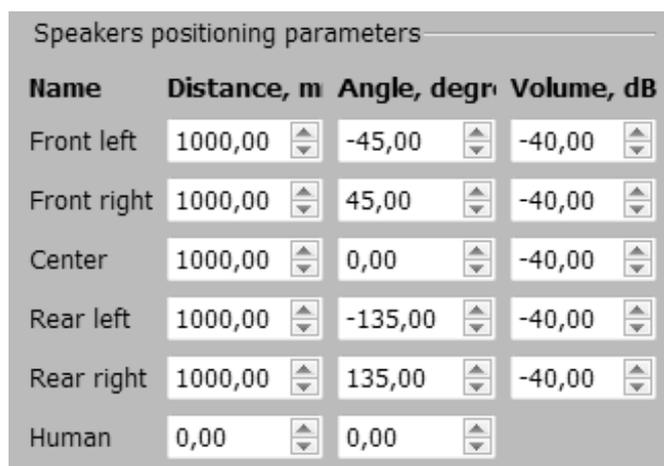


Рис. 4. Пример задания настроек расположения динамиков и слушателя

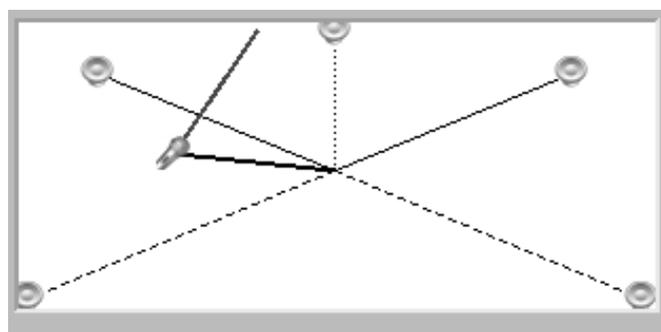
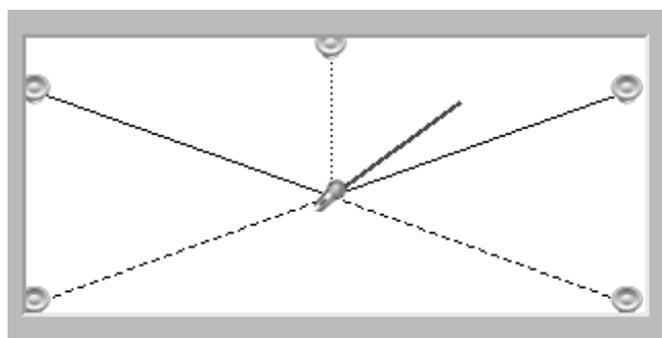


Рис. 5. Пример графического отображения схемы расположения

**Исходные данные**

Положения и громкость динамиков, а также положение слушателя задается таблицей 1:

Пример ввода настроек в разработанном программном обеспечении (ПО) представлен на рис. 4.

Также, в ПО предусмотрено графическое отображение заданной схемы расположения динамиков, слушате-

ля и направления на формируемый виртуальный источник звука (рис.5).

Пересчет угла, задаваемого в управляющей программе, в угол поворота виртуального источника, выполняется по формуле:

$$anglew = \frac{\pi * (angle + 90)}{360}$$

Для пересчета углов, задающих положение динамиков, используется формула:

$$anglePos(angle) = \begin{cases} \frac{2 * \pi * (90 - angle)}{360} & angle > 0 \\ \frac{\pi * (|angle| + 90)}{360} & angle \leq 0 \end{cases}$$

Координаты точек расположения динамиков определяются по формулам:

$$\begin{cases} x_{rf} = rfDistance * \cos(anglePos(rfAngle)) \\ y_{rf} = rfDistance * \sin(anglePos(rfAngle)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{lf} = lfDistance * \cos(anglePos(lfAngle)) \\ y_{lf} = lfDistance * \sin(anglePos(lfAngle)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{cc} = ccDistance * \cos(anglePos(ccAngle)) \\ y_{cc} = ccDistance * \sin(anglePos(ccAngle)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{rs} = rsDistance * \cos(anglePos(rsAngle)) \\ y_{rs} = rsDistance * \sin(anglePos(rsAngle)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{ls} = lsDistance * \cos(anglePos(lsAngle)) \\ y_{ls} = lsDistance * \sin(anglePos(lsAngle)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{sp} = spDistance * \cos(anglePos(spAngle)) \\ y_{sp} = spDistance * \sin(anglePos(spAngle)) \end{cases}$$

Расстояние до точки прослушивания и углы поворота спикеров относительно точки прослушивания пересчитываются по формулам:

$$\begin{cases} a_{rf} = x_{rf} - x_{sp} \\ b_{rf} = y_{rf} - y_{sp} \\ ofs_{rf} = \sqrt{a_{rf}^2 + b_{rf}^2} \\ rfAngle = \frac{180 * \operatorname{atan}\left(\frac{a_{rf}}{b_{rf}}\right)}{\pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{rs} = x_{rs} - x_{sp} \\ b_{rs} = y_{sp} - y_{rs} \\ ofs_{rs} = \sqrt{a_{rs}^2 + b_{rs}^2} \\ rsAngle = 90 + \frac{180 * \operatorname{atan}\left(\frac{a_{rs}}{b_{rs}}\right)}{\pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{cc} = x_{cc} - x_{sp} \\ b_{cc} = y_{cc} - y_{sp} \\ ofs_{cc} = \sqrt{a_{cc}^2 + b_{cc}^2} \\ ccAngle = \frac{180 * \operatorname{atan}\left(\frac{a_{rf}}{b_{rf}}\right)}{\pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{lf} = x_{sp} - x_{lf} \\ b_{lf} = y_{lf} - y_{sp} \\ ofs_{lf} = \sqrt{a_{lf}^2 + b_{lf}^2} \\ lfAngle = -\frac{180 * \operatorname{atan}\left(\frac{a_{rf}}{b_{rf}}\right)}{\pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{ls} = x_{sp} - x_{ls} \\ b_{ls} = y_{sp} - y_{ls} \\ ofs_{ls} = \sqrt{a_{ls}^2 + b_{ls}^2} \\ lsAngle = -90 - \frac{180 * \operatorname{atan}\left(\frac{a_{rf}}{b_{rf}}\right)}{\pi} \end{cases}$$

### Обеспечение равной громкости

Для обеспечения равной громкости виртуального источника звука при вращении его относительно точки прослушивания необходимо обеспечить коррекцию амплитуды сигнала, формируемого динамики в соответствии с их удаленностью от точки прослушивания и разницей амплитуд сигналов, формируемых динамиками в равных условиях воспроизведения. Амплитуды сигналов, формируемых динамиками, определяются в результате калибровочных измерений, выполняемых следующим образом:

измерительный микрофон устанавливается на расстоянии одного метра от динамика на оси, соединяющей динамик и точкой прослушивания;

воспроизводится розовый шум в диапазоне частот от 100 Гц до 8кГц [3];

уровни воспроизведения и записи фиксируются;

выполняются замеры для всех динамиков;

уровень громкости определяется как средняя RMS амплитуда.

Для учета удаленности динамиков от точки прослушивания определяется расстояние от точки прослушивания до наиболее удаленного динамика:

$$ofs_{max} = \max(ofs_{rf}, ofs_{lf}, ofs_{cc}, ofs_{rs}, ofs_{ls}).$$

После этого корректирующие коэффициенты на амплитуду формируемого сигнала, определяемые различиями удаленности динамиков от точки прослушивания, вычисляются как:

Таблица 2

Сектора	Левый	Правый
Передний	$\alpha = \frac{\alpha - lfAngle}{ccAngle - lfAngle}$ $lfCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{lf}$ $ccCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{cc}$ $lsCoef = 0; rfCoef = 0; rsCoef = 0$	$\alpha = \frac{\alpha - ccAngle}{rfAngle - ccAngle}$ $ccCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{cc}$ $rfCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{rf}$ $lsCoef = 0; lfCoef = 0; rsCoef = 0$
Боковой	$\alpha = \frac{\alpha - lsAngle}{lfAngle - lsAngle}$ $lsCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{ls}$ $lfCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{lf}$ $ccCoef = 0; rfCoef = 0; rsCoef = 0$	$\alpha = \frac{\alpha - rfAngle}{rsAngle - rfAngle}$ $rfCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{rf}$ $rsCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{rs}$ $lsCoef = 0; lfCoef = 0; ccCoef = 0$
Задний	$\alpha = \frac{\alpha - lsAngle}{-360 + rsAngle - lsAngle}$ $rsCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{rs}$ $lsCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{ls}$ $lfCoef = 0; ccCoef = 0; rfCoef = 0$	$\alpha = \frac{\alpha - rsAngle}{360 - lsAngle - rsAngle}$ $rsCoef = \cos(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{rs}$ $lsCoef = \sin(0.5 * \alpha * \pi) * vol_{ls}$ $lfCoef = 0; ccCoef = 0; rfCoef = 0$

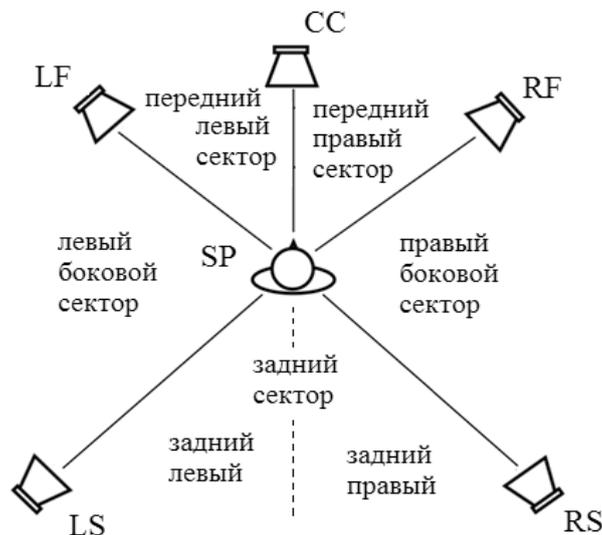


Рис. 6. Разбивка на сектора

$$vol_{rf} = \sqrt{\frac{ofs_{rf}}{ofs_{max}}}, \quad vol_{lf} = \sqrt{\frac{ofs_{lf}}{ofs_{max}}}, \quad vol_{cc} = \sqrt{\frac{ofs_{cc}}{ofs_{max}}},$$

$$vol_{rs} = \sqrt{\frac{ofs_{rs}}{ofs_{max}}}, \quad vol_{ls} = \sqrt{\frac{ofs_{ls}}{ofs_{max}}}$$

Для учета различий амплитуд сигналов, формируемых динамиками, измеренные в результате калибровочных измерений значения громкости динамиков (RMS) пересчитываются в значения амплитуд:

$$rfAmp = 10^{\frac{rfVolume}{20}}, lfAmp = 10^{\frac{lfVolume}{20}},$$

$$ccAmp = 10^{\frac{ccVolume}{20}}, rsAmp = 10^{\frac{rsVolume}{20}},$$

$$lsAmp = 10^{\frac{lsVolume}{20}}.$$

После чего находится минимальное значение амплитуды:

$$amp_{min} = \min(rfAmp, lfAmp, ccAmp, rsAmp, lsAmp)$$

В корректирующие коэффициенты амплитуд вносятся поправки, учитывающие различия громкости динамиков:

$$vol_{rf} = vol_{rf} * \sqrt{\frac{amp_{min}}{rfAmp}}, vol_{lf} = vol_{lf} * \sqrt{\frac{amp_{min}}{lfAmp}},$$

$$vol_{cc} = vol_{cc} * \sqrt{\frac{amp_{min}}{ccAmp}}, vol_{rs} = vol_{rs} * \sqrt{\frac{amp_{min}}{rsAmp}},$$

$$vol_{ls} = vol_{ls} * \sqrt{\frac{amp_{min}}{lsAmp}}.$$

Полученные значения корректирующих коэффициентов нормируются на значение максимального коэффициента.

### Формирование виртуального источника звука

Виртуальный источник формируется звуком, воспроизводимым двумя динамиками, выбираемыми исходя из того, в какой сектор (рис. 6) попадает виртуальный источник звука. Разбивка на сектора определяется расположением динамиков и выбором точки прослушивания. На рисунке представлена схема разбивки на сектора.

Дополнительно задний сектор разбивается на два подсектора (рис. 6). Это связано с тем, что положение источника в левой полуплоскости задается отрицательным значением угла поворота, а в правой – положительным. В результате, при пересечении виртуальным

источником осевой линии за точкой прослушивания происходит разрыв в значениях угла поворота, который и учитывается разделением заднего сектора на подсектора.

Поворот виртуального источника звука выполняется за счет обеспечения соответствующей разницы уровней сигналов пары динамиков. Формулы для коэффициентов усиления сигналов, соответствующих динамикам, определяются сектором (таблица 2).

Таким образом, в один момент времени звучит не более двух динамиков. А если направление на виртуальный источник звука совпадает с направлением на реальный динамик, то звучит только один динамик.

### Аудиторские испытания

Испытания проводились в специально оборудованном помещении с привлечением пяти экспертов по звуку. Звук позиционируемого виртуального источника формировался из монофонических записей двух сигналов: женского голоса и многотонального сигнала. Для каждого сигнала тестирование проводилось отдельно.

Тестирование показало, что на обоих тестовых сигналах направление на источник определяется с точностью до 15 градусов и уровень громкости источника при его вращении сохраняется.

Результаты проведенных испытаний позволяют говорить о возможности применения предложенного метода в системах формирования объемного звучания.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность заслуженному деятелю науки РФ, доктору технических наук, профессору кафедры радиосвязи и вещания СПбГУТ, Ковалгину Юрию Алексеевичу за ценные советы при планировании и проведении исследования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Иллюстрированный самоучитель по Sonar / «Железо» для SONAR, [http://fdstar.com/download/sonar\\_online/chapter%201/1.htm](http://fdstar.com/download/sonar_online/chapter%201/1.htm)
2. Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. И., Аудиотехника. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013
3. Кузнецов Роман, Методика измерений громкости активных колонок, IXBT.com, <https://www.ixbt.com/multimedia/spl.shtml>

© Гусев Михаил Николаевич, Пахомов Михаил Олегович,  
Рожнов Виктор Сергеевич (mikhail.gusev@lge.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО СЕГМЕНТА СЕТИ

## USING NEURAL NETWORKS FOR DETECTION THE LOCAL NETWORK INFORMATION SECURITY STATE

**D. Kolcherin  
S. Pecherkin**

*Summary.* the article considers the method for detection the local network information security state based on neural networks. The article identifies the local network functioning indicators that have effect to network information security. To perform the task the neural network prototype was constructed and tested. As the result it is established that the usage of neural networks can provide a high-precision conclusion of local network information security state based on the local network functioning indicators analysis. The research results can be used in practice.

*Keywords:* local networks; neural networks; information security.

**Кольчерин Дмитрий Валерьевич**

Аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург  
kol4er.dv@gmail.com

**Печеркин Сергей Андреевич**

Аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург  
pecherkin.sa@gmail.com

*Аннотация.* в статье рассмотрен метод определения состояния информационной безопасности локальной сети при помощи нейронной сети. Выделены показатели функционирования локальной сети, влияющие на безопасность. Построен прототип нейронной сети для выполнения поставленной задачи, проведены эксперименты. Установлено, что применение нейросетевых алгоритмов позволяет анализировать показатели функционирования локальных сетей и давать заключение о состоянии информационной безопасности с достаточно высокой точностью. Полученные результаты могут быть применены на практике.

*Ключевые слова:* локальные сети; нейронные сети; информационная безопасность.

## Введение

**В** современном мире локальные сети используются повсюду. На узлах любой корпоративной локальной сети практически всегда хранится какая-либо конфиденциальная информация. Кроме того, такие свойства как доступность и целостность этой информации, также часто являются ключевыми для непрерывности бизнеса. С момента появления и широкого распространения локальных сетей существовало огромное количество актуальных для них различных угроз, а с включением в такие сети беспроводных устройств их количество, а также разнообразие вариантов их реализации, только приумножилось.

Из-за кажущейся герметичности локальных сетей, вопросам их безопасности часто не уделяется достаточного внимания. Тем не менее, как бы сеть не была изолирована от внешней среды, какое бы совершенное оборудование и программное обеспечение там не применялось — недопустимо оставлять вопросы безопасности информации в такой сети без внимания и постоянного контроля. Практика показывает, что несанкционированный пользователь или программные продукты (вирусы), имеющий достаточный опыт в области системного и сетевого программиро-

вания, задавшийся целью подключиться к сети, даже имея ограниченный доступ к отдельным ресурсам, рано или поздно все равно может получить доступ к некоторым защищенным ресурсам сети [4]. Известны случаи, когда случайные сбои аппаратного или программного обеспечения значительно снижали производительность сети, и, соответственно, всех связанных систем, и при этом оставались незамеченными в течение весьма продолжительного времени, из-за чего компании несли убытки в виде неполучения прибыли. В компьютерных сетях может быть предусмотрено шифрование критически важной информации, но данный элемент защиты не всегда обеспечивает хорошие показатели функционирования сети (в частности, уменьшается скорость передачи данных по каналу связи) [1]. В связи с этим возникает необходимость в средстве, позволяющем выявлять небезопасное состояние локального сегмента сети в кратчайшие сроки для оперативного реагирования на инциденты безопасности.

## Цель работы

Разработка метода определения состояния информационной безопасности локального сегмента сети с использованием нейросетевого алгоритма.

## Базовые положения исследования

Под безопасным состоянием локальной сети будем понимать состояние, при котором выполняются условия конфиденциальности, целостности и доступности информации в этой локальной сети. Соответственно, под небезопасным состоянием локальной сети будем понимать состояние, при котором хотя бы одно из данных свойств не выполняется.

При мониторинге состояния локальной сети, в первую очередь необходимо регулярно проверять физическую доступность всего критически важного оборудования, как коммутационного, так и конечных хостов. Эта проверка может быть проведена как с помощью простых адресных запросов ко всем элементам сети, так и с помощью, например, трассировки маршрутов, и сравнении результатов с эталонными показателями. Затем необходимо проверить доступность и работоспособность всех необходимых сервисов и служб.

Кроме того, необходимо выделить некоторый набор измеримых показателей функционирования сети, на основе которого можно судить о происходящих в ней процессах. К таким показателям можно отнести:

- ◆ Время отклика оборудования или службы на адресный запрос;
- ◆ Количество терминальных устройств в сети;
- ◆ Уровень нагрузки процессоров терминальных устройств и сетевого оборудования;
- ◆ Длины пути до конкретных терминальных устройств;
- ◆ Количество исходящих и входящих пакетов конкретных терминальных устройств;
- ◆ Количество ошибок на сетевом оборудовании (например, конфликт IP-адресов);
- ◆ Количество ошибок уровня операционной системы на серверных устройствах;
- ◆ Количество ошибок уровня базы данных на серверных устройствах;
- ◆ Количество измененных прав доступа к критически важным частям системы (портам, службам, файлам и т.д.);
- ◆ Количество не доставленных пакетов;
- ◆ Количество пакетов определенного типа (например, анализирующих сетевой трафик);
- ◆ Количество пакетов, отправленных с различных устройств, сгруппированных по адресу получателя.

Рассматривая конкретные информационные системы, дополнительно можно добавить проверку специфических для них показателей, например, контроль количества сессий подключения к определенному сервису,

или количества терминальных устройств без антивирусного программного обеспечения.

Любое физическое или логическое вмешательство в структуру сети вызовет отклонение этих показателей на определенную величину. В некоторых ситуациях можно определенно говорить о небезопасном состоянии (например, если количество терминальных устройств превысило определенный максимум устройств в данной сети, мы можем сделать вывод о вторжении в сеть потенциального злоумышленника). Для этого необходимо основываясь на экспертной оценке определить критический уровень каждого возможного показателя для данной сети. В других же ситуациях необходимо провести дополнительные проверки [2].

Потенциально небезопасное состояние предлагается определять по нехарактерному отклонению показателей от статистических значений. То есть, необходимо вести постоянный мониторинг данных показателей в разных режимах работы сети, и на основе этого заполнять некоторую статистическую базу. Кроме того, если это возможно, будет полезно смоделировать инцидент информационной безопасности, например, выключение одного из серверов, между которыми распределена нагрузка, и произвести измерение показателей в данной ситуации. При нехарактерной динамике изменения показателей предлагается использовать алгоритм, основанный на нейросетевом подходе, который будет давать более точное заключение о безопасности данных в сети. Или, учитывая небольшое потребление ресурсов рассматриваемой далее нейронной сетью, возможно производить постоянный мониторинг значений показателей с её помощью.

## Теория нейронных сетей

Нейронные сети способны решать сложные практические задачи, в том числе они могут представлять собой сложную экспертную систему. В области информационной безопасности часто заключение о безопасном состоянии какого-либо объекта можно дать лишь на основе экспертной оценки, таким образом, предполагается, что применение нейронной сети может помочь автоматизировать некоторые из таких задач.

Нейросетевые технологии основаны на том, что естественные биологические нейроны можно моделировать достаточно простыми искусственными автоматами, а гибкость, присущая мозгу при обработке различных видов информации, определяется не самими нейронами, а соединяющими их связями. То есть вся логика и память нейронной сети определяется структурой и свойствами её связей. В то же время каждая отдельная связь так же является простейшим элементом,

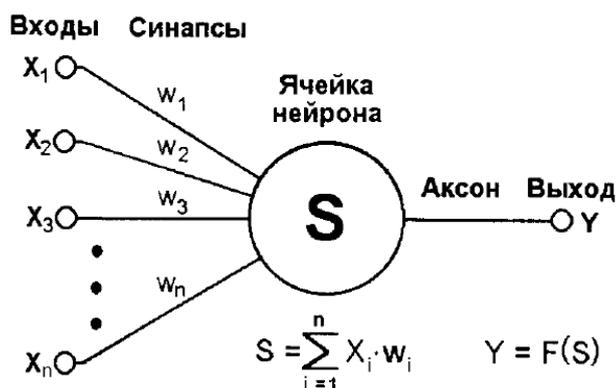


Рис. 1. Искусственный нейрон

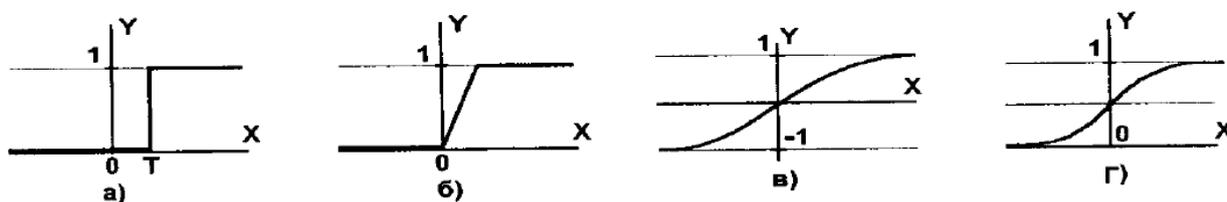


Рис. 2. Основные виды активационной функции:  
 а — функция единичного скачка; б — функция линейного порога;  
 в — функция гиперболического тангенса; г — сигмоидная функция (формула 2)

и служит лишь для определенного обмена сигналами. При построении нейронной сети процесс программирования заменяется процессом обучения, который, в зависимости от конкретной системы, может быть проведен как человеком (учителем), так и некой имитационной моделью.

Нейронная сеть — это сеть с конечным числом слоев из однотипных элементов — аналогов нейронов с различными типами связей между слоями [3]. При этом число нейронов в слоях выбирается исходя из необходимости обеспечения заданного качества решения задачи, а количество слоев — как можно меньшее, так как их количество имеет прямо пропорциональное влияние на время решения задачи.

Искусственный нейрон повторяет по своей структуре биологический нейрон, и имеет структуру, представленную на рисунке 1.

Синапсы — однонаправленные входные связи нейрона, имеющие определенный вес, соединенные с аксонами других нейронов. Аксон — однонаправленная выходная связь нейрона, которая соединяется с синапсами следующих нейронов. Для получения выходного сигнала каждый входной сигнал перед поступлением в нейрон умножается на вес соответствующего синапса,

называемый синаптической силой, затем в самом нейроне суммируются значения всех полученных сигналов, и к полученному значению применяется активационная функция нейрона. Таким образом, алгоритм действия нейрона соответствует формуле 1.

$$Y = F\left(\sum_{i=1}^n X_i \cdot w_i\right) \quad (1)$$

Функция F называется активационной и может иметь различный вид в зависимости от требований сети и решаемой задачи. Стоит также учесть, что у различных нейронов в сети может быть различная активационная функция, в таком случае нейронная сеть называется гетерогенной. В противном случае, если активационная функция одинакова для всех нейронов сети, такая сеть называется гомогенной. Основные виды активационной функции представлены на рисунке 2 [3].

Одной из наиболее распространенных является сигмоидная функция (рисунок 2.г), соответствующая формуле 2. Её ценные свойства заключаются в том, что при изменении коэффициента  $\alpha$  мы можем управлять её кривизной, а кроме того она является дифференцируемой на всей оси абсцисс, и имеет простое выражение для производной (формула 3).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (2)$$

$$f'(x) = \alpha f(x)(1 - f(x)) \quad (3)$$

Если нейронная сеть достаточно сложна, чтобы подбирать веса синапсов каждого нейрона, необходим процесс обучения сети. Один из самых распространенных — метод обратного распределения ошибки. Нейронные сети, обучаясь на обучающих выборках, настраивают свои адаптивные внутренние коэффициенты для минимизации расхождения между выходными сигналами сети и эталонными значениями и затем могут интерполировать и экстраполировать аппроксимированную зависимость [5]. Для его применения необходим некоторый набор входных данных, для которых известен ожидаемый результат. В процессе обучения данные из этого набора в случайном порядке подаются на вход нейронной сети, и, если выходные значения не соответствуют ожидаемым, производится корректирование весов синапсов. Одна итерация, в течение которой обрабатываются все наборы данных, составляет одну эпоху обучения. Типичная длительность обучения зависит от конкретной задачи и может составлять от десятков до нескольких десятков тысяч эпох.

Корректировка весов происходит следующим образом: на начальном этапе всем синапсам сети устанавливаются некоторые случайные достаточно малые веса; при несовпадении результата работы нейронной сети с ожидаемыми значениями на каждом из выходных нейронов по формуле 4 рассчитывается значение ошибки E.

$$E = Y_{\text{актуальное}} - Y_{\text{ожидаемое}} \quad (4)$$

Затем по формуле 5 рассчитывается значение  $\Delta w$ , которое будет использоваться для изменения весов синапсов данного нейрона, и по формуле 6 вычисляется новое значение веса каждого синапса.

$$\Delta w = E \cdot f'(x), \quad (5)$$

$$w_i = w_i - Y_{n-1} \cdot \Delta w \cdot \eta, \quad (6)$$

где  $w_i$  — вес рассматриваемого синапса,  $Y_{n-1}$  — выходной сигнал предыдущего нейрона, с аксоном которого соединен рассматриваемый синапс,  $\eta$  — параметр нейронной сети, обозначающий её скорость обучения, который подбирается эмпирически в процессе обучения сети, удовлетворяющий условию  $0 < \eta < 1$ .

Далее происходит переход по синапсам в обратном направлении, то есть к предыдущему слою нейронов,

и все действия повторяются, за исключением формулы вычисления ошибки — она заменяется на формулу 7.

$$E = w_i \cdot \Delta w, \quad (7)$$

где  $w_i$  — новый вес синапса, по которому мы перешли,  $\Delta w$  —  $\Delta w$  с предыдущего шага. Таким образом, используя формулы 5 и 6 уже для текущего нейрона, можно скорректировать веса его синапсов.

Кроме того, после каждой эпохи мы можем вычислить значение ошибки всей нейронной сети по формуле 8.

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_i E_i = \frac{1}{2} \sum_{i,k} (F_{i,k} - Y_{i,k}^{(T)})^2, \quad (8)$$

где  $F_{i,k}$  — значение выходного сигнала k-го выходного нейрона сети при подаче на её входы i-го набора обучающих данных,  $Y_{i,k}^{(T)}$  — требуемое значение выходного сигнала k-го выходного нейрона сети при подаче на её входы i-го набора обучающих данных. Весь процесс обучения направлен на минимизацию значения данной ошибки.

### Метод определения состояния информационной безопасности

Задача рассматриваемой нейронной сети — определение состояния информационной безопасно локального сегмента сети. Таким образом, в результате своей работы, нейронная сеть должна выдать один из двух вариантов: безопасное или небезопасное состояние. Теоретически, для этой задачи достаточно одного выходного сигнала логического типа, однако, для повышения надежности работы нейронной сети предлагается повысить количество выходных сигналов до двух, каждый из которых будет означать определенное состояние, то есть относить набор входных данных к классу безопасных или небезопасных состояний.

В качестве входных сигналов предлагается использовать значения логического типа, для чего возможный диапазон значений каждого анализируемого параметра работы локального сегмента сети необходимо разделить на некоторое количество отрезков, зависящее от спецификации конкретной локальной сети и необходимой точности работы нейронной сети. Таким образом, только один вход каждого параметра будет активен (равен 1) для одного набора данных.

В ходе проведения экспериментов выяснилось, что двухслойная нейронная сеть при такой организации входных и выходных сигналов не справляется с поставленной задачей (более 30% тестовых данных выдавали

Таблица 2. Анализируемые показатели функционирования сети

№	Название	Значение при нормальном функционировании	Диапазоны значений
1	n — количество устройств в сети	$20 \leq n \leq 30$	$n < 20$ $20 \leq n < 24$ $24 \leq n < 27$ $27 \leq n \leq 30$ $n > 30$
2	p — общее количество пакетов в сети в секунду	$500 \leq p \leq 1500$	$p < 300$ $300 \leq p < 500$ $500 \leq p < 800$ $800 \leq p < 1200$ $1200 \leq p \leq 1500$ $1500 < p \leq 2000$ $p > 2000$
3	e — количество ошибок уровня базы данных на серверных устройствах в минуту	$0 \leq e \leq 10$	$0 \leq e < 7$ $7 \leq e \leq 10$ $10 < e \leq 15$ $e > 15$

некорректный результат при любых параметрах обучения), вследствие чего предлагается использовать трёхслойную нейронную сеть с двумя выходными сигналами (2 нейрона на последнем уровне) и  $n_h$  нейронами на каждом из остальных двух уровней, где  $n_h$  — количество анализируемых параметров сети, каждый из которых имеет один или более вход (общее количество входных сигналов n). В качестве активационной функций нейронов предлагается использовать распространённую сигмоидную функцию с коэффициентом  $\alpha = 1$ . Значение выхода  $Y_i$  предлагается определять по формуле 9.

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } F_i^{\text{out}} \geq 0.5 \\ 0, & \text{если } F_i^{\text{out}} < 0.5 \end{cases} \quad (9)$$

где  $F_i^{\text{out}}$  — значение выходного сигнала соответствующего нейрона.

Схема данной нейронной сети представлена на рисунке 3.

Актуальное состояние информационной безопасности локального сегмента сети предлагается определять по таблице 1.

Для обучения нейронной сети необходимо получить достаточно большое множество наборов значений анализируемых параметров, для которых доподлинно известно состояние информационной безопасности локального сегмента сети в соответствующий момент времени, при чем данное множество обязательно должно содержать как данные о значениях показателей при нахождении сети в безопасном состоянии, так и при нахождении в небезопасном состоянии. Мощность данного множества прямо пропорционально зависит от количества анализируемых показателей. Кроме того, для проверки качества обучения нейрон-

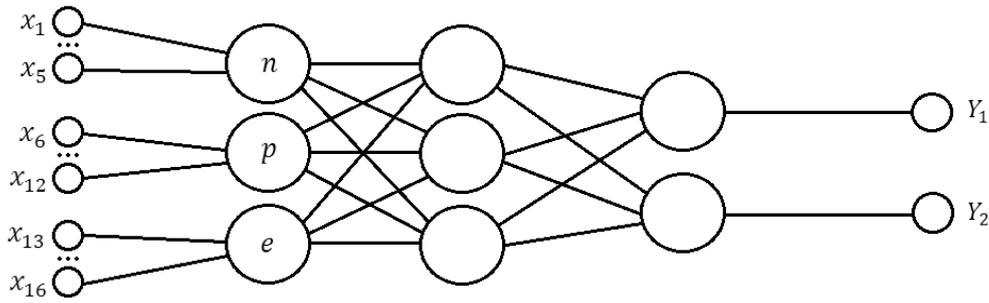


Рис. 4. Структура полученной нейронной сети

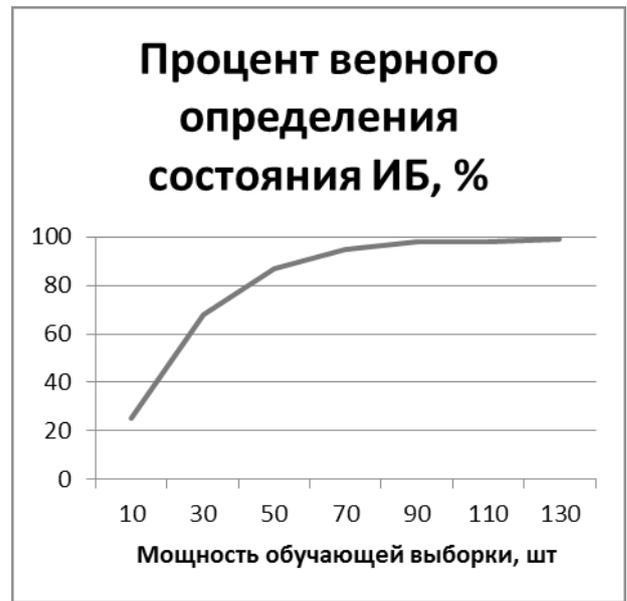
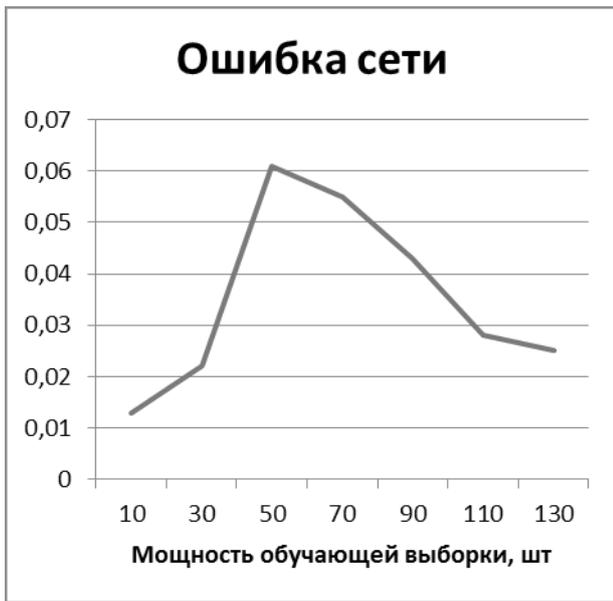


Рис. 5. Результаты обучений нейронной сети

ной сети, необходимо множество тестовых наборов значений показателей, для которых так же известно состояние информационной безопасности локального сегмента сети.

### Экспериментальные данные

Для примера была рассмотрена нейронная сеть, анализирующая три параметра работы локального сегмента сети. Были выделены диапазоны значений данных показателей при нормальной работе сети, а также рассмотрено отклонение этих показателей при инцидентах информационной безопасности. На основании этих данных диапазон значений каждого показателя был разбит на отрезки, в результате чего рассматриваемая нейронная сеть должна иметь 16 входов. Данная информация представлена в таблице 2.

Структура полученной нейронной сети представлена на рисунке 4.

Исходя из представленных выше данных, данная сеть имеет 140 вариантов корректных входных наборов данных. Для каждого из этих наборов было определено состояние информационной безопасности локального сегмента сети. В процессе обучения из этих 140 наборов случайным образом выбиралось определенное количество наборов для обучения, кроме того эмпирическим путем были подобраны значения количества эпох (2000) и параметра скорости обучения ( $\eta = 0.1$ ). Для тестирования же использовались все возможные наборы.

Результаты обучения нейронной сети представлены на графиках зависимости результирующей ошибки сети после обучения и процента верного определения состояния информационной безопасности от мощности обучающей выборки (рисунок 5). Низкое значение ошибки сети при малой мощности обучающей выборки обуславливается тем, что нейронной сети легко приспособиться к определению малого количества вариантов входных данных, при этом процент верного определе-

ния тестовых данных находится на достаточно низком уровне. В то же время, самые высокие значения ошибки при среднем количестве данных в обучающей выборке имеют место из-за разрозненности данных, то есть нейронной сети сложнее построить верное соответствие входных данных верным выходным данным.

## Результат

Результатом работы является метод определения состояния информационной безопасности локального сегмента сети, основанный на анализе показателей

функционирования сети. Мониторинг значений таких показателей не требует значительного количества вычислительных ресурсов, но в то же время своевременное выявление их отклонения от условно нормальных значений дает нам сведения о проблемном узле и основания для дополнительных проверок с использованием нейросетевого алгоритма, который, при условии правильного обучения, в абсолютном большинстве случаев делает верное заключение о состоянии информационной безопасности, что, несомненно, важно для оперативного реагирования на инциденты безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Варлатая С. К., Шаханова М. В. Защита информационных процессов в компьютерных сетях. Учебно-методический комплекс. М.: Проспект, 2015. — 216с.
2. Кольчери́н Д.В., Лебедев И. С. Метод выявления потенциально небезопасного состояния локального сегмента сети // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/4998/4998.pdf>, своб. (дата обращения: 07.06.2018)
3. Комашинский В.И., Смирнов Д. А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003—94 с.
4. Палмер Майкл, Синклер Роберт Брюс. Проектирование и внедрение компьютерных сетей. Учебное пособие 2-издание. СПб.: BHV, 2004. — 752с.
5. Царегородцев В. Г. Конструктивный алгоритм синтеза структуры многослойного персептрона // Вычислительные технологии, 2008. Т. 13 — Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, серия «математика, механика, информатика», 2008. № 4 (59). (Совм. выпуск). Часть 3. — с. 308–315.

© Кольчери́н Дмитрий Валерьевич (kol4er.dv@gmail.com), Печеркин Сергей Андреевич (pecherkin.sa@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

# РАЗРАБОТКА, ТЕСТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ШИФРАТОРА С ПЕРЕМЕННОЙ ФРАГМЕНТАЦИЕЙ БЛОКА ДЛЯ ПРОТОКОЛА БЕЗОПАСНОГО ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ

**Митрашук Владимир Владимирович**

Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
rtimidalv@gmail.com

## TESTING AND ESTIMATION OF ENCRYPT QUALITY WITH ALTERNATING BLOCK FRAGMENTATION FOR THE PROTOCOL OF SECURE DATA EXCHANGE

**V. Mitrashchuk**

*Summary.* The increase in computing power and the ubiquitous proliferation of computers, the emergence of the Internet of things (IoT), distributed networks and other new technologies makes us think more and more about improving the means of protecting information. The present encrypt must provide the ability to configure not only a unique key, but also free parameters of the algorithm. Popular and common symmetric ciphers, at best, use table replacements of 4–8 bits for this. It is necessary to develop and research algorithms that perform substitution with alternating block fragmentation. This will help extend the variability of the substitution for irreducible polynomials by combining and rearranging sub-blocks of variable length. The paper shows an improved encryption algorithm with alternating block fragmentation of the secure communication protocol unit, which meets the criteria described above, for which testing and performance evaluation was performed to establish cipher characteristics. All the results were obtained with the help of the developed cross-platform encryption program for Linux, ARMhf and Windows using the encryption of files on the computer. The speed of the encryption is estimated by the encrypt program, starting and stopping the timer before and after the encryption function is executed. The quality of the ciphertext is determined by two powerful tests, one of them (graphic) was finalized for the purpose of interpretation by the program. The encrypt speed is determined to be 120 kilobytes/s. Recommendations on the encrypt program configuration and chaotization characteristics for various cipher elements are formulated. The encryption showed better results than other solutions [9], showing the results of randomizing the graphical test for 1 round instead of 3 rounds. The comparison was conducted with the results that the authors provided. The necessity of introducing the third criterion is substantiated. The proposed solution can be used to protect the telemetry of IoT devices, drones, smart home systems; protection of voice communications, messages, files. It can also be used for video transmission in the presence of multi-core processors

*Keywords:* information encryption, transmission protocol, secure data exchange, symmetrical key, alternating block fragmentation, testing and estimation.

*Аннотация.* Увеличение вычислительной мощности и повсеместное распространение компьютеров, появление Интернета вещей (IoT), распределенных сетей и других новых технологий заставляет все больше задумываться о совершенствовании средств защиты информации. Настоящий шифратор должен предоставлять возможность конфигурирования не только уникального ключа, но и свободных параметров алгоритма. Популярные и распространенные симметричные шифры, в лучшем случае, используют для этого таблицы замен из 4–8 бит. Необходимо вести разработку и исследование алгоритмов, которые осуществляют замену подблоками переменной длины, чтобы определить область их применения. Это поможет расширить вариативность замены по неприводимым многочленам при помощи комбинирования и перестановки подблоков переменной длины. В работе показан улучшенный алгоритм шифрования с переменной фрагментацией блока протокола безопасного обмена информацией, соответствующий критериям, описанным выше, для которого проведено тестирование и дана оценка качества работы с целью установления характеристик шифра. Все результаты были получены при помощи разработанной кросс-платформенной программы-шифратора для Linux, ARMhf и Windows при помощи шифрования файлов на компьютере. Оценка скорости выполнения шифрования производит программа-шифратор, запуская и останавливая таймер до и после выполнения функции шифрования. Качество шифртекста определяется по двум мощным тестам, один из них (графический) был доработан с целью возможности интерпретации программой. Определена скорость шифратора — 120 килобайт/с. Сформулированы рекомендации по конфигурации шифратора и характеристики хаотизации для различных элементов шифра. Шифратор показал результаты лучше, чем у других решений, продемонстрировав результаты хаотизации графического теста за 1 раунд вместо 3 раундов. Сравнение проводилось с результатами, которые предоставили авторы, подробнее изложено в основном тексте статьи. Обоснована необходимость внедрения третьего критерия. Предлагаемое решение может быть использовано для защиты телеметрии приборов IoT, беспилотников, систем умного дома; защиты голосовой связи, сообщений, файлов. Возможно использование и для передачи видео при наличии многоядерных процессоров.

*Ключевые слова:* шифрование информации, протокол передачи, безопасный обмен данными, симметричный ключ, переменная фрагментация блока, тестирование и оценка.

## Введение

**Н**еобходимость в защите информации присутствует практически в любой сфере деятельности, разница обычно состоит лишь в количестве средств, которые субъект готов затратить на защиту своих данных. Стоимость не единственный аспект, с которым столкнется любой, кто желает обеспечить защиту информации. Вторая проблема — это надежность существующих решений, независимо от их цены.

С течением времени способы защиты информации совершенствовались и становились более технологичными, также, как и способы преодоления защиты [1–9]. Но желание достичь такой реализации системы безопасности, которая будет обеспечивать абсолютную безопасность, существовало всегда. Особенно это актуально для вопроса криптографической защиты информации. Шифрование данных сегодня — это выбор между ресурсоемкостью алгоритма и его надежностью. Все попытки приблизиться к абсолютно безопасному шифрованию данных и их передаче сводились к практически не реализуемым или бессмысленным вещам.

В случае симметричного шифрования, можно добиться такой надежности шифра, что, теоретически, при полном переборе всех возможных ключей будет получаться огромное множество логически связанных сообщений, определить какое из них истинное ни злоумышленник, ни компьютер не сможет. Даже сообщения, имеющие известный формат пакета протокола передачи данных, после перебора всего множества и фильтрации полученных данных по известной структуре, все равно, в поле данных будут оставлять достаточное множество вариаций, если у пакета небольшая длина (а большая длина для пакетов протокола обычно и не требуется).

Угроза расшифровки может появиться при накоплении большого количества пар открытого и зашифрованного текста, но получить такие пары злоумышленник сможет только на вычислительных машинах, которые будут производить шифрование, а этого можно избежать. Но и в таком случае возможно создать такой алгоритм симметричного шифрования, который после нескольких раундов будет давать непредсказуемые результаты, иначе говоря, закономерности будут практически отсутствовать, даже нейронная сеть не сможет их определить в достаточном качестве для восстановления исходной информации. Для защиты от подобной атаки в алгоритм можно добавить сцепку блоков, например, с вектором инициализации.

Симметричный алгоритм шифрования с переменной фрагментацией блока, который сможет выполнить требования, описанные выше, будет рассмотрен далее.

Ключи такого алгоритма смогут иметь небольшую длину при сохранении требуемой надежности шифрования.

В работе [10] впервые в открытой печати представлен алгоритм шифрования с динамическим изменением размеров криптографических примитивов в различных раундах. Иными словами, предлагается проводить зашифрование текста, применяя замены по таблицам разных размеров в различных раундах.

В [10] проведены первые исследования, тестирование результатов зашифрования. В настоящей работе производится анализ модификации алгоритма [11]. Данная модификация адаптирована для использования в протоколе с целью создания наиболее безопасного канала обмена информацией, а именно: в алгоритме производится нормировка и сцепка блоков; используется раундовое преобразование над блоками размером 240 бит; длина общего ключа (ОК) алгоритма может быть от 0 до  $240 \cdot (\text{количество раундов})$  бит, другими словами, ОК может быть уникальным для каждого раунда; замена осуществляется по неприводимым многочленам [12, 13] в зависимости от длины подблока; динамическое изменение криптографических примитивов (подблоков) производится на блоки не одинаковой длины в пределах одного раунда, а произвольной, обеспечивая любые возможные комбинации; также предлагается производить линейный сдвиг после замены не на постоянную величину, а на случайную; аналогично предыдущему улучшению происходит сдвиг общего ключа случайно для каждого раунда. В итоге, получаются схемы на рис. 1.

Кроме того, была реализована кроссплатформенная программа-шифратор по схемам на рис. 1. Также, на ее основе будет реализован протокол безопасного обмена информацией [11].

Безопасный протокол обмена информацией позволяет установить зашифрованный канал связи с любой аппаратурой, тем самым, защитить конфиденциальность сведений и создать возможность недопущения выведения аппаратуры из строя и дезинформации в следствии навязывания ложных сообщений, благодаря методам имитозащиты, защиты от коллизий в служебных полях.

Первый критерий качества ОК и шифртекста.  
Посимвольная проверка

Авторы книги [14] предлагают оценочный метод посимвольной проверки, который считают самым сильным из всех рассмотренных в своей работе (подборка тестов Д. Кнута, система оценки статистических свойств «DIEHARD», CRYPT-S, руководство НИСТ и другие [15–18]).

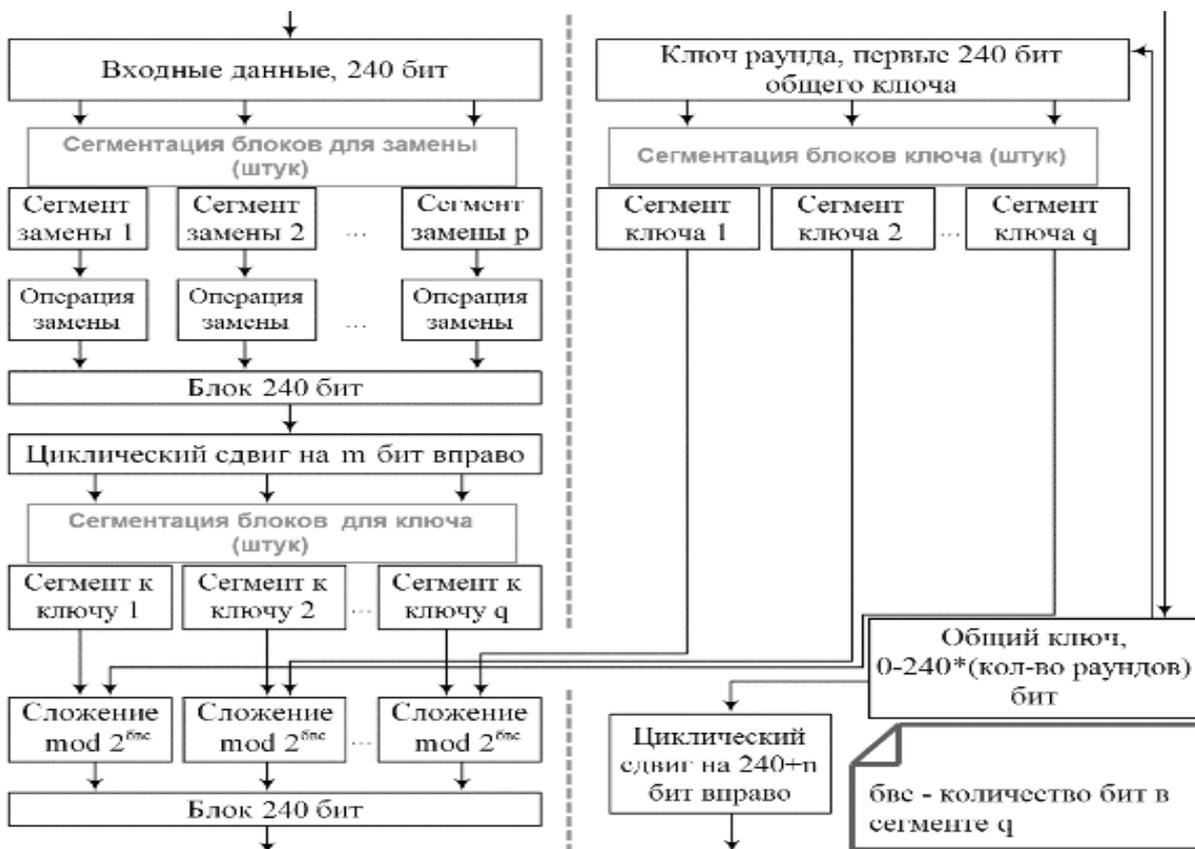
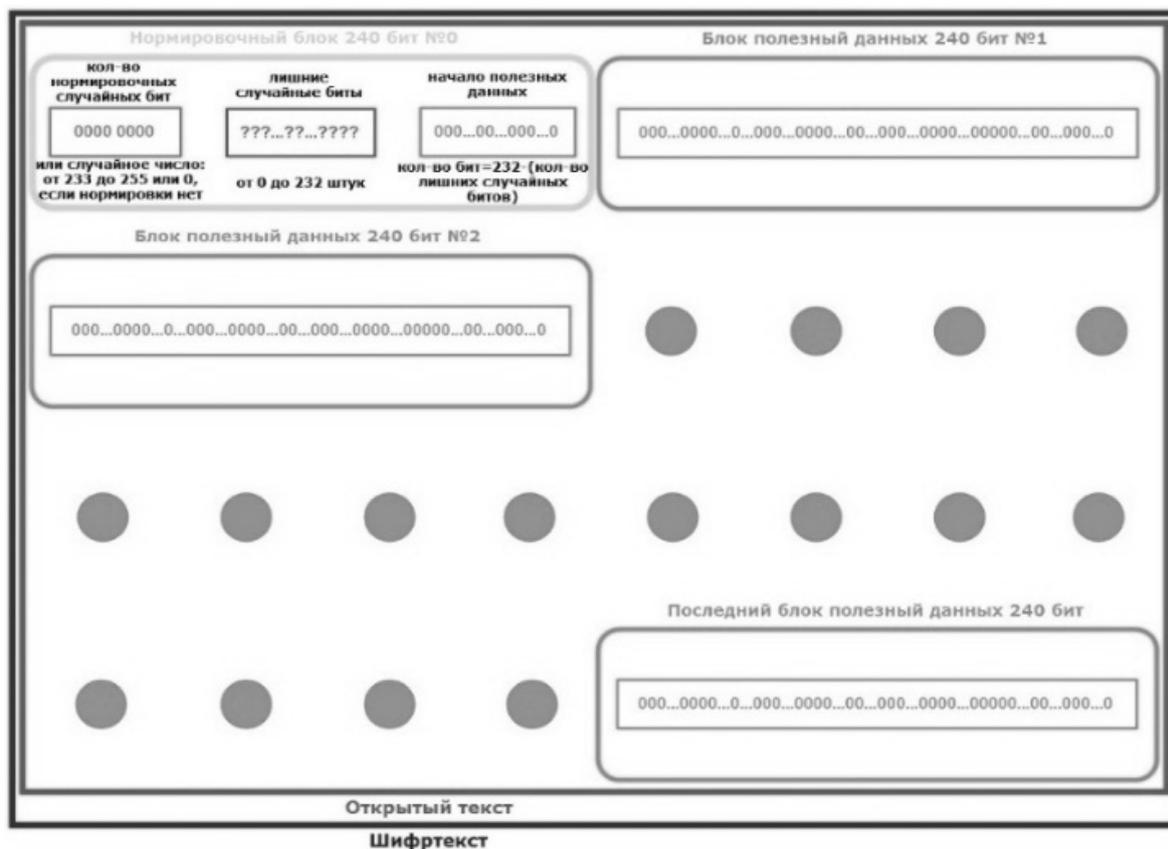


Рис. 1. Схемы нормировки и шифрования

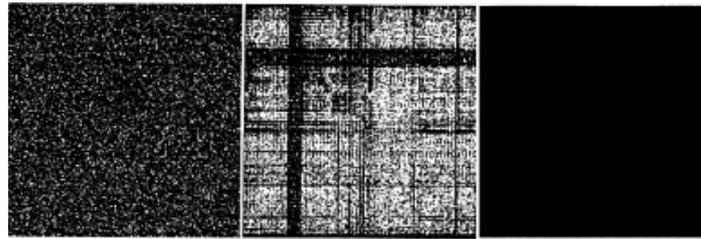


Рис. 2. Распределение координат из последовательности на плоскости

Данный метод заключается в проверке равномерности распределения символов в исследуемой последовательности на основе анализа частот появления каждого символа.

Пусть  $\varepsilon = \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  — последовательность блоков  $m$ -разрядных двоичных чисел длины  $n$ . Для выполнения критерия, все значения  $v_i$  (количество повторений) должны лежать в интервале по формуле (1).

$$\left[ \frac{n - 2.58\sqrt{n(2^m - 1)}}{2^m}; \frac{n + 2.58\sqrt{n(2^m - 1)}}{2^m} \right] \quad (1)$$

Например, для последовательности  $\varepsilon = 3\ 5\ 4\ 2\ 1\ 4\ 6\ 1$ ,  $n = 8$ ,  $m = 3$ , все значения повторений  $v_0 = 0$ ,  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 1$ ,  $v_3 = 1$ ,  $v_4 = 2$ ,  $v_5 = 1$ ,  $v_6 = 1$ ,  $v_7 = 0$  принадлежат интервалу (2).

$$\left[ \frac{8 - 2.58\sqrt{8(2^3 - 1)}}{2^3} = -1.41; \frac{8 + 2.58\sqrt{8(2^3 - 1)}}{2^3} = 3.41 \right] \quad (2)$$

В первом критерии тест используется для анализа бинарных последовательностей по одному биту в отдельности, поэтому итоговая формула расчета диапазона значений примет более простой вид (3).

$$\left[ \frac{n - 2.58\sqrt{n}}{2}; \frac{n + 2.58\sqrt{n}}{2} \right] \quad (3)$$

Тест только по каждому отдельному биту уязвим для комбинаций-чередований нулей и единиц. Например, 11110000, 10101010 и т.п. Поэтому в программе он используется одновременно с графическим способом распределения на плоскости, который адаптивно анализирует координаты с учетом их расположения относительно друг друга.

Второй критерий качества ОК и шифртекста.  
Распределение на плоскости

Авторы книги [14] предлагают графический метод распределения на плоскости. Данный тест осуществля-

ется следующим образом. На поле размером  $(2^{R-1})(2^{R-1})$ , где  $R$  — разрядность чисел исследуемой последовательности, наносятся точки с координатами  $(\varepsilon_i, \varepsilon_{i+1})$ ,  $\varepsilon_i$  — элементы исследуемой последовательности  $\varepsilon$ ,  $i=1, \dots, (n-1)$ .  $n$  — длина последовательности. Например, для последовательности  $\varepsilon=2\ 3\ 5\ 4\ 3$  получим точки  $(2;3)$ ,  $(3;5)$ ,  $(5;4)$ ,  $(4;3)$ .

Далее, авторами книги [14] предлагается проводить визуальную оценку полученных результатов. Если между элементами последовательности отсутствуют зависимости, то точки на поле расположены хаотично (Рисунок 2, слева). Если на поле присутствуют зависимости — последовательность не является случайной (Рисунок 2, по центру). Для последовательностей большой длины хорошим результатом является черный квадрат (Рисунок 2, справа).

Предложенный графический метод был улучшен и преобразован в оценочный способ для выполнения оценки бинарной последовательности при помощи нормировки системы координат по длине тестируемого сообщения. В зависимости от длины сообщения, выбирается интервал изменения координат  $X$  и  $Y$  общий для координаты  $X$  и для координаты  $Y$ . Таким образом, чтобы множество координат  $(X, Y)$ , которое задает бинарная последовательность слева-направо со сдвигом на 1 координату, вмещало все получаемые таким образом координаты не менее одного раза. Для этого  $X$  и  $Y$  подбирается таким образом, чтобы выполнялось условие (4).

$$(2^{XY-1})^2 < \frac{n}{XY} \leq (2^{XY})^2 \quad (4)$$

Где  $n$  — количество бит в сообщении. В идеале, должно выполняться равенство (5).

$$\frac{n}{XY} = (2^{XY})^2 \quad (5)$$

Оно говорит о том, что плоскость с интервалом изменения координат  $X$  и  $Y$  может вместить в себя каждую координату ровно один раз, другими словами, получится полностью черный квадрат или мера хаотичности будет равна 100%. Если же, выполняется условие (6), тогда лишние координаты (которые всегда будут свободны) определяются по формуле (7).

№	Кол-во бит в ОК или ШТ ( $Q = 16$ )			№	Максимальная практическая граница,		
-	960	5040	24480	9	63,90	62,70	62,92
<b>Минимальная практическая граница, %</b>				10	63,46	63,19	65,00
1	2,50	0,50	0,12	11	64,14	65,97	63,75
2	2,08	0,40	0,07	12	63,80	62,90	71,25
3	1,67	0,30	0,10	13	62,16	62,50	64,17
<b>Средняя мин. практическая граница, %</b>				14	63,72	63,00	64,58
-	2,08	0,40	0,10	15	63,68	62,90	67,50
<b>Максимальная практическая граница, %</b>				16	63,21	62,20	69,58
1	63,45	62,80	63,33	17	62,92	63,69	65,00
2	62,87	63,89	61,70	18	63,50	64,09	63,75
3	64,26	63,99	67,08	19	64,51	62,30	68,75
4	63,16	65,18	62,08	20	63,95	63,39	64,17
5	63,11	64,88	65,42	<b>Мин. максимальная практическая граница,</b>			
6	63,50	62,70	64,58	-	62,16	62,20	61,70
7	63,43	63,99	67,08	<b>Средняя максимальная практическая</b>			
8	63,43	63,49	65,00	-	63,54	63,49	65,33

Рис. 3. Расчет практических границ второго критерия

$$\frac{n}{XY} < (2^{XY})^2 \tag{6}$$

$$Q = (2^{XY})^2 - \frac{n}{XY} \tag{7}$$

Мера хаотичности будет равна значению (8), где  $b$  — количество черных (заполненных) пикселей, а  $p$  — количество всех пикселей изображения.

$$W = \frac{b}{p} \cdot 100 \tag{8}$$

Например, для последовательности  $\epsilon=0\ 1\ 1\ 0$  получим точки (0;1), (1;1), (1;0), (0;0),  $XY=1$ ,  $Q=0$ ,  $W=100\%$  (полностью черный квадрат). В результате экспериментов определено, что для получения достоверных результатов длина последовательности должна быть не менее 100 бит, а лучше не менее 10000 бит.

Лишние координаты  $Q$  должны быть одинаковыми для разных тестов, чтобы их можно было сравнивать между собой и, лучше всего, минимальными, т.е. равными нулю. Вероятность попадания координат более длинной бинарной последовательности в уникальную позицию меньше, чем вероятность попадания координат меньшей по длине бинарной последовательности на графике той же размерности, поэтому после вычитания  $Q$ , во втором случае, значения получаются завышенными от расчетных. Во избежание этого нужно проводить эксперименты при одинаковых значениях  $Q$ , а лучше, при  $Q=0$ . Для программы шифрования, из-за нормировки, минимальное значение параметра  $Q$  равно 16. Достигается оно при длине сообщения: 960, 5040, 24480 и т.п.

Для того, чтобы уточнить теоретические границы на практике, были проведены дополнительные эксперименты, результаты которых можно увидеть на рис. 3.

По достижению максимальной практической границы в диапазоне от 62,15% и больше, можно утверждать, что бинарная последовательность успешно выполнила второй критерий, но чем больше данный показатель, тем меньше повторений координат на плоскости. Данные границы были получены при подаче на вход второму критерию последовательностей, о которых было заранее известно, что они являются псевдослучайными последовательностями.

Может показаться, что после использования второго теста, в первом нет необходимости, но это не так. Учитывая, что чаще всего только 65% от последовательности занимает уникальную координату, то не все множество координат представлено в ней. Иначе говоря, при показаниях второго теста ниже 100%, всегда будет происходить случайное смещение количество нулей и единиц бинарной последовательности влево или вправо от равного их значения и, чем дальше от 100%, тем данные флуктуации будут сильнее. Поэтому, необходимо компенсировать этот недостаток первым критерием.

#### Обоснование необходимости внедрение третьего критерия

Благодаря первым двум тестам можно утверждать, что около 65% бинарной последовательности занимает уникальную координату на плоскости. Но что можно сказать об оставшихся 35%? Это множество координат,

которые повторяются и значительно уменьшить этот процент практически невозможно.

Как быть в такой ситуации? Необходимо принять факт наличия повторений координат. В принципе, это не является критичным, но только, если эти повторения распределены по всему множеству координат случайным образом.

Например, проведем мысленный эксперимент, если сгенерировать последовательность, которая успешно выполнит первые два критерия и покажет результат в 65% хаотичности, то, заменив все повторяющиеся координаты на значение, допустим, 00001111 для восьмибитных координат, то результаты теста не изменятся, а закономерность последовательности недопустимо увеличится.

Это произойдет, потому что, оба теста не определяют каким образом происходит повторение оставшихся 35% координат: они расположены закономерно относительно друг друга или равномерно распределены по всему множеству?

Возможно ли решить данную проблему? Да, но для этого необходимо вернуться к общей формуле первого критерия частотного анализа (1). Теперь ее не нужно упрощать, вместо этого, приравнять интервал изменения координаты  $XY$  из второго теста к значению разрядности числа частотного анализа  $m$  по формуле (1). Тогда получим формулу (9).

$$\left[ \frac{k - 2.58\sqrt{k(2^{XY} - 1)}}{2^{XY}}; \frac{k + 2.58\sqrt{k(2^{XY} - 1)}}{2^{XY}} \right] \quad (9)$$

Где размер текста тоже необходимо изменить, уменьшив его, в соответствии с разрядностью координаты, по формуле (10).

$$k = \frac{n}{XY} \quad (10)$$

Благодаря этому тесту можно убедиться в том, что 35% повторенных координат распределились по множеству случайно, а не закономерно. Также, в отличии от первого критерия, необходимо обеспечить возможность более точной интерпретации результатов третьего критерия с целью определения степени наличия закономерностей.

Достаточно будет использовать два оценочных показателя для третьего критерия: количество координат, по которым зафиксирован выхода за пределы допустимого интервала и максимальное значение выхода за допустимый интервал.

## Программная реализация алгоритма шифрования

На основе вышеописанного алгоритма разработана программа-шифратор. Конфигурационный ключ (КК) программы состоит из ОК и конфигурационных настроек шифратора. Программа на данный момент позволяет шифровать текстовые сообщения и любые файлы со средней скоростью 120 килобайт/с (рис. 4). В будущем, необходимо произвести улучшение программы для увеличения показателя скорости преобразования при помощи распараллеливания шифрования блоков и многоядерных процессоров.

Одной из главных функций программы является генератор КК. Он позволяет случайным образом для каждого раунда генерировать ОК, сдвиг блока и ключа, задавать все параметры двух последовательных фрагментаций блока для замены подблоков и сложения с ключом раунда (КР). После каждой генерации КК производятся тесты на качество шифрования по заданным критериям оценки, в результате которых программа может принимать решение о повторной генерации ключа или о добавлении, уменьшении количества раундов.

Сохраненный КК можно использовать в программе или для подачи на вход библиотеке шифрования данного шифратора, программе-терминалу в случае автоматизации процесса шифрования, например, для связи с удаленной автоматической системой по беспроводному каналу или для шифрования в алгоритме протокола [11].

По результатам оценки качества шифртекста в различных ситуациях (рис. 5), можно сделать следующие выводы:

- ◆ если произвести замену хотя бы одним блоком замены по неприводимому многочлену от 120 бит и более, то это приведет к увеличению меры хаотичности и случайности шифртекста с наименьшим количеством раундов. Например, можно использовать подобные блоки замен в первых раундах. Чем больше степень неприводимого многочлена для замены, тем лучше (максимально — 240 бит);
- ◆ ключ вносит около 10% хаотичности, малые блоки 20%, средние 40%, а крупные 60%;
- ◆ случайная конфигурация очень часто приводит к необходимому результату при любом количестве раундов. Большое количество раундов может быть использовано для увеличения вариативности КК (при использовании временных ключей вместо ОК) и хаотизации последовательностей со значительными закономерностями, а меньшее для повышения скорости.

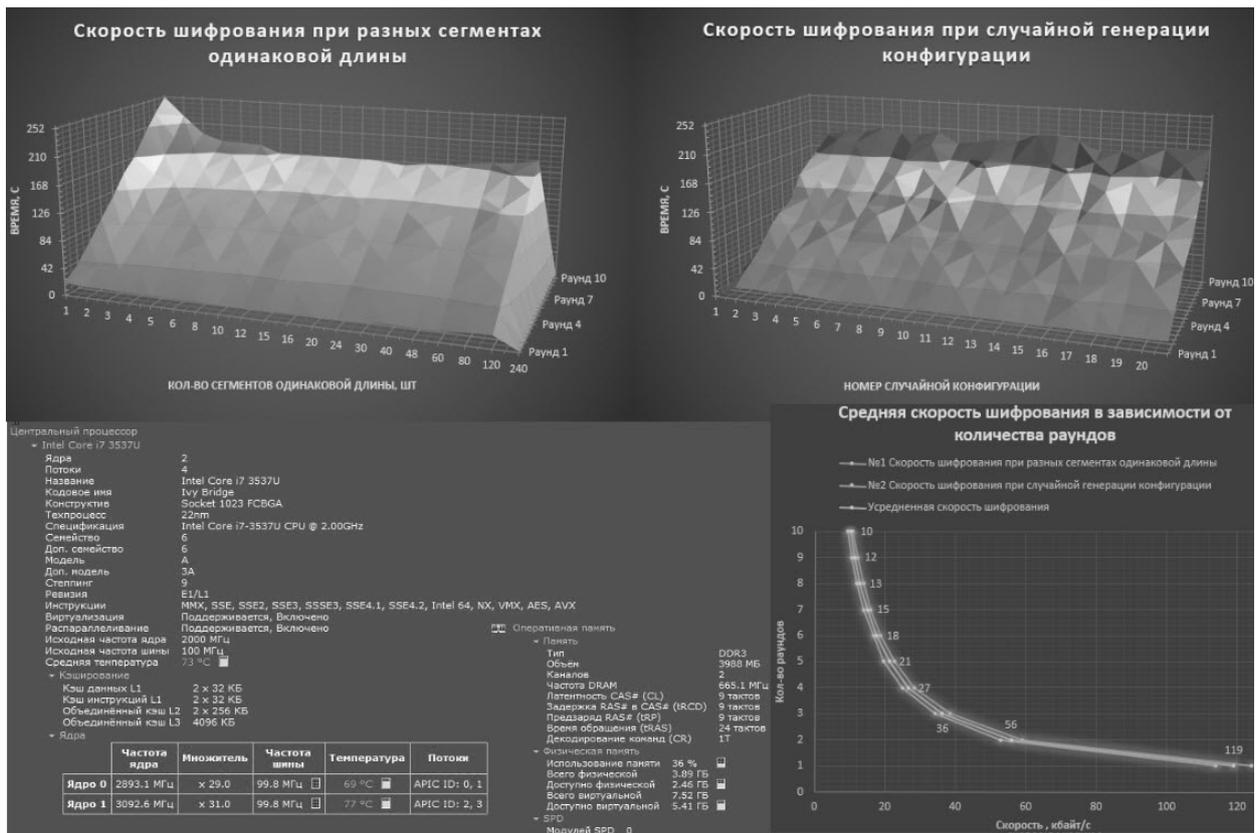


Рис. 4. Графические результаты анализа скорости и условия эксперимента

Настройки шифра	Критерий 1	Критерий 2	Настройки шифра	Критерий 1	Критерий 2
Исходный текст	✗	4.93%	- с ключом; - без замены; - 1 раунд.	✗	18.80%
- без ключа; - малые блоки; - 1 раунд.	✗	27.11%	- без ключа; - средние блоки; - 1 раунд.	✗	42.62%
- без ключа; - большие блоки; - 1 раунд.	✓	63.11%	- с ключом; - случайная конфигурация; - 1 раунд.	✓	63.68%
- с ключом; - случайная конфигурация; - 3 раунда.	✓	63.33%	- с ключом; - случайная конфигурация; - 5 раундов.	✓	63.75%

Рис. 5. Оценка качества шифртекста при разных конфигурациях

### Заключение

Таким образом, удалось определить скорость шифрования алгоритма, основанного на принципе переменной фрагментации подблоков для осуществления замены. Она составляет 120 килобайт/с. Данный алгоритм был мо-

дифицирован и протестирован при помощи неприводимых многочленом размером до 240 бит. Данный алгоритм в ходе тестирования показал результаты шифртекста соответствующего результатам псевдослучайной последовательности всего за один раунд, вместо трех раундов, как это было представлено в первых исследованиях [9].

Удалось расширить количество свободных параметров алгоритма шифрования, что увеличило вариативность КК и количество возможных способов осуществления замены по неприводимым многочленам при помощи комбинирования и перестановки подблоков переменной длины. Стойкость шифра можно всегда дополнительно повысить использованием имитовставки, основанной на временных ключах в протоколе безопасного обмена данными [11].

В будущем, показатели алгоритма могут быть улучшены при помощи многоядерных процессоров, увеличения производительности вычислительных устройств, качества сред передачи данных, увеличения блока с исходными данными, а также, при помощи использования

устройств большей вычислительной размерности (например, троичные компьютеры) [19].

Необходимо внедрить третий критерий для более достоверных результатов определения случайности бинарных последовательностей ключей и шифртекста. Также реализовать возможность получения неприводимых многочленов не из заранее известных таблиц, а случайным образом, осуществляя поиск неприводимого многочлена отталкиваясь от случайной бинарной последовательности, тестируя ее алгоритмом Берлекемпа и в случае неудачи, инкрементируя значение случайной последовательности, продолжать поиск до достижения успеха. Генерацию ключа необходимо проводить один раз, до начала использования алгоритма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубчиков Д.М., Румянцев К. Е. Квантовая криптография: принципы, протоколы, системы. Таганрог: Таганрогский технологический институт Южного федерального университета. 37 с.
2. Пригожин И., Садовничий В. А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. Москва: Международный научный журнал, № 1, 2000. 116 с.
3. Китаев А., Шень А. Классические и квантовые вычисления. 193 с.
4. Белокуров В.В., Тимофеевская О. Д. Квантовая телепортация — обыкновенное чудо. Ижевск: РХД, 2000. 256 с.
5. Манин Ю. И. Вычислимое и невычислимое. М.: Сов. Радио, 1980. 128 с.
6. Нейман И. Математические основы квантовой механики. Москва: Издательство «Наука», 1964. 366 с.
7. Садовничий В. А. Квантовые вычисления: за и против. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999. 212 с.
8. Садовничий В. А. Квантовый компьютер и квантовые вычисления. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 1999. 288 с.
9. Menezes A., van Oorshot P., Vanstone S. Handbook of Applied Cryptography // CRC Press, 1997.
10. Жданов О.Н., Соколов А. В. Алгоритм шифрования с переменной фрагментацией блока // Проблемы и достижения в науке и технике, выпуск 2. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, № 2; Инновационный Центр Развития Образования и Науки, г. Омск, 2015. С. 153–159.
11. Митрашук В.В., Протокол безопасного обмена данными на основе алгоритма шифрования с переменной фрагментацией блока // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации [Электронный ресурс]: материалы XVI Междунар. науч. конф. бакалавров, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (17 мая 2017, г. Красноярск): электрон. сб. / под общ. ред. И. В. Ковалёва, М. В. Савельевой, Н. А. Шумаковой; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т.— Красноярск, 2017. С. 299–301.
12. Лидл Р., Ниддеррайтер Г. Конечные поля: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. // Мир, г. Москва, 1988, С. 430.
13. Gadiel Seroussi Table of Low-Weight Binary Irreducible Polynomials // Computer Systems Laboratory HPL-98–135, HEWLETT PACKARD, 1998, P. 16.
14. Иванов М.А., Чугунков И. В. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей. Москва: КУДИЦ-ОБРАЗ, 240 с.
15. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ: В 3 т. 3-е изд. Т. 2. Пер. с англ. Москва: Мир, 1998.
16. Marsaglia G. DIEHARD Statistical Tests.
17. Gustafson H. et. al. A computer package for measuring strength of encryption a algorithms // Journal of Computers and Security. Vol. 13. No. 8, 1994, P. 687–697.
18. A Statistical Test Suite for the Validation of Random and Pseudorandom Number Generators. NIST Special Publication 800–22 [Электронный ресурс]. URL: <http://csrc.nist.gov> (дата обращения: 15.11.2015).
19. Zhdanov O.N., Sokolov A. V. Block symmetric cryptographic algorithm based on principles of variable block length and many-valued logic // Far East Journal of Electronics and Communications Volume 16 № 3, Pushpa Publishing House, India, 2016, P. 573–589.

© Митрашук Владимир Владимирович (rtimidalv@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ БЛАГОНАДЕЖНОСТИ КОНТРАГЕНТОВ СЕТЕВОЙ ТОРГОВОЙ КОМПАНИИ

### NEURONETWORK TECHNOLOGIES APPLICATION FOR THE INSPECTION OF THE NET TRADING COMPANIES CONTRACTS TRUSTWORTHINESS

**O. Romashkova  
F. Fedin  
P. Frolov**

*Summary.* The possibility of improving information technologies for solving management problems in economic systems, associated with the introduction of neural network technologies in the management processes of a net trading company, is reviewed. The purpose of the work is to identify ways to improve information technology to solve management problems in economic systems. As a result of the analysis of the net trading company and the use of tools for building neural network models, a neural network model has been created. The created model allows automated evaluation and prediction of the trustworthiness rating of counterparties of a net trading company.

*Keywords:* net trading company, net trading company management, neural network, neural network technologies, automated evaluation, introduction of information system.

**Ромашкова Оксана Николаевна**

*Д.т.н., профессор, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» (г. Москва)  
ox-rom@yandex.ru*

**Федин Федор Олегович**

*К.воен.н., профессор, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России» (г. Химки)  
nidef@mail.ru*

**Фролов Павел Антонович**

*Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» (г. Москва)  
paul.frolow.fi@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассматриваются возможности совершенствования информационных технологий решения задач управления в социально-экономических системах, связанные с внедрением нейросетевых технологий в управленческие процессы сетевой торговой компании. Актуальность работы обусловлена тем, что задача автоматизированной оценки и прогнозирования уровня благонадежности контрагентов не решена. Целью работы является выявление способов применения информационных технологий и средств решения задач управления в социально-экономических системах. С использованием инструментальных средств построения нейросетевых моделей, позволяющих также осуществить корреляционный и факторный анализы, создаются нейросети, позволяющие определить влияющие на оценку уровня благонадежности контрагентов факторы, а также позволяющие автоматизировать процесс оценки уровня благонадежности контрагентов, используя для анализа ретроспективные данные. В результате проведенного анализа деятельности сетевой торговой компании и применения инструментальных средств построения нейросетевых моделей создана нейросетевая модель, позволяющая произвести автоматизированную оценку и прогнозирование рейтинга благонадежности контрагентов сетевой торговой компании.

*Ключевые слова:* управление сетевой торговой компанией, нейросети, нейросетевые технологии, нейросетевые модели, автоматизация оценки, информационная система, рейтинг благонадежности контрагентов.

**В** ходе своей деятельности сетевые торговые компании (СТК) вступают во взаимодействие со своими контрагентами — юридическими лицами, которые заказывают у СТК продукцию, либо, напротив, СТК закупают у них продукцию для дальнейшей реализации и получения прибыли.

При этом возникает следующее научное противоречие:

- ♦ с одной стороны, сетевой торговой компании в процессе своего развития приходится иметь дело с постоянно возрастающим числом контрагентов, и при этом требуется все большее количество ресурсов и времени на оценку благонадежности, поскольку в случае реализации рисков (отказа от оплаты поставленного товара контрагентами-заказчиками либо отказа от поставки оплаченного товара контрагентами-по-

Таблица 1. Описание классов контрагентов

Класс контрагента	Характеристики класса
1	Контрагент с высшей степенью благонадежности. Вероятность финансовых и прочих материальных потерь при ведении деятельности минимальна, финансовое состояние — стабильное. Контрагент представлен на федеральном и, зачастую, международном уровне. Возможно проведение операций при уровне аванса в 15%.
2	Контрагент с высокой степенью благонадежности. Вероятность финансовых и прочих материальных потерь при ведении деятельности мала, финансовое состояние — стабильное. Контрагент представлен на федеральном уровне. Возможно проведение операций при уровне аванса в 30%.
3	Контрагент со средней степенью благонадежности. Средняя вероятность финансовых и прочих материальных потерь при ведении деятельности, финансовое состояние — стабильное. Контрагент представлен на межрегиональном уровне. Возможно проведение операций при уровне аванса в 50%.
4	Контрагент с низкой степенью благонадежности. Высокая вероятность потерь при ведении деятельности. Контрагент представлен на региональном уровне, финансовое состояние — нестабильное. Возможно проведение операций при уровне аванса в 80%.
5	Контрагент с крайне низкой степенью благонадежности. Контрагент зачастую представлен лишь в одном городе региона, финансовое состояние — крайне нестабильное. Крайне высока вероятность финансовых и прочих материальных потерь при ведении деятельности. Возможно проведение операций при уровне аванса в 100%.

ставщиками) СТК может попасть в затруднительное финансовое положение;

- ◆ с другой стороны, в настоящее время не разработаны эффективные механизмы автоматизированной оценки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании, что определяет научную задачу формирования подобных механизмов, функционирующих на базе современных информационных систем и технологий [1].

В процессе осуществления своей деятельности сетевая торговая компания сталкивается с большим количеством рисков неоплаты со стороны взаимодействующих контрагентов. В связи с этим, руководству компании и ее сотрудникам приходится выполнять анализ отчетности взаимодействующих контрагентов для определения степени их благонадежности. Такого рода работа состоит в отнесении конкретного контрагента к одному из заранее установленных классов, представленных в таблице 1, при котором выполняется, в том числе, анализ финансового положения контрагента по внутренним методикам СТК. В дальнейшем под классом контрагента будем понимать показатель «Рейтинг благонадежности».

В настоящее время работа по классификации контрагентов связана с необходимостью обработки большого числа различных показателей. Эта работа выполняется в ручном режиме и требует наличия значительных временных и человеческих ресурсов сетевой торговой компании. По этой причине возникла необходимость разработки аналитической модели, которая за счет обучения на уже имеющихся в компании (накопленных за достаточно большой промежуток времени) данных по взаимодействию с контрагентами выполняет классификацию как уже существующих, так и вновь появляющихся контрагентов [2]. Такой подход позволит руководству

сетевой торговой компании сократить сроки принятия наиболее эффективных, а также обоснованных управленческих решений.

В результате выполненного исследования были получены факторы (всего 42 фактора), которые характеризуют деятельность более чем 200 коммерческих организаций в России. Перечень факторов определяется в соответствии с Приказом Министерства финансов РФ № 66н от 02 июля 2010 года (редакция от 06 апреля 2015 года) «О формах бухгалтерской отчетности».

Данные о значениях факторов конкретного контрагента поступают к сотруднику группы экономики и инвестиций сетевой торговой компании из финансовой отчетности с сайта контрагента в случае, когда объем сделки превышает пороговое значение, установленное руководством сетевой торговой компании [3]. В случае отсутствия данных на сайте контрагента используются данные из открытых источников, контролируемых надзорными органами. При этом в случае неоднократного заключения сделок контрагент подлежит проверке перед каждой заключенной сделкой.

Анализ характера полученных факторов позволяет заключить, что для разработки модели проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании существует, но пока неоднозначно выявлена функциональная зависимость

$$f^* : X \rightarrow Y, \quad (1)$$

которая позволяет по  $x \in X$  предположить  $y \in Y$ , где  $X$  — множество факторов,  $Y$  — множество возможных откликов на эти факторы. При этом данная функциональная зависимость может существовать только на множестве выбранных факторов

Заемные долгосрочные средства	-0,899
Проценты к уплате	-0,882
Доходы от участия в других организациях	0,528
Прочие доходы	0,651
Прочие расходы	0,436
Прибыль (убыток) до налогообложения	0,371
Изменение отложенных налоговых обязательств	0,536
Текущий налог на прибыль	0,672
Чистая прибыль (убыток)	-0,794
Постоянные налоговые обязательства (активы)	-0,903

Рис. 1. Результаты проведенного корреляционного анализа

$$\{(x_i, y_i) : x_i \in X, y_i \in Y \mid i = 1, \dots, N\}, \quad (2)$$

в котором каждая упорядоченная пара «фактор — отклик»  $(x_i, y_i) \in X \times Y$  является отдельным прецедентом.

При такой постановке задачи нахождение зависимости между входными и выходными полями по имеющейся совокупности данных (процесс нахождения функции (1) по новым правилам  $x_i \in X$  предсказывающей ответ  $f(x) \in Y : = f(x) \approx f^*(x)$ ), является типичной задачей машинного обучения, и решение данной задачи может быть выполнено с использованием нейросетевых технологий.

С целью подготовки данных и решения задачи построения и обучения нейросетевой модели на основании таблицы значений исследуемых факторов был выполнен корреляционный анализ, который позволяет выявить оценку зависимости выходных полей данных (в данном случае поля «Рейтинг благонадежности») [4].

Корреляционный анализ позволяет осуществить поиск входных факторов, которые в наименьшей степени взаимосвязаны (коррелированы) с выходным результатом. Подобные факторы исключаются из итогового набора данных практически без утраты полезной информации.

В ходе корреляционного анализа величина коэффициента корреляции принимает значения от  $-1$  до  $1$ . В данном случае определение силы связи осуществлялось с использованием инструментального средства Deductor Studio Academic путем вычисления коэффициента корреляции Пирсона с порогом значимости  $0,5$ .

Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке 1.

В результате, на основании данных корреляционного анализа было исключено из рассмотрения 8 факторов, влияние которых на выходную переменную было мини-

мально: количество учредителей; собственные акции, выкупленные у акционеров; добавочный капитал; нематериальные активы; доходные вложения в материальные ценности; доходы будущих периодов; уставный капитал; изменение отложенных налоговых активов.

После исключения факторов, минимально влияющих на выходную переменную, следующим шагом при построении нейросетевой модели является выбор выходного отклика, а также определение входных переменных. В ходе данного исследования выходным откликом является показатель «Рейтинг благонадежности», который был составлен на основании предыдущего опыта ведения деятельности сетевой торговой компании, а входящими переменными будут являться все оставшиеся факторы, участвовавшие в корреляционном анализе [5].

После определения входных переменных и выбора выходного отклика необходимо разделить множество исходных данных на подмножества — обучающее (в исходной выборке — 95% элементов (197 прецедентов) и тестовое (оставшиеся 10 прецедентов).

Формирование архитектуры разрабатываемой модели является следующим шагом построения нейросетевой модели проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании. В качестве основы данной архитектуры использовалась нейронная сеть прямого распространения (Feedforward), которая представляется в виде многослойного перцептрона с одним скрытым слоем, включающим два нейрона [5, 6]. В качестве активационной функции была выбрана функция типа Арктангенс.

После определения активационной функции и настройки количества нейронов в слоях очередным этапом создания нейросетевой модели является обучение созданной сети. Обучение проводилось в режиме «оффлайн» по алгоритму Resilient Propagation (сокращенно — RPROP). Данный алгоритм по сравнению с алгоритмом с обратным распространением ошибки — Back

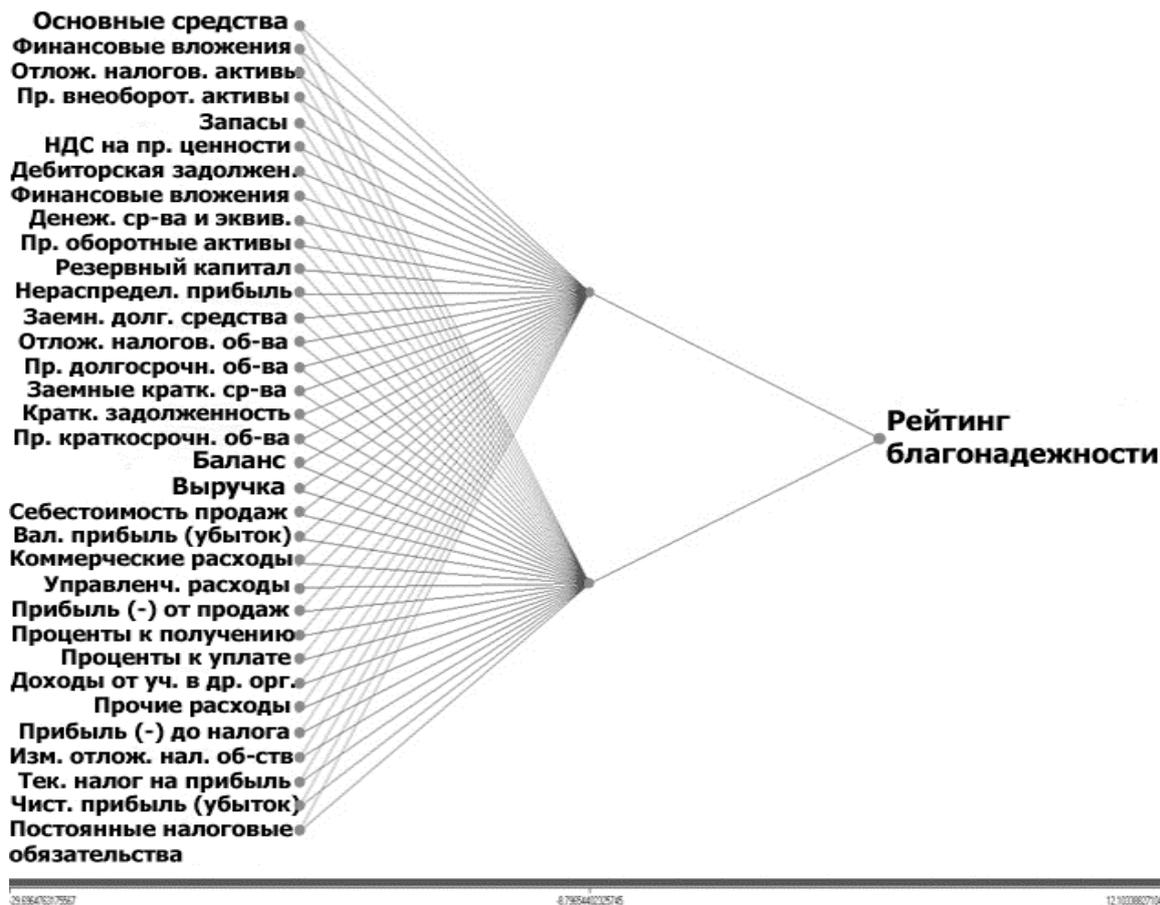


Рис. 2. Графический вид нейронной сети

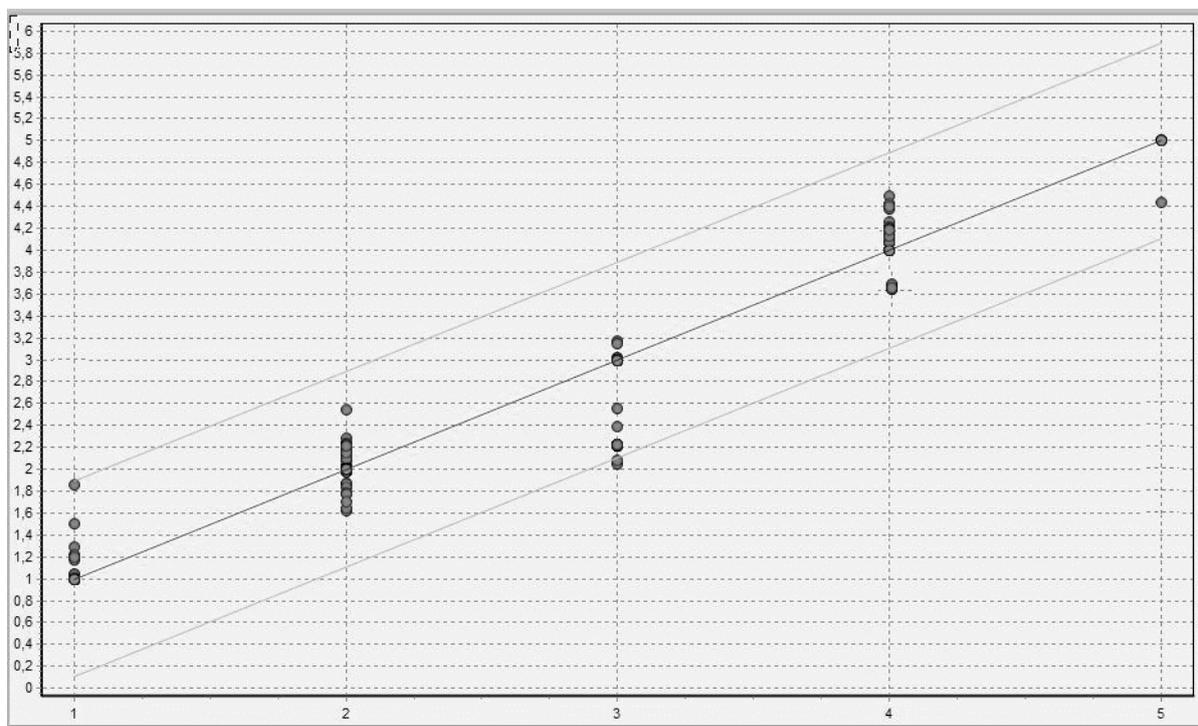


Рис. 3. Диаграмма рассеяния

Propagation (сокращенно — backprop) обладает преимуществом в скорости обучения нейросетевой модели, и, следовательно, алгоритм RPROP может применяться для широкого круга задач, требующих быстрого решения. Коэффициент увеличения скорости обучения (шаг спуска), определяющий шаг возрастания скорости обучения в случае не достижения алгоритмом оптимального результата, принят равным 0,5 [7]. Коэффициент уменьшения скорости обучения (шаг подъема), задающий шаг снижения скорости обучения в случае пропуска алгоритмом оптимального результата, принят равным 1,2.

В результате была получена нейросетевая модель, визуальное отображение которой, представляющее собой граф со взвешенными дугами в виде синоптических связей, представлено на рисунке 2.

Точность работы нейронной сети была оценена при помощи диаграммы рассеяния. Данная диаграмма позволяет проанализировать отклонения прогнозных данных от принятых в качестве эталонных. Для этого строятся две линии, которые ограничивают допустимый уровень ошибки работы модели [5, 8]. Полученная диаграмма оценивает точность полученной нейросетевой модели в 93%, поскольку именно такая доля точек находится в пределах между двумя красными линиями. Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что разработанная нейросетевая модель работает с высокой степенью достоверности. Диаграмма рассеяния представлена на рисунке 3.

Поскольку основной целью разработанной нейросетевой модели является ее прикладное использование в качестве инструмента анализа и поддержки принятия решения руководством сетевой торговой компании, полученная модель может использоваться для оценки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании с помощью визуализатора «Что-если».

Для использования модели сотруднику группы экономики и инвестиций необходимо открыть форму визуализатора «Что-если» и, при необходимости проверки нового контрагента, внести данные из финансовой отчетности контрагента в соответствующие ячейки формы визуализатора. После заполнения всех ячеек данными нового контрагента нейросетевая модель автоматически выполнит оценку контрагента, отнеся его к соответствующему классу благонадежности.

Кроме того, при использовании визуализатора «Что-если» существует возможность построения графической зависимости рейтинга благонадежности от выбранного в визуализаторе фактора.

Разработанная нейросетевая модель проверки благонадежности контрагентов может применяться как автономно, так и в составе уже применяющейся в организации системы поддержки принятия управленческих решений. Также благодаря накоплению исходных данных в системе появляется возможность использования ретроспективных данных для последующего анализа и принятия управленческих решений по работе с контрагентами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 2. С. 122–129.
2. Ромашкова О. Н., Фролов П. А. Технология расчета показателей прибыли и рентабельности в коммерческой организации // Фундаментальные исследования. 2016. № 4. С. 102–106.
3. Ромашкова О. А., Моргунов А. И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 3. С. 88–95.
4. Ромашкова О. Н., Чискидов С. В., Фролов П. А. Совершенствование информационной технологии решения задач управления в экономических системах // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 10. С. 63–67.
5. Ромашкова О. Н., Федин Ф. О., Ермакова Т. Н. Нейросетевая компьютерная модель для поддержки принятия решений в образовательных комплексах // Вестник РГРТУ, 2017, № 61, стр. 54–59.
6. Кунтикова Е. С., Чискидов С. В., Павличева Е. Н. Проблемы автоматизации учета инновационной деятельности в образовательном учреждении // Информационные ресурсы России. 2014. № 3 (139). С. 25–29.
7. Чискидов С. В., Симаков А. И., Павличева Е. Н. Проблемы интеграции проектных решений инструментальных средств разработки информационных систем // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2016. № 3 (37). С. 98–103.
8. Айрапетян Е. В., Павличева Е. Н., Чискидов С. В., Барсукова К. А. Создание электронного образовательного ресурса на платформе «1С: Предприятие 8.2» // Информационные ресурсы России. 2016. № 2. С. 37–41.

© Ромашкова Оксана Николаевна ( ox-rom@yandex.ru ),

Федин Федор Олегович ( nidef@mail.ru ), Фролов Павел Антонович ( paul.frolow.fi@yandex.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА В БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ

## TO A QUESTION OF THE EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF DISTRIBUTED REGISTRY TECHNOLOGY IN THE BUSINESS PROCESSES OF MANUFACTURING COMPANIES

**A. Soldatov  
I. Hasanshin**

*Summary.* In the course of writing the article, the author, first of all, defines the technology of the distributed registry. Then it defines in more detail on one of the types of databases of the distributed registry — the block. Further, examples of the implementation of this technology in relation to the banking sector and various banking business processes are given. In addition, the author of the article gives examples of the implementation of this technology by large companies in their own software products, so-called block-platforms. The result in the article is the conclusion given by the author that the technology used is a new stage in the development of information systems.

*Keywords:* block, distributed registry, technology, databases, blockchain-platform.

**Солдатов Анвар Нормунович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г.

Самара

varan\_92@mail.ru

**Хасаншин Ильдар Анварович**

К.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара

ildar8000@mail.ru

*Аннотация.* При написании статьи, автор, прежде всего дает определение технологии распределенного реестра. Затем уже более подробно останавливается на одном из видов баз данных распределенного реестра — блокчейн. Далее, приводятся примеры реализации данной технологии применительно к банковскому сектору, в различных банковских бизнес-процессах. Кроме того, автором статьи приводятся примеры реализации данной технологии крупными компаниями в собственных программных продуктах, так называемых блокчейн-платформах. Итогом в статье является вывод, данный автором о том, что применяемая технология является новым витком в развитии информационных систем.

*Ключевые слова:* блокчейн, распределенный реестр, технология, базы данных, блокчейн-платформа.

**П**рогресс человечества характеризуется ростом новых технологий и человеческой изобретательностью, их открывшей. В случае технологии распределенного реестра, появилась возможность быть свидетелями одного из тех возможных взрывов творческого потенциала, который позволяет достичь выдающихся высот в инновациях. Может оказаться, что эта технология способна предоставить новый уровень доверия широкому спектру услуг, как политика открытых данных. Коренным образом данная инновация изменила как взаимоотношения граждан и государства, так и прозрачность этих технологий. В будущем, вполне вероятно концепция распределенного реестра сможет изменить к лучшему существующую ситуацию финансовых рынков, каналов поставок. Повысить эффективность работы клиентских и b2b сервисов.

Децентрализованный реестр данных — информационная система, включающая в себя базу данных распределенного типа, в которой содержатся сведения об определенных фактах и записи о праве на определенное имущество, подтверждение действительности

которых осуществляется посредством заранее определенных алгоритмов.

Технология распределенных реестров — это подход к обмену и хранению информации, при котором:

- ◆ каждый участник может обладать полноценной копией реестра;
- ◆ синхронизация копий реестра происходит на основе протокола достижения распределенного консенсуса, то есть соглашения среди участников на добавление новой информации;
- ◆ каждый участник взаимодействия может иметь доступ к истории транзакций.

Основная цель написания данной статьи заключается в исследовании мирового опыта использования технологии распределенного реестра, а также изучения возможности работы с базами данных, построенными по принципу блокчейн. Благодаря появлению подобной технологии становится возможным управление данными в распределенном реестре без опоры на центральный механизм, что значительно сокращает временные издержки и ускоряет процесс проведения транзакций.

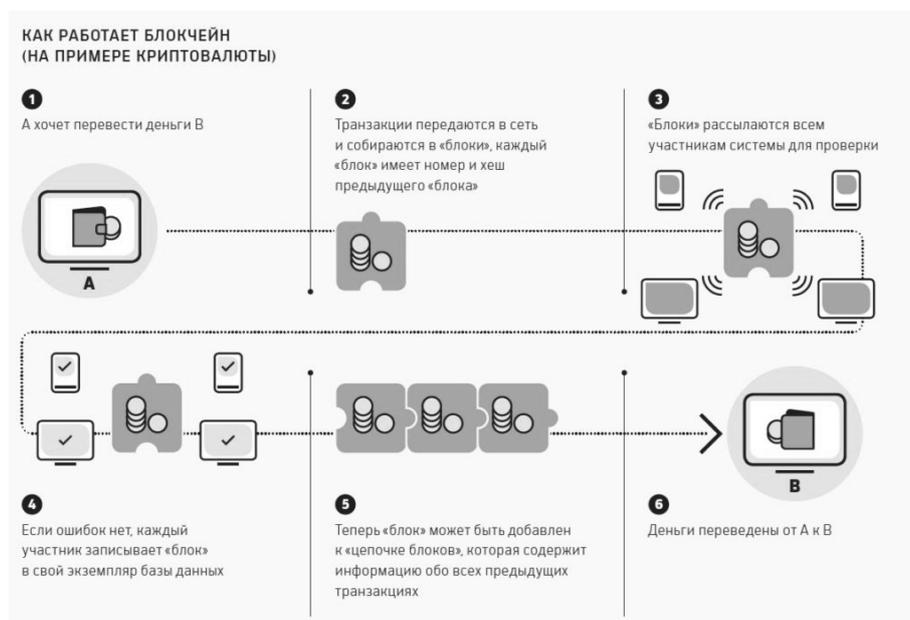


Рис. 1. Перевод денежных средств посредством технологии блокчейн.

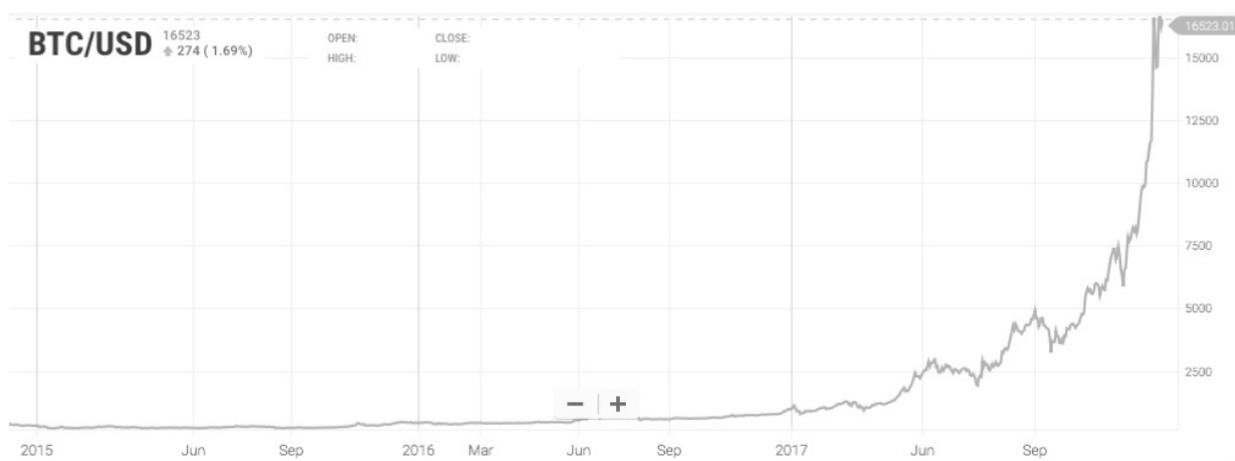


Рис. 2. Динамика роста курса валютной пары блокчейн (BTC) — американский доллар (USD) за второе полугодие 2017 года.

В контексте сетей распределенных реестров узлами называются устройства, на которых установлено соответствующее программное обеспечение и которые совместно ведут распределенные базы данных. В такой системе узлы участников сети подключаются друг к другу для обмена и подтверждения информации, что существенно отличается от традиционной архитектуры централизованных систем, в которых присутствует единственный источник достоверных данных.

Распределенные реестры позволяют вести актуальные копии базы данных на нескольких узлах, тем самым

обеспечивая повышенную операционную устойчивость. Блокчейн — вариант реализации сети распределенных реестров, в котором данные о совершенных транзакциях структурируются в виде цепочки (последовательности) связанных блоков транзакций. Ниже представлена схема иллюстрирующая возможность перевода денежных средств при помощи технологии блокчейн.[1] На рисунке видно, что информация о переводе формируется в так называемый блок транзакции, затем каждый участник блокчейна подтверждает валидность, действительность операции, после чего блок присоединяется к уже существующей цепочке

блоков, далее денежные средства переходят к конечному получателю.

Стоит отметить, что не все сети распределенных реестров функционируют на базе технологии блокчейн. Так, например, протокол Ripple подразумевает потранзакционный процессинг без формирования блоков. [2]

Актуальность данной статьи заключается в исследовании возможностей применения механизмов распределенного реестра в бизнес-процессах производственных и финансовых компаний.

Самым заметным приложением технологии стал биткоин (Bitcoin), который в 2017 году превратился в мировую сенсацию: за последний год, когда инвесторы начали постепенно принимать новые идеи, цена криптовалюты выросла более примерно на 2000%.

В сентябре издание Bloomberg New Energy Finance писало, что в случае с биткомном блокчейн используется для хранения и передачи информации о ценности каждого блока транзакции, но прозрачная технология отслеживания транзакций имеет «гораздо больший потенциал» для всех типов предприятий, поскольку бизнес все больше нуждается в хранении и обмене огромными массивами данных.

Внедрение технологии распределенных реестров ведет к тому, что участники пользуются общей информацией, хранящейся в реестре с историей, которую крайне сложно (или практически невозможно) изменить. Очень важно, чтобы такая общая информация была достоверна. Это требование может быть сложно к выполнению при внесении информации в реестр несколькими участниками. Необходимо принять решение о том, кто может создавать новые записи и как проверяется подлинность и верность новой информации, вводимой в систему. Кроме того, должны быть определены способы выявления ошибок и заведомо мошеннических транзакций, а также способы решения этих проблем. Регулирование прямых запретов применения технологии распределенных реестров не установлено, к ее использованию в финансовой сфере применяются общие нормы законодательства, в том числе требования по идентификации клиентов, обеспечению защиты персональных данных и конфиденциальной информации, обеспечению прав потребителей. Можно ожидать, что в России и в мире по мере развития практики применения технологии распределенных реестров может потребоваться разъяснение порядка применения общих норм законодательства или разработка специального регулирования отдельных аспектов применения технологии распределенных реестров. [3]

Интересен пример создания криптобанка Полибус. Его учредители изначально делали бизнес на производстве оборудования для майнинга, и сами производили криптовалюту. Когда у них начались проблемы с денежными операциями (банки попросту не хотели обслуживать фирму, занимающуюся такой «несерьезной» деятельностью), команда решила открыть свой собственный банк, где блокчейн применяется в большинстве процессов.

В первую очередь, блокчейн помог основателям криптобанка привлечь дополнительные инвестиции через ICO<sup>1</sup>. Кроме того, весь документооборот финансовой структуры будет вестись на блокчейне (для этих целей используется технология Emercoin). Банковские транзакции — еще одна операция, где используется блокчейн.

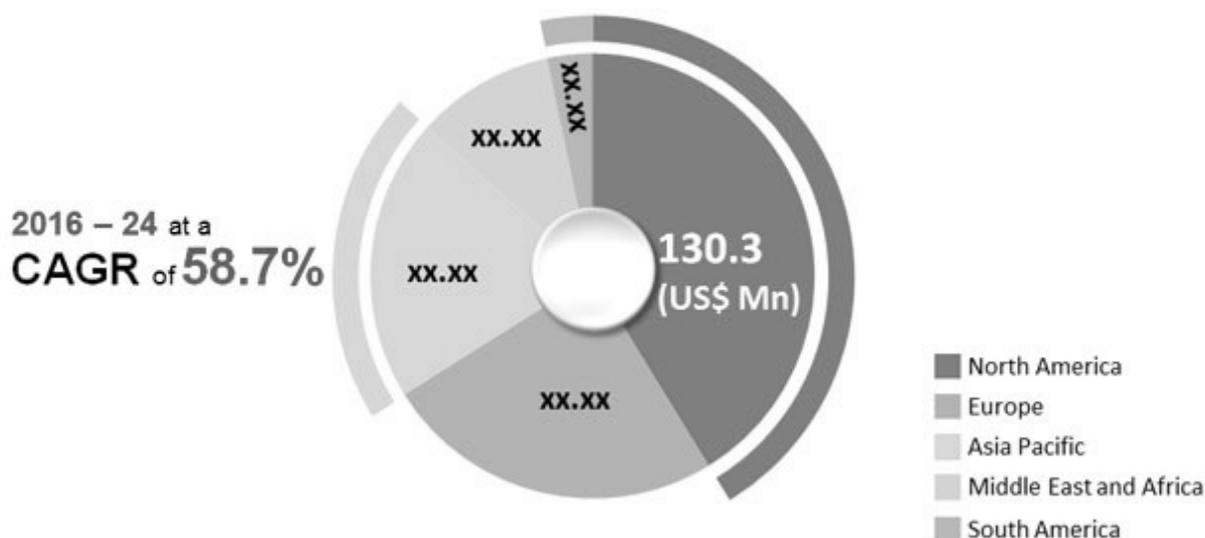
Более того, возможность поведения транзакций через блокчейн рассматривают и вполне традиционные банки. Самым очевидным вариантом для таких целей является платформа компании Ripple и одноименная криптовалюта. Благодаря применению технологии блокчейн через Рипл можно перевести практически любую сумму из любой точки Земли, автоматически конвертировав из одной валюты в другую. Например, предприниматель из США может перевести деньги своему партнеру в Германию, причем сумма в долларах придет на счет получателя уже в евро, а сама процедура займет всего несколько минут.[4]

В настоящее время, в бизнес-процессах задействовано большое количество участников, которые нуждаются в быстрых, прозрачных и эффективных отношениях — притом, что эти участники далеко не всегда доверяют друг другу. Поэтому у блокчейн одно большое преимущество — это доверенный документооборот. В блокчейн-сетях нет единого удостоверяющего центра, информация хранится во множестве узлов, что обеспечивает прозрачность и аудит для надзорных органов.

В качестве примера автором статьи приводится следующая ситуация, к сотруднику госучреждения приходит человек, которому нужна справка из ПФР или выписка из домовой книги. Сейчас для получения документов гражданин должен обратиться в отделение пенсионного фонда или же в офис «Моих документов». На оформление или получение документов уходит некоторое время. Если же информация о данных или человеке хранится в распределенной сети, где часть информации знает работодатель, другую часть — госорганы, еще одну часть — частные лица, то подобные обращения

<sup>1</sup> ICO — форма привлечения инвестиций в виде продажи инвесторам фиксированного количества новых единиц криптовалют, полученных разовой или ускоренной эмиссией

## Blockchain Technology Market Revenue By Region, 2015 (US\$ Mn)



Source: TMR Analysis, December 2016

Рис. 3. Динамика учета среднегодового темпа роста (CAGR) стран, активно использующих блокчейн-платформы в производственном секторе.

при использовании блокчейн не будут занимать столько времени, сколько приходится тратить на получение справок сейчас. Информация будет доступна всем участникам сети практически мгновенно. [5]

Программа совместных инноваций SAP Leonardo Blockchain предлагает клиентам и партнерам SAP возможность изучить различные возможности использования, включая регистрацию событий в блокчейн <http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D1%87%D0%B5%D0%B9%D0%BD> для отслеживания фаз жизненного цикла продукта — от проектирования до производства и логистики. Программа также позволит упростить серийный выпуск деталей, процессы подтверждения заказов, управление складскими запасами, получать достоверные подтверждения о подлинности изделий и их соответствии техническим характеристикам. Кроме этого, SAP изучает сценарии управления цифровыми цепочками поставок, когда различные поставщики подают оферты непосредственно в блокчейн — это позволяет повысить эффективность взаимодействия внутри бизнес-сети.

13 октября 2017 года стало известно о создании блокчейн-консорциума компаниями «М. Видео», «Альфа-банк» и «Сбербанк Факторинг». Они запустили открытую

финансовую платформу, призванную экономить сотни миллионов рублей за счет снижения человеческого фактора.

Как сообщает газета «Коммерсантъ» со ссылкой на представителя «М. Видео», созданная партнерами блокчейн-платформа для факторинговых (финансирование поставщиков под уступку их дебиторской задолженности) операций позволяет подключить неограниченное число поставщиков и банков с сохранением конфиденциальности информации о сделках. [6]

В основу новой системы заложены смарт-контракты Ethereum, выполняющие сверку информации о поставках. Платформа, представляющая собой публичную сеть из серверов каждого участника, предназначена не для платежей, а для фиксации информации о товарно-денежных транзакциях между участниками сделки.

По словам финансового директора компании М. Видео: «Применение блокчейна автоматизирует сверку отгрузочной документации и устраняет риски мошенничества и потери конфиденциальности, сокращает операционные расходы, повышает скорость и удобство факторинговых платежей». Также, по ее словам, десятки тысяч товарных накладных, используемых в факторинговых операциях между ритейлером и его поставщиками, об-

работывались вручную — посредством электронной почты, телефонной связи и бумажного документооборота.

К октябрю 2017 года 20% партнеров «М. Видео» используют блокчейн для факторинга. Годовая экономия на использовании блокчейна в факторинге может составить около 150–200 млн. рублей в год, оценивает источник газеты, близкий к проекту.

В Сбербанке рассказали, что к платформе компаний «М. Видео», Альфа-банк и «Сбербанк Факторинг» смогут подключиться только профессиональные участники рынка факторинга и их клиенты. По данным источника, проект обсуждался также с ВТБ и Промсвязьбанком. [7].

Ключевой особенностью построения мировой экономической системы на принципах децентрализованного реестра является повышение уровня защиты и отказоустойчивости. При этом существенно увеличится эффективность ведения бизнеса, а все механизмы торговли будут прозрачными.

Рис. 3 иллюстрирует прогноз аналитической компании Transparency Market Research, в котором отражены перспективы финансовых оборотов рынка, с активным использованием блокчейн-платформ. По оценкам экспертов компании, к 2024 году оборот такого рынка вы-

растет до 20 млрд. долларов с перспективой увеличения на 59% ежегодно. Принимая во внимание, подобные показатели, можно сделать вывод о том, что в 2015 году объемы оборотов на рынке составляют 316 млн. долларов, притом лидерство по работе на рынке транзакций принадлежит Северной Америке (130.3 млн. долл.), а в 2016 году стал 604,5 млн., что характеризует двойное увеличение объема. [8]

Это говорит о том, что все больше и больше компаний доверяют блокчейн-технологиям и используют их в своей работе. Передовиком в использовании принципов децентрализованного реестра является компания Microsoft. Кроме нее в своей работе блокчейн используют Deloitte, R3 банки, IBM и Chain Inc. На данный момент больше всего используют данную технологию в Северной Америке, а второе место занимает азиатский регион, и именно Китай. По внедрению инновационных технологий Китаю пока никто не может составить конкуренцию.

В заключении автор статьи делает вывод о том, что технология распределенного реестра вышла за грань привычного понимания определения. Теперь это не просто некая совокупность баз данных, но также и мощнейший и современный механизм сбора, обработки, хранения и передачи информации, содержащейся в базах данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Часть 2. Юридическая дефиниция блокчейна (а точнее — распределенного реестра данных). [Электронный ресурс] / Первая социальная сеть для юристов — Режим доступа: [https://zakon.ru/blog/2017/10/30/chast\\_2\\_yuridicheskaya\\_definicija\\_blokchejna\\_a\\_tochnee\\_-\\_raspredelennogo\\_reestra\\_dannyyh#comment\\_417652](https://zakon.ru/blog/2017/10/30/chast_2_yuridicheskaya_definicija_blokchejna_a_tochnee_-_raspredelennogo_reestra_dannyyh#comment_417652), свободный. — Загл. с экрана.
2. Развитие технологии распределенных реестров. Доклад для общественных консультаций [Текст] / Центральный Банк Российской Федерации, Москва — 2017. — 20 с.;
3. Payment Source — Prepaid Products & Gift Cards [Электронный ресурс] / Disruptor Chris Larsen Returns with a Bitcoin-Like Payments System. — Режим доступа: <https://www.paymentsource.com/news/disruptor-chris-larsen-returns-with-a-bitcoin-like-payments-system>; свободный. — Загл. с экрана.
4. SAP Leonardo Blockchain. [Электронный ресурс] / TAdviser — портал выбора технологий и поставщиков — Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:SAP\\_Leonardo\\_Blockchain](http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:SAP_Leonardo_Blockchain), свободный. — Загл. с экрана.
5. SAP Leonardo | Цифровая инновационная система [Электронный ресурс] / Программные продукты для компаний | Программное обеспечение | SAP. — Режим доступа: <https://www.sap.com/cis/products/leonardo.html>, свободный. — Загл. с экрана.
6. «М. Видео» запускает цепную реакцию — Газета Коммерсантъ № 191 (6185) от 13.10.2017 [Электронный ресурс] / Издательский дом Коммерсантъ. — Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3436416>, свободный. — Загл. с экрана.
7. «М. Видео», «Сбербанк Факторинг» и «Альфа-банк» запустили открытую блокчейн-платформу | Rusbase [Электронный ресурс] / Rusbase. Здесь зарабатывают на технологиях — Режим доступа: <http://sberbank-factoring.ru/press-center/102931/>, свободный. — Загл. с экрана.
8. Применение блокчейн-технологий в реальном секторе экономики [Электронный ресурс] / ПрофитГид: рейтинг ICO, блокчейн, биржи и курсы криптовалют. — Режим доступа: <https://profitgid.ru/primenenie-blokchejn-texnologij-v-realnom-sektore-ekonomiki.html>, свободный. — Загл. с экрана

© Солдатов Анвар Нормуминович (varan\_92@mail.ru), Хасаншин Ильдар Анварович (ildar8000@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОГНИТИВНОГО РАДИО ДЛЯ РАБОТЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

## INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE ALGORITHM MACHINE LEARNING COGNITIVE RADIO SYSTEM TO WORK WITH DYNAMIC DATA TRANSFER CHANNELS

**A. Stenin**

*Summary.* This paper deal with algorithms are considered that make it possible to select and change the radio frequency channel in the cognitive radio system based on the theory of machine learning. The investigated work of the algorithm under conditions with specified dynamic channels in the beam with the help of simulation modeling. The work uses channel bundles containing precedents necessary for machine learning systems. A comparative analysis of the results of the algorithm on the operation of the system in a single-channel mode is performed.

*Keywords:* cognitive radio, radio channel change, machine learning.

**Стенин Александр Владиславович**

Аспирант, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
av.stenin@yandex.ru

*Аннотация.* В данной работе рассматриваются алгоритм, позволяющий выполнять выбор и смену радиочастотного канала в системе когнитивного радио на основе теории машинного обучения. Исследуется работа алгоритма в условиях с заданными динамическими каналами в пучке при помощи имитационного моделирования. В работе используются пучки каналов содержащие прецеденты необходимые для машинного обучения системы. Проводится сравнительный анализ результатов работы алгоритма относительно работы системы в одноканальном режиме.

*Ключевые слова:* когнитивное радио, смена радиоканалов, машинное обучение.

## Введение

Согласно современной концепции когнитивного радио, для передачи данных между некоторыми двумя узлами в сети можно использовать не только первичный канал связи, но и вторичный, т.е. свободный канал или пучок каналов, задействованный в других целях, при этом он может отличаться по технологии, частотном разделении или даже географическом расположении.

Учитывая специфику и современные проблемы технологии когнитивного радио необходимо выделить основную задачу по передаче потока данных с использованием пучка каналов. На этапе моделирования и поиска области выигрыша мы не будем ссылаться на физическую природу каналов, это может быть сделано позднее при рассмотрении конкретной системы передачи.

Рассмотрим систему передачи данных между двумя сетевыми узлами, состоящую из  $N$  независимых каналов, один из которых первоначально является кандидатом для рассматриваемого соединения. Все каналы,

которые, возможно, будут использованы системой когнитивного радио, регламентированы стандартом связи используемой технологии передачи, вмешательство (интерференция) когнитивного радио не должно каким-либо образом влиять на поток данных между устройствами, которые используют данный канал как первичный. Это является концептуальной особенностью технологии когнитивного радио, а теоретические аспекты интерференции с первичными пользователями описаны в диссертации Thomas C. Clancy III [1].

Особенность данной технологии заключается в том, что в канале имеются ограниченные временные промежутки (временные слоты) для передачи блоков данных, которые могут быть не заняты первичными пользователями. В спектральной области такие свободные промежутки часто называют белыми пятнами (англ. *Spectrum white spots*). Использование технологии когнитивного радио позволяет обнаружить такие области и инициализировать процедуру перехода на определенный канал, анализируя весь пучок, состоящий из  $N$  каналов. Исследование алгоритмов смены радиоканала [2] в условиях динамического изменения параметров канала в пучке

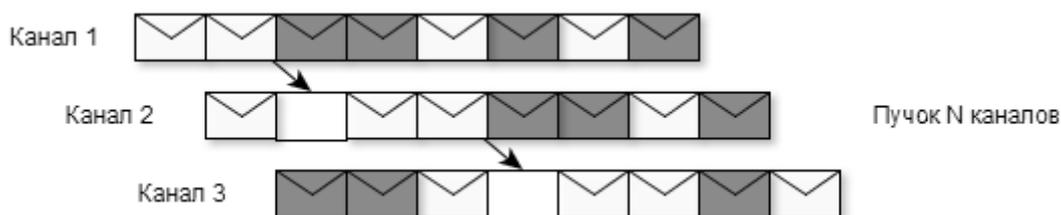


Рис. 1. Циклический переход на вторичный канал

[3] позволяет сформировать имитационную модель, наиболее приближенную к условиям эксплуатации когнитивной системы.

### Алгоритмы выбора и смены канала

Система когнитивного радио после инициализации запускает процесс мониторинга и анализа доступного пучка каналов. Математическое описание канала будет производиться по модели Гилберта. Такая модель имеет два состояния канала, хорошее ( $g$ ) без занятых слотов и плохое ( $b$ ) с вероятностью занятия блоков  $P_{ог}$ . Состояния на каждом следующем шаге описываются переходными вероятностями  $P_{gg}, P_{bb}, P_{gb}, P_{bg}$  согласно модели Гилберта.

Вероятности «хорошего» и «плохого» состояний определим согласно выражениям 1.2 и 1.3, зная стохастическую матрицу переходных состояний (1.1).

$$P = \begin{pmatrix} P_{gg} & P_{gb} \\ P_{bg} & P_{bb} \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

$$P_{gb} = 1 - P_{gg}, P_{bg} = 1 - P_{bb} \quad (1.2)$$

$$P_g = \frac{P_{bg}}{P_{bg} + P_{gb}}, P_b = \frac{P_{gb}}{P_{bg} + P_{gb}} \quad (1.3)$$

Согласно рассматриваемой концепции когнитивная система получает и анализирует данные о состоянии временных слотов пучка  $N$  каналов, и, основываясь на полученной информации, выполняет процесс самообучения. В этом процессе система дополнительно может формировать коэффициенты для каждого канала отражающие приоритет для процедуры смены канала.

Каждый рассматриваемый канал передачи данных представляет собой вектор, состоящий из элементов 0 и 1, отражающих свободный для передачи или занятый слот соответственно. Вектор имеет длину  $L_m$ , и формируется генератором согласно модели Гилберта, с заданными значениями вероятностей. В данной работе будут

использованы каналы параметры которых изменяются во времени динамически.

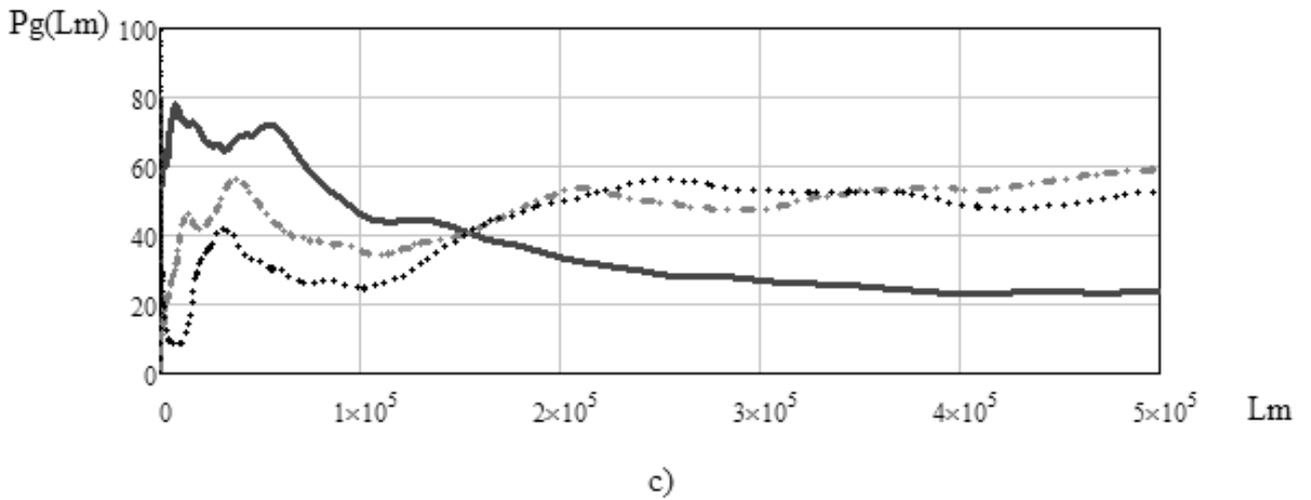
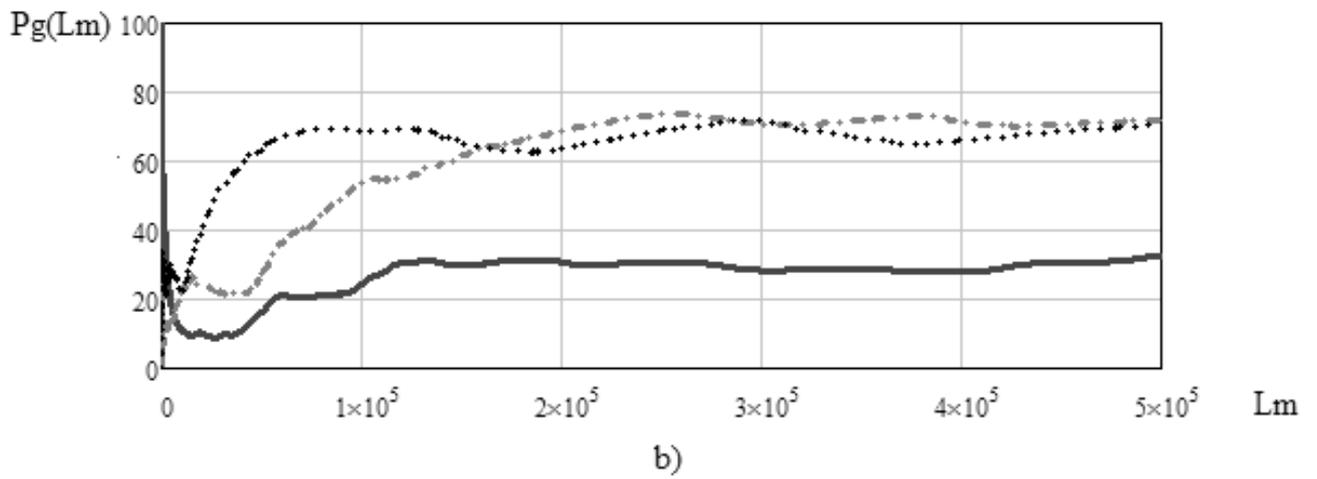
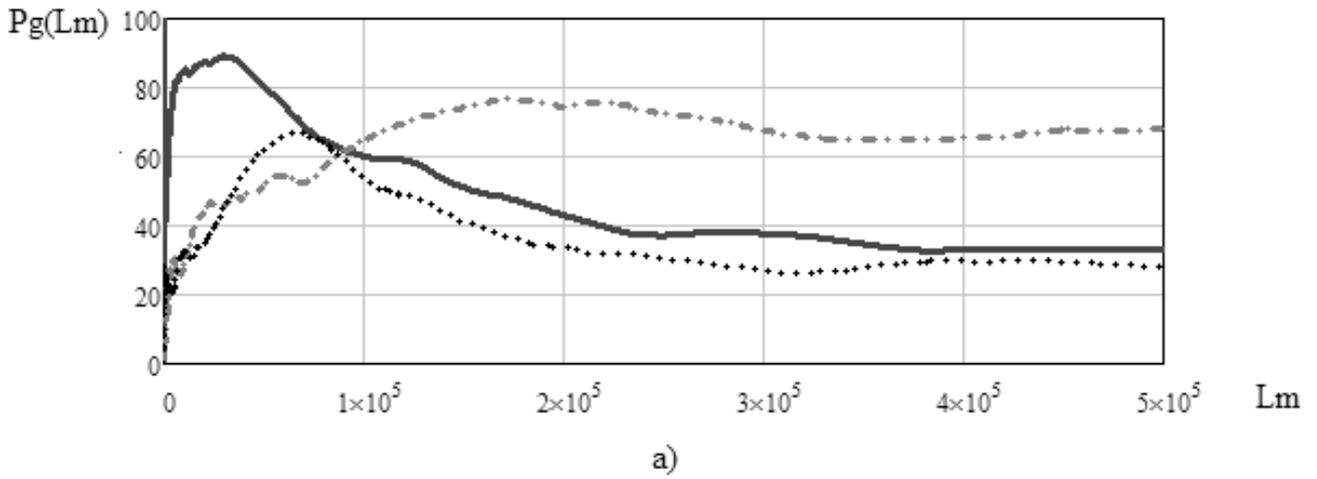
Основной задачей исследуемых алгоритмов является поиск, и выбор подходящего канала согласно сформированному приоритету, а также другим параметрам необходимым для принятия оптимального решения. На рисунке 1 показан условный переход между каналами согласно заданному алгоритму, ячейки с темным фоном отображают занятые слоты, со светлым фоном — свободные слоты (белые пятна), а пустые ячейки — время необходимое для обмена служебной информацией между устройствами не превышающее длину слота.

При работе по выбранному каналу и поиску следующего возможного, существует множество параллельных состояний каналов, изменение которых может быть обнаружено и обработано когнитивной системой. Возникновение таких ситуаций (прецедентов) задается случайным образом при помощи генератора пучка каналов, а и их распознавание является ключевой задачей алгоритма. При выборе канала должны учитываются все коэффициенты для минимизации количества временных слотов, затраченных впоследствии на смену канала.

Во время работы системы частота смены каналов будет определяться исключительно состоянием текущего канала и работой соответствующих алгоритмов. Процесс изменения канала в пучке будет циклическим на всем протяжении процесса передачи данных.

Рассмотрим постановку задачи на примере нескольких пучков каналов с различными характеристиками. Графики зависимости «качества» канала от времени представлены на рисунке 2.

Представленные графики наглядно показывают характеристики каналов в пучке, который используется в качестве входных данных для исследуемого алгоритма. На представленных графиках существует несколько прецедентов различного вида. На графике а) показан простой случай изменения «качества» канала определенного с начала передачи как наиболее приоритетного. Сложность заключается в том, что на определенном



- Канал 1  $P_{gg}=0.93$ ;  $P_{bb}=0.93$ ;  $p=1$ ;  $O=0.03$ ;  $PO=0.53$ ;  $POd=0.51$
- - - Канал 2  $P_{gg}=0.5$ ;  $P_{bb}=0.95$ ;  $p=1$ ;  $O=0.07$ ;  $PO=0.9$ ;  $POd=0.45$
- .... Канал 3  $P_{gg}=0.75$ ;  $P_{bb}=0.9$ ;  $p=1$ ;  $O=0.05$ ;  $PO=0.7$ ;  $POd=0.5$

Рис. 2. Графики зависимости параметров каналов в пучке  $N=3$

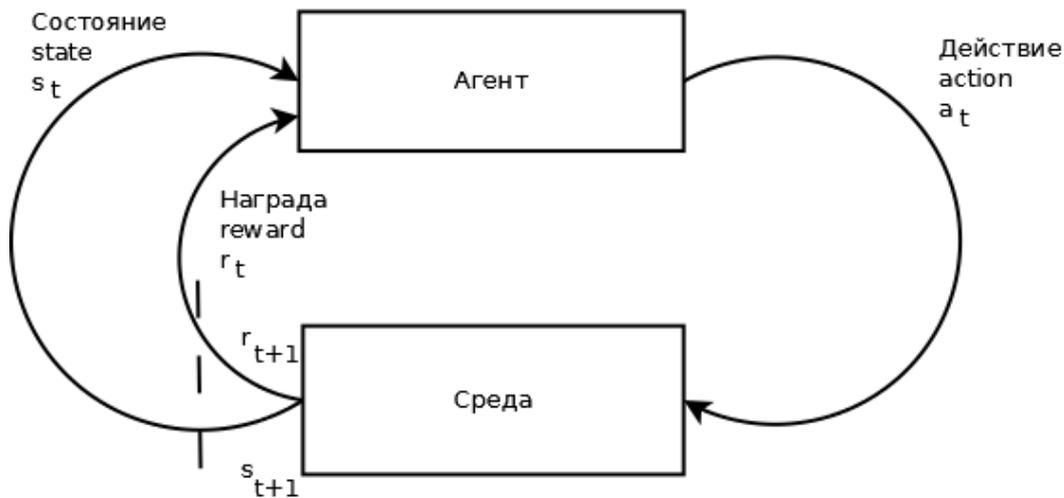


Рис. 3. Схема взаимодействия сущностей обучения с подкреплением

временном интервале параметры всех каналов равны и требуется принять оптимальное решение. График b) демонстрирует ситуацию возникновения «ложного» канала, параметры которого примерно равны приоритетному рабочему каналу. В подобной ситуации возможно использование алгоритмов частотного хоппинга [4], однако количество временных слотов, затраченных на смену канала может существенно отразиться на эффективности системы. Пучок каналов приведенный на графике c) отражает оба вышеописанных прецедента в процессе одной передачи.

Согласно вышеописанным требованиям к решению задачи необходимо определить структуру алгоритма и стратегию его работы основываясь на теории машинного обучения (англ. machine learning). В данном исследовании предлагается использовать обучение с подкреплением (англ. reinforcement learning) в ходе которого система обучается взаимодействия с некой средой (прим. пучком каналов передачи данных). Концептуальная модель обучения с подкреплением состоит из агента, среды и награды. Схема взаимодействия показана на рисунке 3.

Рассмотрим более подробно алгоритм выбора и смены канала с реализацией машинного обучения с подкреплением, его блок-схема отображена на рисунке 4.

Принцип работы алгоритма заключается в циклической работе с пучком каналов на всем протяжении передачи и формированием коэффициентов прогноза для каждого канала ( $W_k$ ). В определенные моменты времени система принимает решение о необходимости смены канала, которое может быть подкреплено соответствующей наградой согласно теории машинного обучения. В блоках 1, 2 происходит инициализация входных параметров,

задается пучок каналов и случайным образом выбирается начальный канал для передачи данных. Цикл (4) сканирует состояние каждого канала в пучке, для текущего канала формируется вектор успешного занятия слотов. В блоках 5, 6 формируются счетчики и коэффициенты прогноза для «плохого» (b) и хорошего (g) состояний соответственно. Блок 7 формирует отдельный цикл, задача которого на каждой итерации решать вопрос о необходимости смены канала (9) или продолжении работы по текущему каналу (8) основываясь на актуальных коэффициентах прогноза. В случае если алгоритм принял решение о смене канала, некоторое время в цикле (10) проверяется доступность слотов нового канала, и если слоты доступны, то агент получает награду от среды. Если же решение было принято не оптимальное и слоты не доступны или их недостаточно возможно назначение отрицательной награды для дальнейшего обучения системы.

#### Результаты моделирования

Рассмотрим результаты моделирования алгоритма выбора и смены радиоканала на основе машинного обучения с подкреплением и использованием пучка каналов с динамическими параметрами на входе. Для работы алгоритма использовалась стратегия случайного выбора канала, которая изначально не позволяет однозначно выбрать «лучший» канала, т.к. система не оперирует начальными параметрами каналов в пучке.

Используя первый пучок каналов (рис. 2, а) получим данные о работе системы для двух случаев, когда система работает по одному случайному каналу без когнитивной смены, и непосредственно работу рассматриваемого алгоритма. Результаты работы системы с одним каналом приведены на рисунке 5.

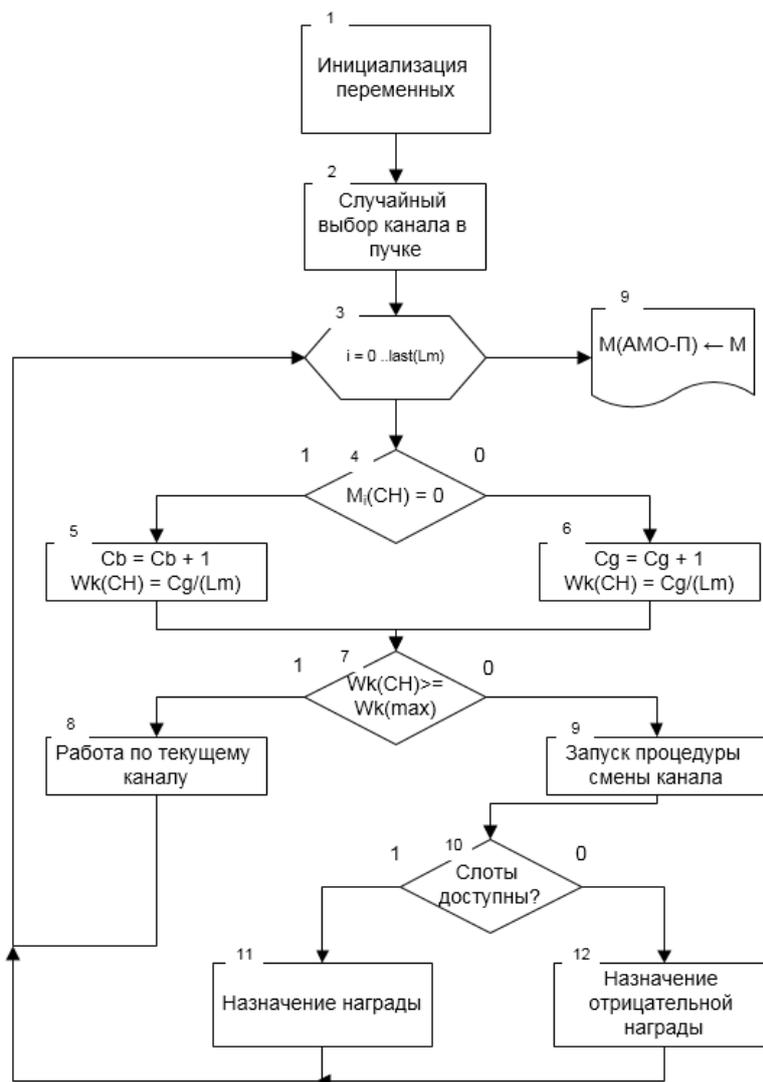


Рис. 4. Блок-схема алгоритма выбора и смены канала на основе машинного обучения с подкреплением

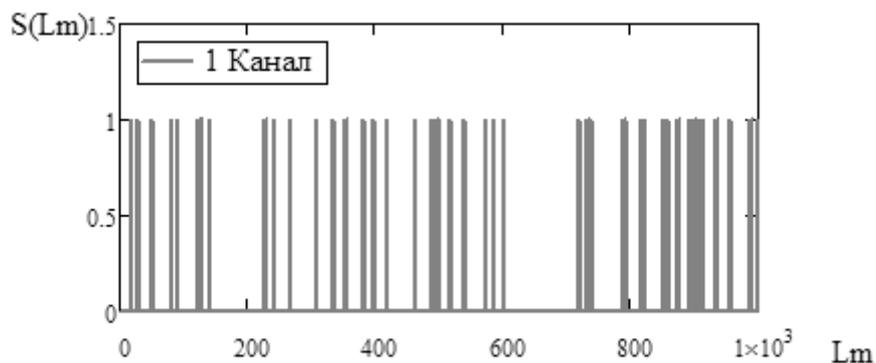


Рис. 5. Использование только одного канала в пучке

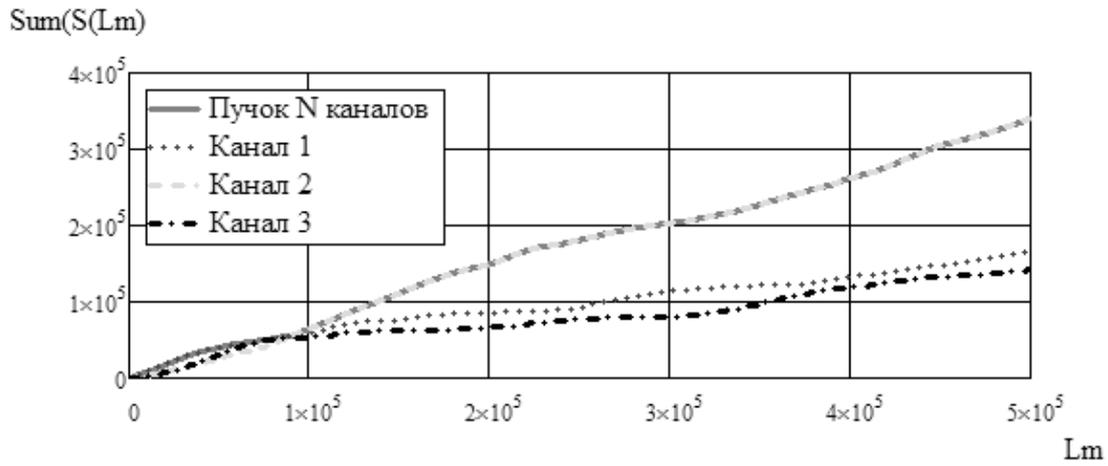


Рис. 6. Использование когнитивной системы с исследуемым алгоритмом (пучок 1)

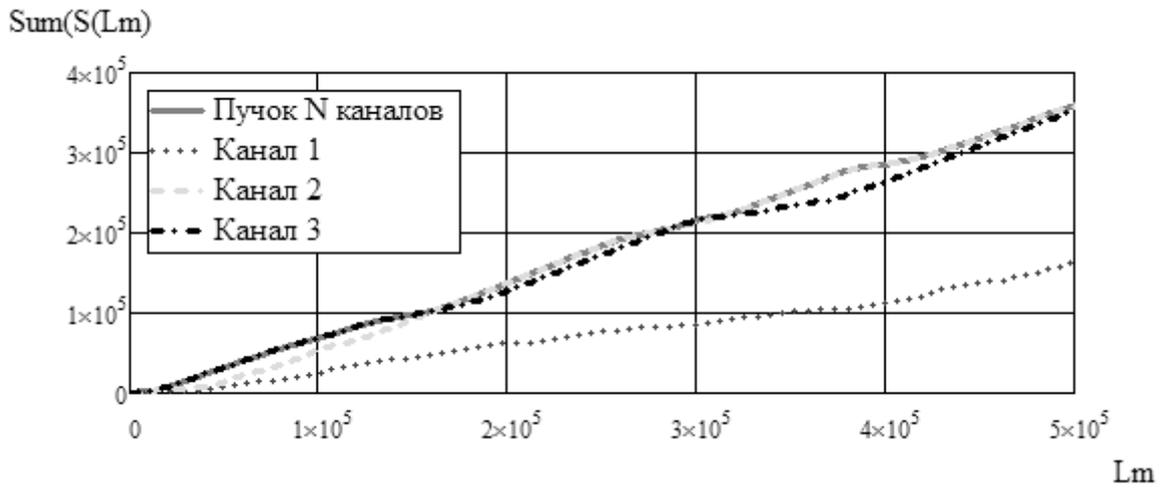


Рис. 7. Использование когнитивной системы с исследуемым алгоритмом (пучок 2)

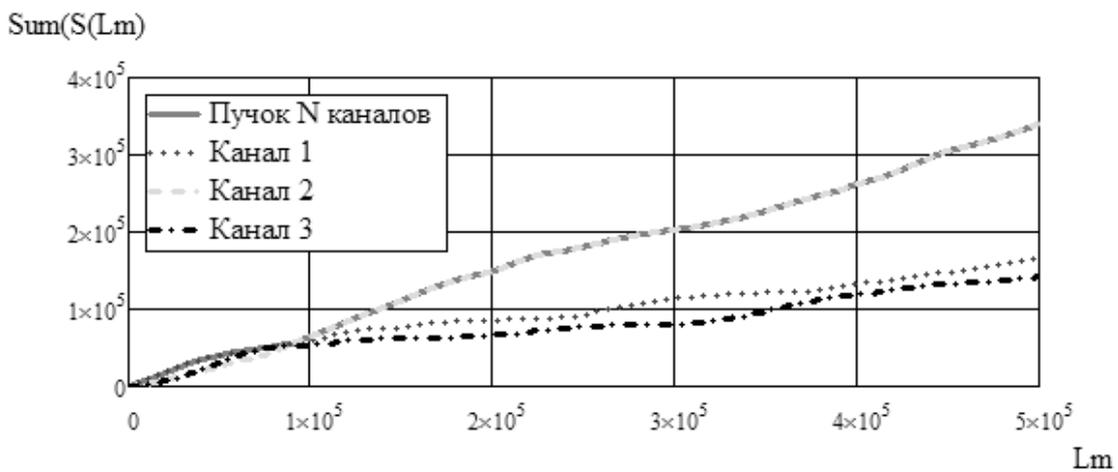


Рис. 8. Использование когнитивной системы с исследуемым алгоритмом (пучок 3)

График показывает состояние занятия слотов  $S$  (1 — успешно занят, 0 — пропущен) на начальном интервале, т.к. рабочий канал не меняется достаточно подсчитать количество свободных слотов во всех каналах пучка. Для данного случая: Длина вектора  $L_m=500000$ ; Канал 1: 166459 (33,2%); Канал 2: 340639(68,1%); Канал 3: 141855(28,4%). Исходя из полученных «лучшим» каналом является канал 2, однако такая эффективность будет достигнута если канал будет выбран в начале передачи. С ростом  $N$  каналов в пучке вероятность выбора «лучшего» канала будет пропорционально уменьшаться.

Во втором случае получим матрицу значений для алгоритма выбора и смены канала и построим график эффективности использования временных слотов относительно системы с одним каналом для разных случаев (рисунок 6).

Согласно графику, наибольшая эффективность (количество успешно использованных слотов  $S$ ) была достигнута именно алгоритмом выбора и смены радиоканала за счет использования наиболее перспективных каналов в пучке путем их анализа на протяжении всей

передачи. После смены канала когнитивная система работала по наилучшему каналу, что видно по наложению двух графиков.

Рассмотрим также остальные пучки каналов содержащие другие прецеденты для обучения системы.

Во всех рассмотренных случаях кривая описывающая эффективность работы именно с пучком каналов (когнитивная система) лежит в верхней плоскости указывая на максимально возможную эффективность для данного пучка каналов.

Полученные результаты указывают на жизнеспособность разработанного алгоритма, а применение машинного обучения с подкреплением позволяет применять алгоритм автономно для решения различных прецедентов существующих в пучке каналов с динамическими параметрами. Использование в данной работе динамических каналов позволяет реализовать среду, позволяющую когнитивной системе обучаться непрерывно во время передачи данных и принимать наиболее выгодные решения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas Charles Clancy III Dynamic spectrum access in cognitive radio networks — Maryland. 2006. — С. 11
2. Стенин А. В. Исследование алгоритмов смены радиочастотного канала в сетях когнитивного радио // Современные проблемы телекоммуникаций: материалы городской научно-технической конференции / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, 23 апр. 2015 г. Новосибирск: СибГУТИ, 2015. С. 571–575.
3. Стенин А. В. Исследование алгоритма адаптации систем когнитивного радио в условиях меняющихся параметров канала // Современные проблемы телекоммуникаций: Рос. науч.-техн. конф.: материалы конф. / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск: СибГУТИ, 2016. С. 253–258.
4. Мелентьев О. Г. Шевнина И. Е. Оценка эффективности управления хоппингом при передаче по каналам с группирующимися ошибками. Вестник СибГУТИ, 2008, № 2, С. 28–30.
5. Розенблатт, Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга = Principles of Neurodynamic: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. — М.: Мир, 1965. — 480 с.

© Стенин Александр Владиславович (av.stenin@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАЛОЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОПРИВОДЕ

## DEVELOPMENT OF THE PROCESS CONTROL SYSTEM OF PRESSURE PRESSURE IN THE HYDRO DRIVE

*Tran Van Hieu*

*Summary.* Castings obtained in the process of injection molding are widely used in machine building, automotive, etc. In the process of injection molding, the task of controlling the dynamics of the hydraulic drive is actually. Currently, the hydraulic control system uses spools, drocelli, which operate on the basis of a change in the flow section of the spool by manual or mechanical action on the spool stem. This leads to a pressure error in the hydraulic cylinder. In this case, there is a need to provide a static and dynamic accuracy of superimposing the pressure in the hydraulic drive. Other words, develop an automatic control system that provides the required pressure value. For the design of this system, it is necessary to develop mathematical models that adequately describe the transient processes that occur during the operation of the hydraulic drive. The nature of the transient is determined by the control system with a PID controller. The simulation model of the feedback control system is developed in the MatLAB & Simulink software environment and it is possible to assess the nature of the control system transient process. The synthesized parameters of the control system model provide the given indicators of the quality of the transient process. The control time is 0.062 s. Transition occurs without overshooting. Simulation of dynamic processes allowed to set the minimum value of the PID-controller response time.

*Keywords:* PID controller, stepper motor, pressure regulator, mathematical model, transfer function, hydraulic drive.

**Чан Ван Хуеу**

*Аспирант, Владимирский государственный университет, г. Владимир  
sevasvn@gmail.com*

*Аннотация.* Отливки, получаемые в процессе литья под давлением, широко применяются в машиностроении, автомобилестроении и т.д. В процессе литья под давлением актуальной является задача управления динамикой гидропривода. В настоящее время в системе управления гидроприводом используются золотники, дроссели, которые работают на основе изменения проходного сечения золотника путем ручного или механического воздействия на шток золотника. Это приводит к ошибке регулирования давления в гидроцилиндре. При этом возникает необходимость обеспечения статической и динамической точности наложения давления в гидроприводе. Иные слова, разработать автоматическую систему управления, обеспечивающую требуемое значение давления. Для проектирования этой системы необходимо разработать математические модели, позволяющие адекватно описывать переходные процессы, возникающие при работе гидропривода. Характер переходного процесса определяется системой управления с ПИД-регулятором. Имитационная модель системы управления с обратной связью разрабатывается в программной среде MatLAB&Simulink и позволяет оценить характер переходного процесса системы управления. Синтезированные параметры модели системы управления обеспечивают заданные показатели качества переходного процесса. Время регулирования составляет 0,062 с. Переходный процесс происходит без перерегулирования. Моделирование динамических процессов позволило установить минимальную величину времени срабатывания ПИД-регулятора.

*Ключевые слова:* ПИД-регулятор, шаговый двигатель, регулятор давления, математическая модель, передаточная функция, гидропривод.

### Введение

**В** работах [1–3], давление рассматривается как фактор, оказывающий значительное влияние на процесс формирования отливок, свойства которых зависят от величины давления и скорости его наложения в процессе кристаллизации. Недостатком гидропривода является возникновение ошибки регулирования. При этом возникает необходимость обеспечения статической и динамической точности наложения давления в гидроприводе.

Для проектирования системы управления наложением давления необходимо разработать математические модели системы, позволяющие адекватно описывать переходные процессы, возникающие в ее работе. Однако разработать управляющую часть с ПИД-регулятором [4,5] для управления процессом наложения давления.

### Цель работы

Параметрический синтез регулятора системы управления.

### Методы и результаты исследований

Объектом исследования выбран процесс наложения давления.

Принципиальная схема работы привода приведена на рис. 1.

Привод состоит из ЭВМ, ПИД-регулятора, шагового двигателя (ШД), регулятора давления (РД), датчика давления (ДД). Работа привода осуществляется за счет сигналов, поступающих с датчика давления в ЭВМ, в которой на основании заданного давления

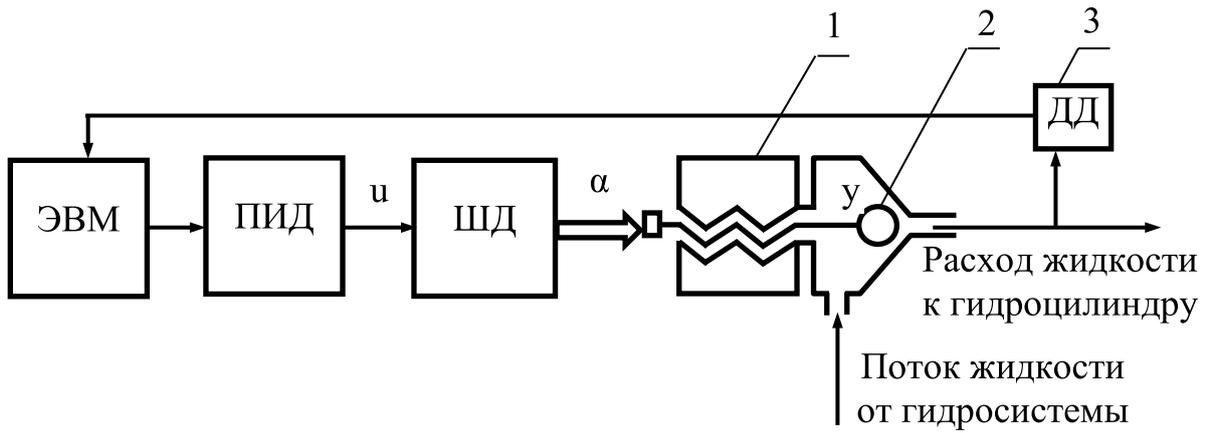


Рис. 1. Принципиальная схема работы привода регулятора давления.  
 1 — регулятор давления (РД); 2 — активный элемент; 3 — датчик давления (ДД); ЭВМ — компьютер;  
 ПИД — регулятор; ШД — двигатель;  $u$  — управляющий сигнал;  $\alpha$  — угол вращения штока ШД;  
 $y$  — движение активного элемента.

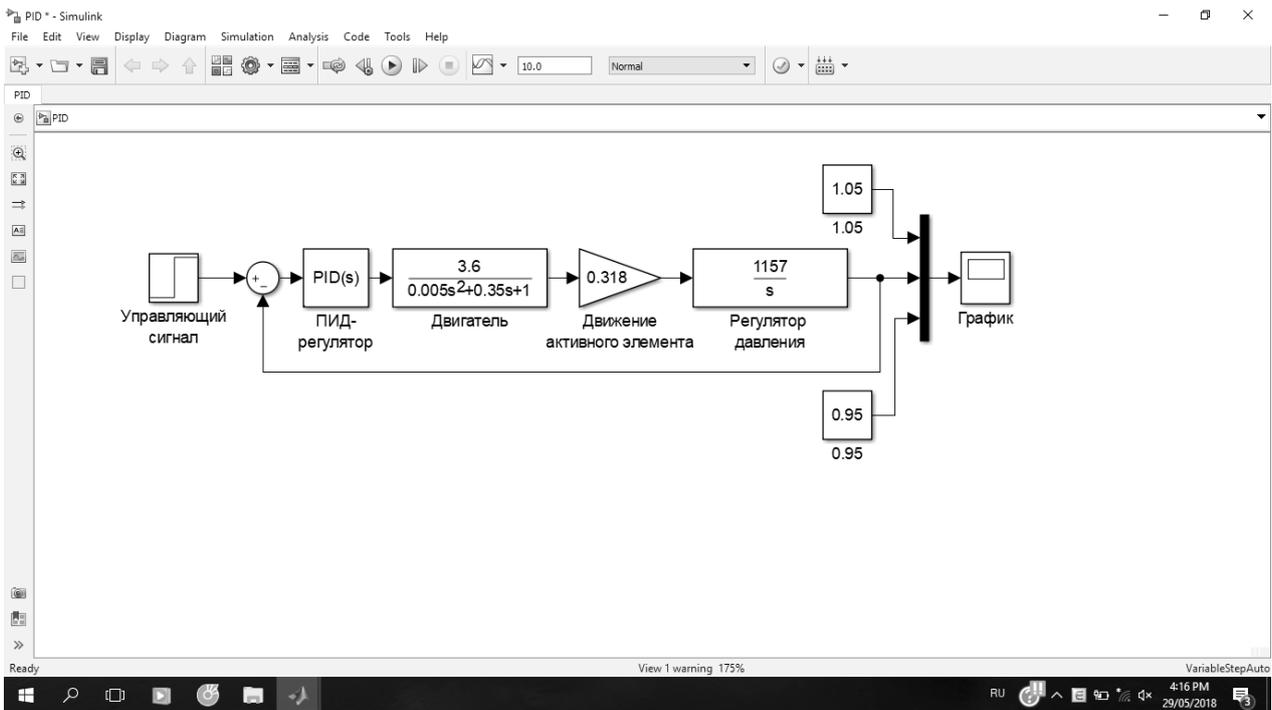


Рис. 2. Имитационная модель системы управления наложением давления.

формируется текущий сигнал на управление ПИД-регулятором. В ПИД текущий сигнал преобразует в сигнал напряжения для управления ШД. ШД вращается на угол  $\alpha$  и передает механическую энергию на вращение шпинделя РД. Следовательно, активный элемент со штоком РД двигаются и изменяют зазор РД. За счет этого изменяется давление, поступающее в гидроцилиндр.

Математические модели ПИД-регулятора описывается передаточной функцией [4–6]:

$$W_{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

где  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  — коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно.

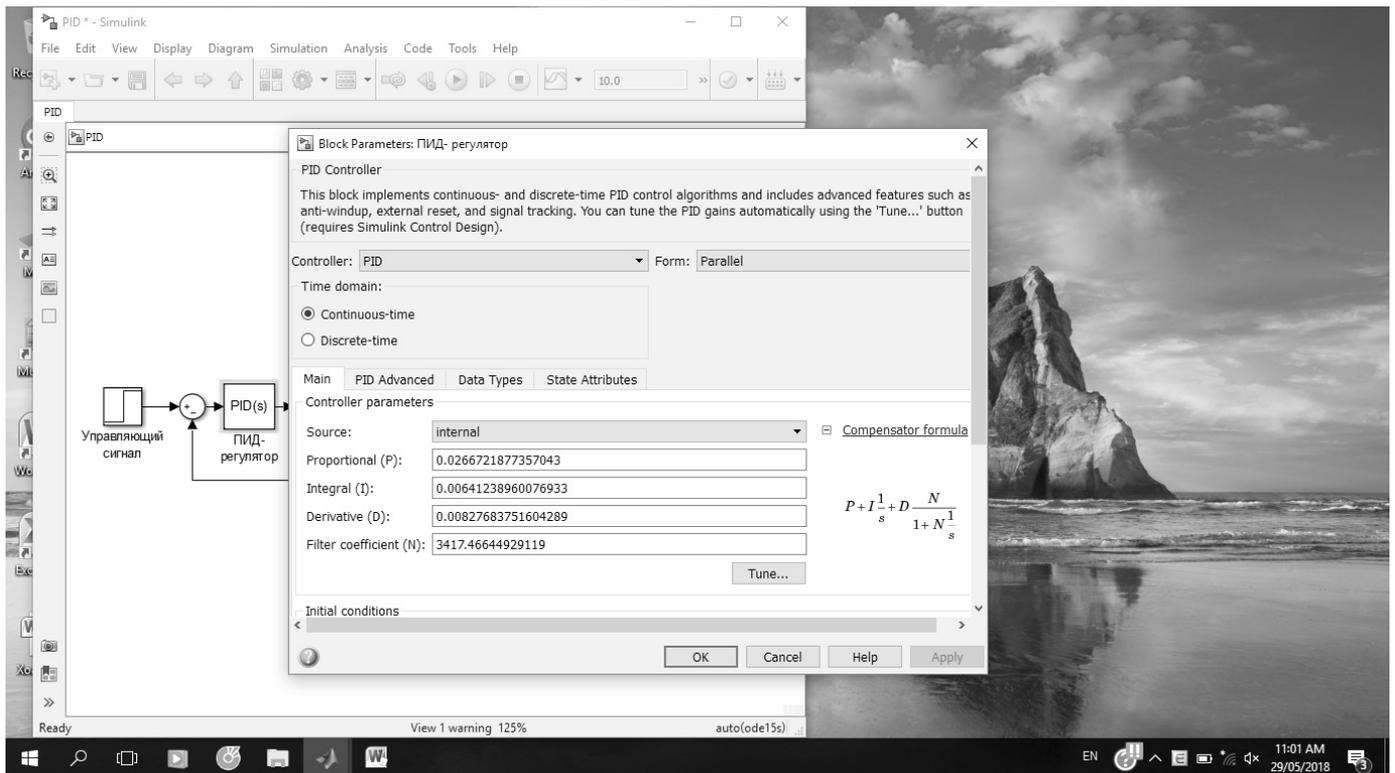


Рис. 3. Параметрический синтез модели ПИД-регулятора средствами программы Matlab&Simulink.

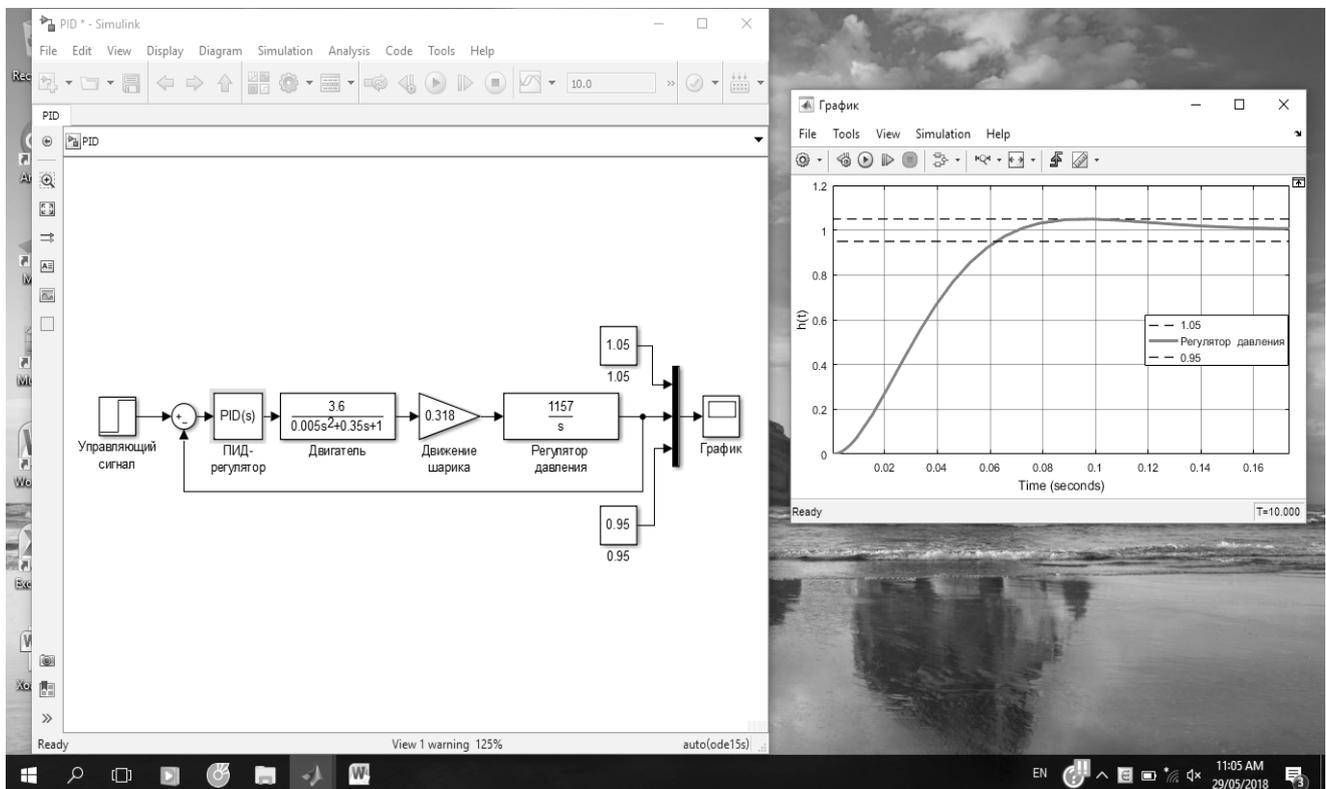


Рис. 4. Переходная характеристика системы управлением наложением давления.

Математическая модель шагового двигателя можно описать передаточной функцией второго порядка [7]:

$$W_D(s) = \frac{\alpha(s)}{U(s)} = \frac{3,6}{0,006s^2 + 0,32s + 1}$$

Перемещение активного элемента определяется передаточной функцией:

$$W_{РДy}(s) = \frac{Y(s)}{\alpha(s)} = 0,318$$

Математическая модель РД по давлению можно описать передаточной функцией [8]:

$$W_{РДy}(s) = \frac{P_{ВЫХ}(s)}{Y(s)} = \frac{1157}{s}$$

Имитационная математическая модель системы управления наложением давления с ПИД-регулятором разработана в программной среде Matlab&Simulink (рис. 2) [9, 10].

Для повышения качества управления системы переходный процесс должен обеспечить: время регулирования меньше 0,1 с; без перерегулирования.

Результаты параметрического синтеза модели ПИД-регулятора средствами программы Matlab&Simulink приведены на рис. 3. Результаты моделирования переходного процесса системы управления наложением давления приведены на рис. 4.

На рис. 4 видно, что синтезированные параметры ПИД-регулятора системы обеспечивают заданные показатели качества переходного процесса. Переходный процесс происходит без перерегулирования. Время регулирования составляет 0,062 с.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследовательские работы являются этапом теоретических исследований системы управления гидроприводом при литье под давлением.

На основании выполненных исследований можно считать, что параметры ПИД-регулятора выбраны правильно, а разработанная система управления по критериям качества переходного процесса обеспечивает требуемое быстродействие. Время регулирования составляет 0,062 с. Переходный процесс происходит без перерегулирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коростелев В. Ф. Теория, технология и автоматизация литья с наложением давления. М.: новые технологии, 2004. 224 с.
2. Коростелев В. Ф., Хромова Л. П. Управление формированием квазикристаллической структуры и свойств сплавов специального назначения. М.: Издательство «Новые технологии» — 208 с.: ил.
3. Коростелев В. Ф., Денисов М. С., Большаков А. Е., Чан Ван Хиеу. Разработка процесса производства заготовок из высокопрочных сплавов на основе алюминия // Металлы. — 2017. — № 5. — С. 14–19.
4. Astrom K. J., Hagglund T. Advanced PID control. — ISA — The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006, 460 p.
5. Астром К. Д. ПИД регулирование. — 1992. — 63 с
6. Aidan O'Dwyer Handbook of PI and PID controller tuning rules, 3rd Edition. — London: Imperial College Press, 2009.
7. Гумен В. Ф., Калининская Т. В. Следящий шаговый электропривод. — Л.: Энергия., Ленингр. Отд.ние, 1980. — 168 с., ил.
8. Попов Д. Н. Механика гидро- и пневмоприводов: Учеб. для ВУЗов. 2-е издание, стереотипное / Д. Н. Попов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 320 с.
9. Щербаков В. С., Руппель А. А., Глушеч В. А. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических систем в среде Matlab и Simulink: учебное пособие / В. С. Щербаков, А. А. Руппель, В. А. Глушеч. — Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. — 160 с.
10. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB / Ю. Лазарев — СПб: Питер, 2005. — 512 с.

© Чан Ван Хиеу ( sevasvn@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ НАБОРОВ ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВИБРАЦИОННЫХ ДАТЧИКАХ

## DETERMINATION OF OPTIMUM FEATURE SETS FOR VIBRATION-BASED SENSOR EVENTS CLASSIFICATION

**D. Chickrin**  
**S. Golousov**  
**N. Glavatskiy**  
**D. Ermakov**  
**A. Stepanov**  
**P. Kokunin**

*Summary.* The paper presents comparative analysis of machine learning feature extraction methods in relation to the problem of three-class classification using the experimental sample. Input data sampling represents a uniformly discretized sequence of normalized amplitudes of actions received from a vibration sensor. The k-nearest neighbors algorithm is used for the classification method. As a result of the investigation, the optimum feature set and optimum metrics of distance from the viewpoint of minimization of an error of classification are determined; based on the considered features, the level of their positive or negative impact on the classification process is found.

*Keywords:* classification, machine learning, vibrations, k-nearest neighbors algorithm, wavelet, cepstrum, kurtosis, skewness.

**Чикрин Дмитрий Евгеньевич**

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*dmitry.kfu@gmail.com*

**Голоусов Святослав Владимирович**

*Аспирант, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*sgolousov@gmail.com*

**Главацкий Никита Владимирович**

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*hanouchh@gmail.com*

**Ермаков Дмитрий Владимирович**

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*aginum0@gmail.com*

**Степанов Андрей Николаевич**

*Аспирант, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*pk-kzsol@mail.ru*

**Кокунин Петр Анатольевич**

*К.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральний Университет»*  
*PAKokunin@kpfu.ru*

*Аннотация.* В работе представлен сравнительный анализ методов извлечения признаков машинного обучения применительно к задаче трехклассовой классификации по экспериментальной выборке. Входная выборка данных представляла собой равномерно дискретизированную последовательность нормированных амплитуд воздействий, получаемых с вибрационного датчика. В качестве метода классификации был использован метод ближайших соседей. В результате исследований был найден оптимальный набор признаков и оптимальная метрика расстояния с точки зрения минимизации ошибки классификации; по рассматриваемым признакам определена степень их позитивного или негативного влияния на процесс классификации.

*Ключевые слова:* классификация, машинное обучение, вибрации, метод ближайших соседей, вейвлет, спектральное разложение, кепстр, эксцесс, асимметрия, метрика городских кварталов.

## Введение

**З**адача детектирования и классификации в последнее время активно решается исследователями по всему миру применительно к разнообразным системам, как гражданского назначения [1, 2] так и государственного [3]. Множество научных работ посвящено исследованию способов классификации и методов извлечения признаков.

Для успешности реализации алгоритма классификации необходимо выбрать признаки, с помощью которых объекты разных классов будут хорошо различимы. На сегодняшний день существует множество методов извлечения признаков, каждый из которых зарекомендовал себя с положительной стороны. Нам будут интересовать признаки, которые могут быть извлечены из временных рядов, полученных путем дискретизации сигнала вибрационного датчика. В данной работе рас-

смачивается лишь несколько из них, среди которых будет найден набор признаков минимизирующий ошибку классификации.

Самым простым видом признаков является сам временной ряд [3, 4], однако часто по виду временного ряда как такового бывает трудно или невозможно построить надежный алгоритм классификации [5]. В этом случае эффективными могут оказаться статистические признаки, такие как математическое ожидание [6], дисперсия [7] и другие статистические признаки более высокого порядка [8–10].

Другим важным источником признаков является частотное представление сигнала, которое в некоторых случаях достаточно хорошо характеризует объект. Также существуют такие преобразования временного ряда, как вейвлет преобразование и кепстральное разложение, которые являются богатыми источниками для генерации признаков. Так, вейвлет коэффициенты широко используются для классификации целей при использовании сейсмического датчика [11, 12], в то время как кепстральные коэффициенты хорошо себя зарекомендовали в задачах распознавания речи [13, 14].

В качестве метода классификации мы будем использовать метод ближайших соседей и проанализируем влияние его различных параметров на качество классификации.

Во второй части формулируется задача, объясняются признаки и метод классификации. В третьей части описывается сам эксперимент. В четвертой части обсуждаются результаты эксперимента. В последней части подводятся итоги и делаются выводы.

## 1. Постановка задачи

В данной работе решается задача анализа и классификации воздействий, выраженных в виде временных рядов  $x(n)$ , поступающих с чувствительного элемента — вибрационного датчика.

Стоит отметить, что обычно при практической реализации данные поступают блоками по несколько отсчетов ( $N$ ), поэтому мы будем разделять сигнал на независимые блоки для анализа.

Каждый блок данных будем рассматривать как отдельный эксперимент. Множество таких экспериментов и будет выборкой, на основании которой будем решать задачу классификации.

**Рассматриваемые признаки для анализа.** Методы извлечения признаков играют важную роль для задачи

классификации, поскольку состоятельность вектора признаков напрямую влияет на качество классификации.

Мы будем использовать несколько признаков разного рода.

**1.1. Временные признаки.** В первую очередь рассмотрим признаки, извлекаемые напрямую из временных рядов  $x(n)$ , где  $1 \leq n \leq N$ .

**1.1.1. Математическое ожидание.** Первым статистическим моментом случайной величины является её математическое ожидание:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n); \quad (1.1)$$

Математическое ожидание представляет собой оценку среднего значения случайной величины [6].

**1.1.2. Дисперсия.** Вторым статистическим моментом случайной величины является её дисперсия:

$$\sigma = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x(n) - \mu)^2; \quad (1.2)$$

Дисперсия показывает насколько отклоняются реализации случайной величины от её математического ожидания [7].

**1.1.3. Коэффициент асимметрии.** Третьим статистическим моментом случайной величины является её коэффициент асимметрии:

$$\gamma = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left( \frac{x(n) - \mu}{\sigma} \right)^3; \quad (1.3)$$

Коэффициент асимметрии показывает насколько симметрично распределение случайной величины. Положительная величина  $\gamma$  соответствует большому хвосту справа от  $\mu$ , отрицательная — слева от  $\mu$  и равна нулю при симметричном распределении [15].

**1.1.4. Коэффициент эксцесса.** Четвёртым статистическим моментом случайной величины является её коэффициент эксцесса [16]:

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left( \frac{x(n) - \mu}{\sigma} \right)^4 - 3; \quad (1.4)$$

Коэффициент эксцесса показывает меру остроты пика случайной величины.

**1.1.5. Интегральные признаки.** Интегральные признаки сигнала могут быть использованы для клас-

сификации сигналов [17]. Так в задаче детектирования высокая энергия сигнала обычно прямо свидетельствует об обнаружении цели. Энергия сигнала вычисляется по формуле:

$$E_{signal} = \sum_{i=1}^N x^2(i) \quad (1.5)$$

**1.2. Частотные и частотно-временные признаки.** Во-вторых, рассмотрим признаки извлекаемые из спектра сигнала

$$X(\omega) = F(x(t), \omega)$$

с помощью дискретного преобразования Фурье  $F$ . Аналогично временным рядам из спектра сигнала могут быть извлечены статистические моменты  $\mu_s, \sigma_s, \gamma_s, \beta_s$  с использованием частотных рядов.

**1.2.1. Shape statistics.** Дополнительно к этому будем использовать shape statistics, которые представляют собой статистику более высокого порядка [8]:

$$\mu_{s,shape} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N iX(i); \quad (1.6)$$

$$\sigma_{s,shape} = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{i=1}^N (i - \mu_{s,shape})^2 X(i)}; \quad (1.7)$$

$$\gamma_{s,shape} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \left( \frac{i - \mu_{s,shape}}{\sigma_{s,shape}} \right)^3 X(i); \quad (1.8)$$

$$\beta_{s,shape} = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^N \left( \frac{i - \mu_{s,shape}}{\sigma_{s,shape}} \right)^4 X(i) - 3; \quad (1.9)$$

где

$$S = \sum_{n=1}^N X(i).$$

**1.2.2. Вейвлет анализ.** Вейвлет преобразование широко используется для анализа сигналов [11, 12]. С помощью специальных функций  $\Psi(n)$  исходный дискретный сигнал может быть преобразован к представлению:

$$y(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \Psi\left(\frac{n-b}{a}\right) x(n) \quad (1.10)$$

где параметры  $a, b$  называются параметром растяжения (масштаба) и параметром положения соответственно.

Функции  $\Psi(n)$  называются материнскими вейвлетами. Они представляют собой полосовые фильтры, выбор параметра  $a$  позволяет получить нужную полосу пропускания. Обычно используют банк фильтров:

$$\Psi_{jk}(n) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \Psi\left(\frac{n - k2^j}{2^j}\right); \quad j, k \in \mathbb{Z} \quad (1.11)$$

В результате преобразования полученные коэффициенты  $y(a, b)$  с одинаковым  $a$  ( $a = 2^j$ ) рассматривают вместе и называют детальными коэффициентами  $j$ -го порядка  $y_j(b)$ . В качестве характеристики сигнала можно использовать сами коэффициенты вейвлет преобразования или их статистические моменты, например,  $\mu(y_1), \mu(y_2), \dots, \mu(y_k)$ , ограничившись  $K$ -м порядком детальных коэффициентов.

**1.3. Кепстральные признаки.** В этой секции рассмотрим кепстр как источник еще одного класса признаков, поскольку он широко используется в задачах классификации акустических сигналов [14]. Обычно для подсчета кепстра применяется следующая формула:

$$X_c(q) = \Re(F^{-1}(\log |X(\omega)|^2)) \quad (1.12)$$

где  $R(z)$  означает действительную часть комплексного числа  $z$ .

Не все кепстральные коэффициенты одинаково значимы для классификации, а лишь несколько первых. Так в задачах автоматического распознавания речи исторически принято использовать первые 12 коэффициентов, поскольку остальные коэффициенты вносят незначительную роль в качество распознавания.

**2. Классификация.** Задача классификации обычно формулируется следующим образом. Имеется множество объектов  $O$  и множество классов  $C$ . Каждому объекту  $o \in O$  ставится в соответствие определенный класс  $c_o \in C$ . Для конечного подмножества объектов обычно называемого обучающей выборкой известно соответствие классам. Требуется построить алгоритм, который сможет классифицировать любой объект из исходного множества.

Для сравнения объектов используются их характеристики или признаки, таким образом задача классификации объектов сводится к задаче классификации набора признаков присущих этим объектам. Часто признаки представляют собой числовые величины и могут быть количественно сравнимы. Числовые признаки принято

объединять в векторы признаков и производить классификацию таких векторов.

**2.1. Метод ближайших соседей.** Данный метод является метрическим классификатором, основанным на сходстве объектов. При классификации объект относят к классу ближайших к нему классифицированных объектов.

Широко используется взвешенный метод  $k$  ближайших соседей [1, 2, 4, 8, 13]. Для неопознанного  $x \in O$  находят  $k$  его ближайших соседей  $x_1, \dots, x_k$  в порядке удаления от  $x$ , и расстояния до них  $d_1, \dots, d_k$  в возрастающем порядке. Тогда  $i$ -му объекту назначается вес  $w_i$ :

$$w_i = \begin{cases} \frac{d_k - d_i}{d_k - d_1}, & \text{если } d_k \neq d_1 \\ 1, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1.13)$$

Класс набравший наибольший вес присваивается объекту  $x$ .

**2.2. Метод опорных векторов.** Данный метод относится к линейным классификаторам, основанным на построении линейной разделяющей поверхности [14].

Задача для двух классов ставится следующим образом. Каждый объект представляется вектором в  $p$ -мерном пространстве и классом принадлежности. Требуется построить гиперплоскость размерности  $(p - 1)$  разделяющие объекты разных классов. Гиперплоскостей построенных таким образом может быть больше одной, в связи с чем естественно рассматривать такую гиперплоскость, минимальное расстояние до которой будет максимально среди всех таких гиперплоскостей.

$$\begin{cases} \|w\|^2 \rightarrow \min \\ c_i(\vec{w} \cdot \vec{x}_i - b) \geq 1, \quad 1 \leq i \leq n, \end{cases} \quad (1.14)$$

где

$\vec{w}$  — вектор нормали к разделяющей гиперплоскости,  $b$  — модуль расстояния от начала координат до разделяющей гиперплоскости,

$c_i \in \{-1, 1\}$  — класс  $x_i$ .

Для обобщения задачи на случай многих классов на практике обычно используют технику «один против остальных».

**2.3. Метод главных компонент.** Одним из основных способов уменьшения размерности пространства признаков с минимальными потерями информации является метод главных компонент [12, 15]. Для случая двух признаков  $x_1$  и  $x_2$  требуется найти единственную прямую, которая эффективно соответствует обоим признакам. Затем мы заменяем  $x_1$  и  $x_2$  на единственный признак  $x$ . Случай двух признаков может быть обобщен на случай  $n$  признаков.

Цель метода главных компонент минимизировать среднее расстояние по всем признакам до прямой. Алгоритм:

1. Подготовка данных. Осуществляется масштабирование и нормализация данных.
2. Вычисляется матрица ковариаций  $\Sigma$ .
3. Осуществляется сингулярное разложение  $\Sigma = USV^*$ .
4. Формируется матрица проецирования  $U$  взяв первые  $k$  столбцов матрицы  $U$
5. Осуществляется проецирование  $n$ -мерного пространства признаков  $X$  на новое  $k$ -мерное пространство  $Z = XU$

Обычно количество главных компонент  $k$  выбирают таким образом, чтобы ошибка проецирования составляла не более 1% от суммарной вариации исходных данных.

**2.4. Определение расстояния.** Особняком стоит вопрос выбора метрики для определения расстояния между объектами. Так как объекты сравниваются на основании многомерных векторов особенностей в качестве расстояния разумно использовать обыкновенное евклидово расстояние [13, 14, 15]:

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_i (x_p(i) - x_q(i))^2} \quad (1.15)$$

Дополнительно к евклидовой метрике рассмотрим метрику городских кварталов и метрику Чебышева [18]:

$$d(p, q) = \sum_i |x_p(i) - x_q(i)| \quad (1.16)$$

$$d(p, q) = \max_i |x_p(i) - x_q(i)| \quad (1.17)$$

### 3. Эксперимент

В качестве источника данных будем использовать вибрационный датчик, который в равномерном дискретном времени измеряет одномерную характеристику воздействия на систему. Датчик производит измерения с частотой 2048Гц. Для анализа и классификации воздействий будем использовать кадр данных длиной 1с, что соответствует 2048 отсчетам.

Обучающая выборка состоит из 200 кадров, каждый из которых относится к одному из трёх классов: отсут-

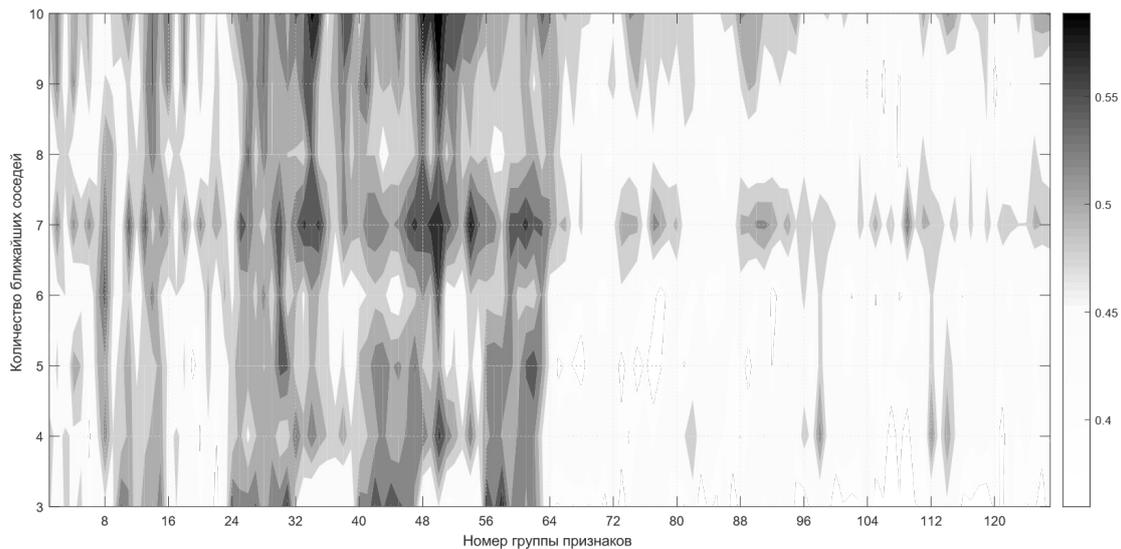


Рис. 1. Влияние выбора признаков и количества ближайших соседей на уровень потерь классификации представленный на рисунке цветовым градиентом.

ствии воздействия (60 кадров), импульсное воздействие (70 кадров) и распределённое воздействие (70 кадров). В качестве критерия оценки качества классификации будем использовать уровень потерь по методике «один против остальных»:

$$CL = \frac{\text{Количество неправильно классифицированных кадров}}{\text{Общее количество кадров}} \quad (1.18)$$

### 3.1. Выявление оптимального набора признаков.

Все рассмотренные признаки, извлекаемые из временных рядов, нашли свое применение в разнообразных предметных областях, в которых требуется решать задачу классификации объектов. В данной работе предлагается найти подмножество признаков минимизирующее  $CL$ . Для этого рассмотрим все возможные подмножества признаков и для каждого из них вычислим  $CL$ .

### 3.2. Влияние параметров метода классификации.

От выбора количества  $k$  ближайших соседей и метрики близости также зависит качество классификации. В данной работе предлагается найти оптимальные параметры, которые минимизируют  $CL$ . Количество  $k$  будем варьировать от 3 до 10. Метрики расстояния были рассмотрены выше: метрика Чебышева, метрика городских кварталов, евклидова метрика.

## 4. Результаты

Для поиска оптимального набора характеристик сигнала для решения задачи классификации было сформировано 7 подгрупп признаков<sup>2</sup>:

1. статистические моменты временного ряда ( $\mu, \sigma, \gamma, \beta$ )
2. энергия временного ряда ( $E_{\text{signal}}$ )
3. статистические моменты спектра ( $\mu_s, \sigma_s, \gamma_s, \beta_s$ )
4. shape statistics ( $\mu_s, \text{shape}, \sigma_s, \text{shape}, \gamma_s, \text{shape}, \beta_s, \text{shape}$ )
5. энергия спектра ( $E_{s, \text{signal}}$ )
6. вейвлет коэффициенты ( $\mu_{w,1}, \mu_{w,2}, \mu_{w,3}, \mu_{w,4}, \mu_{w,5}$ )
7. кепстральные коэффициенты ( $C_1, C_2, \dots, C_{12}$ )

Объединяя эти подгруппы в группы полным перебором, было составлено 127 итоговых групп признаков. Для каждой из групп был запущен алгоритм классификации, основанный на методе ближайших соседей. На Рис. 1 представлены изолинии уровня потерь классификации ( $CL$ ) в зависимости от номера группы признаков и количества ближайших соседей.

Было установлено, что наличие кепстральных коэффициентов в наборе заметно улучшает классификацию: первая половина групп (1–63) не включает кепстральные коэффициенты, в то время как вторая (64–127) включает, что сопровождается уменьшением  $CL$  в среднем на 7%.

Наоборот, подгруппа признаков shape statistics негативно влияет на уровень потерь. Особенно хорошо это заметно в первой половине Рис. 3<sup>3</sup>.

Аналогично, присутствие признаков, основанных на вейвлет разложении в среднем ухудшает уровень классификации.

<sup>3</sup> Группы признаков содержащие подгруппы shape statistics имеют номера: 8–15, 24–31, 40–47, 56–63, 72–79, 88–95, 104–111, 120–127.

<sup>2</sup> подробно описаны в разделе 1

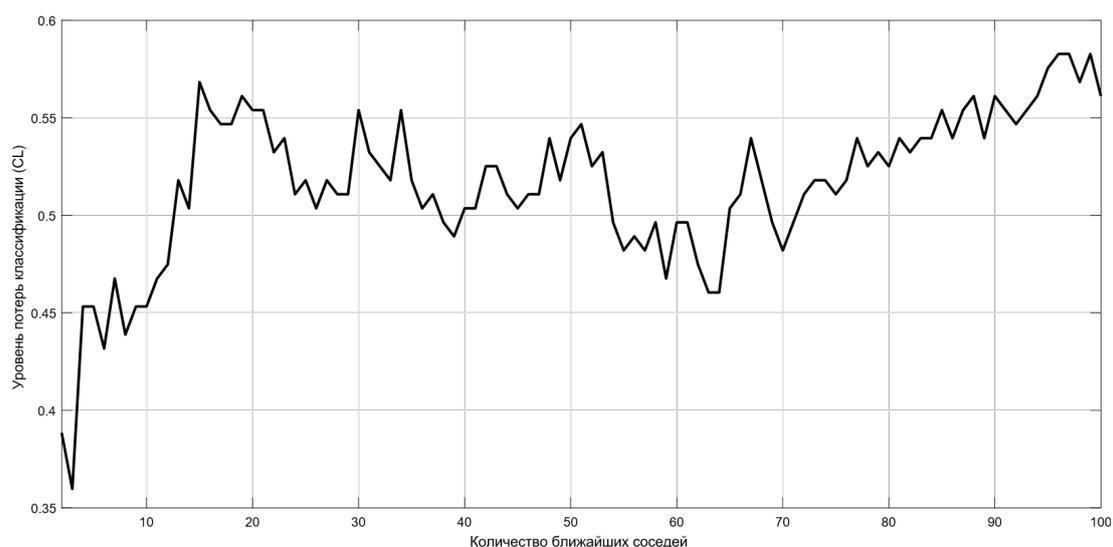


Рис. 2. Зависимость CL от количества ближайших соседей.

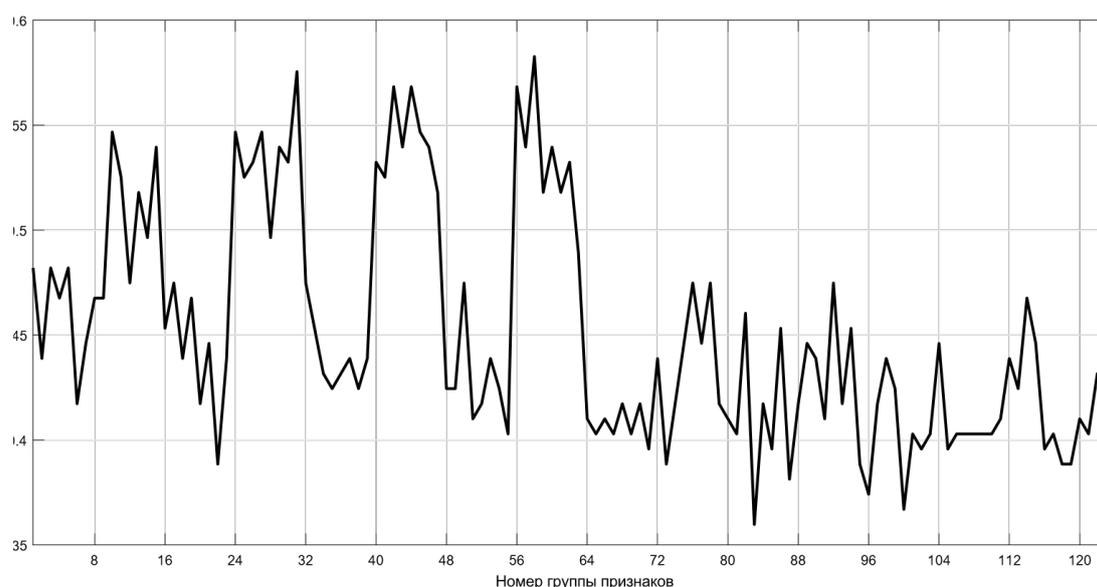


Рис. 3. Влияние выбора признаков на уровень потерь классификации при  $k = 3$ .

Минимальный уровень потерь 35,97% достигается на группе признаков № 83, состоящей из статистических моментов временного ряда, его энергии, энергии спектра и кепстральных коэффициентов. Этот набор признаков является оптимальным для данной задачи.

При варьировании количества ближайших соседей в пределах от 2 до 100 качество классификации значительно меняется. На Рис. 2 представлена зависимость  $CL$  от  $k$ . Оптимальное значение  $k$  равно 3, причем при его увеличении заметен большой рост уровня потерь классификации. На Рис. 3 представлен детальный гра-

фик зависимости уровня потерь классификации от выбора группы признаков для  $k$  равного 3.

При использовании метода главных компонент в среднем по всем наборам качество классификации улучшается на 5%, но минимальный уровень потерь остается на прежнем уровне 35,97%. При такой конфигурации при  $k$  равном 5 наблюдается сразу несколько оптимальных групп признаков: 76, 79, 93.

Наилучшие результаты достигаются при использовании метрики городских кварталов. При применении

других рассмотренных метрик уровень потерь классификации возрастает в среднем на 4%.

Метод опорных векторов не дает существенного результата. Скорее всего это вызвано линейной неразделимостью выборки.

### Заключение

В результате исследования было установлено следующее. При решении задачи классификации методом ближайших соседей выборки, полученной из сигнала вибрационного датчика, наилучшим признаком является признак на основе кепстральных коэффициентов.

Применение признаков на основе вейвлет преобразования и shape statistics снижает качество классификации.

Применение метода главных компонент существенным образом не улучшает классификацию.

Среди рассмотренных метрик наилучшие результаты достигаются при использовании метрики городских кварталов.

Группа признаков, при которой достигается минимальный уровень потерь классификации 35,97%, состоит из моментов временного ряда, его энергии, энергии спектра, а также кепстральных коэффициентов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bashir S., Doolan D., Petrovski A. — ClusterNN: A Hybrid Classification Approach to Mobile Activity Recognition // Proceedings of the 13th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia. MoMM 2015. New York, NY, USA: ACM, 2015. С. 263–267.
2. Jayasree T., Bobby M., Muttan S. — Sensor Data Classification for Renal Dysfunction Patients Using Support Vector Machine // Journal of Medical and Biological Engineering. 2015. Т. 35, № NOVEMBER. С. 759–764.
3. Bhattacharyya A., Saraswat V. K., Manimaran P. [и др.] — Evidence theoretic classification of ballistic missiles // Applied Soft Computing Journal. 2015. Т. 37. С. 479–489.
4. Seth N., Johnson D., Taylor G. [и др.] — Robotic pilot study for analysing spasticity: clinical data versus healthy controls. // Journal of neuroengineering and rehabilitation. 2015. Т. 12. с. 109.
5. Xi X., Eamonn K., Shelton C. [и др.] — Fast time series classification using numerosity reduction // Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning (ICML). 2006. С. 1033–1040.
6. Kumar M. M., Puhan N. B. — Off-line signature verification: upper and lower envelope shape analysis using chord moments. // 2014. № April. С. 347–354.
7. Jing Y., Meng Q., Qi Q. [и др.] — A novel olfactory neural network for classification of Chinese liquors using electronic nose // 2015 IEEE SENSORS — Proceedings. 2015. С. 0–3.
8. Tian Y., Qi H., Wang X. — Target detection and classification using seismic signal processing in unattended ground sensor systems. // Т. 4. 2002. с. IV/4172.
9. Bump W.M. — The Normal Curve Takes Many Forms: A Review of Skewness and Kurtosis. 1991.
10. Liang Z., Wei J., Zhao J. [и др.] — The statistical meaning of kurtosis and its new application to identification of persons based on seismic signals // Sensors. 2008. Т. 8, № 8. С. 5106–5119.
11. Averbuch A., Hulata E., Zheludev V. [и др.] — A wavelet packet algorithm for classification and detection of moving vehicles // Multidimensional Systems and Signal Processing. 2001. Т. 12, № 1. С. 9–31.
12. Liu C. — Classification Fusion in Wireless Sensor Networks. 2006. Т. 32, № 6. С. 1–9.
13. Bano S, Ravi Kumar K. — Decoding Baby Talk: Basic Approach for Normal Classification of Infant Cry Signal // International Journal of Computer Applications. 2015. С. 24–26.
14. Barkana B.D., Zhou J. — A new pitch-range based feature set for a speaker's age and gender classification // Applied Acoustics. 2015. Т. 98. С. 52–61.
15. Saha A., Konar A. — Data-point and Feature Selection of Motor Imagery EEG Signals for Neural Classification of Cognitive Tasks in Car-Driving. // 2015.
16. Айзикович А.А., Корякин А. В. — Методы распознавания типа нарушителя, применяемые в сейсмоакустических периметровых охранных системах // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. Т. 1 (21). С. 5–8.
17. Yang B., Lei Y. — Vehicle detection and classification for low-speed congested traffic with anisotropic magnetoresistive sensor // IEEE Sensors Journal. 2015. Т. 15, № 2. С. 1132–1138.
18. Рузибаев О.Б., Эшметов С. Дж. Исследование и анализ алгоритмов на основе нечеткого метода к ближайших соседей с применением различных метрик при диагностике рака молочной железы // Наука и Мир. 2016. Т. 5 (33). С. 102–107.

© Чикрин Дмитрий Евгеньевич ( dmitry.kfu@gmail.com ), Голоусов Святослав Владимирович ( sgolousov@gmail.com ),  
Главацкий Никита Владимирович ( hanouchh@gmail.com ), Ермаков Дмитрий Владимирович ( aginum0@gmail.com ),  
Степанов Андрей Николаевич ( pk-kzsol@mail.ru ), Кокунин Петр Анатольевич ( PAKokunin@kpfu.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

## THE ANALYSIS OF METHODS OF THE FORMALIZED DESCRIPTION OF CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF ZINC PRODUCTION

*S. Shavlokhov*

*Summary.* The classification of methods of the formalized description of control systems of technological process of zinc production is considered in this article. The multiple description of each method, its value in the organization of production of production of zinc is given. Examples and the directions of use of methods of the formalized description of control systems of technological process of zinc production are shown. One of versions of the formalized description of such control system — the choice of a robotic complex is considered in this article.

*Keywords:* control system, production process, statistical methods, chart, zinc, forecast, information technologies.

**Шавлохов Сармат Хасанбекович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)  
sarmat-shavlokhov@yandex.ru

*Аннотация.* в данной статье рассмотрена классификация методов формализованного описания систем управления технологическим процессом цинкового производства. Дано краткое описание каждого метода, его значение в организации производственного процесса изготовления цинка. Показаны примеры и направления использования методов формализованного описания систем управления технологическим процессом цинкового производства. Рассмотрен один из вариантов формализованного описания такой системы управления — выбор роботизированного комплекса.

*Ключевые слова:* система управления, процесс производства, статистические методы, диаграмма, цинк, прогноз, информационные технологии.

**М**етоды формализованного описания систем управления используются для описания такого рода систем, в том числе их функционирования и практического использования. Эти методы позволяют изучить производственные процессы со всех сторон: во времени, в пространстве.

Результатом такого изучения будет являться представление всего процесса производства как целостной системы, имеющей структурные единицы, подчиняющейся определенным правилам и алгоритмам работы. Кроме того, изучив описание производственной системы, можно понять ее структуру управления, звенья руководства и подчинения, контроля и анализа.

Основная цель использования методов формализованного описания систем управления заключается в создании оптимальных условий функционирования аппаратного комплекса и всей системы в целом, поддержке качественного информационного обеспечения системы.

С помощью определенного метода формализованного описания систем управления обследованием всей системы управления производством должно выявить

наиболее перспективные варианты построения, создания, организации и обеспечения функционирования системы производства на реальном предприятии.

Итогом использования метода формализованного описания систем управления в оптимальном варианте должно стать разработка и внедрение механизмов управления на производственных объектах.

Предпосылкой развития использования такого рода методов в организации управления явилось развитие менеджмента во всех сферах производства, в том числе появление новых перспективных направлений стимулирования развития компаний.

В теории существует различная классификация методов формализованного описания систем управления. Чаще выделяют вероятностные (статистические) и детерминированные методы формализованного описания, но есть и теоретико-множественные методы, графические методы и метод математической логики, математики и др.

Аналитические методы формализованного описания систем управления включают в себя методы классической математики, в том числе интегро-дифференциаль-

Таблица 1. Фактические и прогнозные показатели рынка цинка, тыс. тонн

Фактические и прогнозные показатели рынка цинка, тыс. т					
Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2017 г. / 2016 г.	Прогноз на 2018 г.
Добыча	13 610	12 769	13 230	3,6% ↑	13 780
Производство	13 656	13 739	13 724	-0,1% ↓	14 060
Потребление	13 486	13 861	14 219	2,6% ↑	14 280
Баланс рынка	170	-122	-495		-220

ное исчисление, методы поиска экстремумов функций, вариационное исчисление и другие, методы математического программирования. Статистические методы включают в себя разделы теории математики, такие как математическая статистика, теория вероятностей, и прикладной математики, такие как методы статистических испытаний, статистическое имитационное моделирование. Теоретико-множественные методы используют разделы дискретной математики (моделирования, автоматизации проектирования, информационно-поисковых языков), а графические методы — диаграммы, графики, таблицы и т.п.

Управление технологическим процессом цинкового производства также можно описать с помощью методов формализованного описания системы управления.

Статистический метод формализованного описания систем управления технологическим процессом цинкового производства позволяет с помощью методов статистики охарактеризовать технологию производства цинка, в том числе в части необходимого количества ресурсов, времени производства, выхода изделия и т.п.

Графические методы описания систем управления технологическим процессом цинкового производства используются для визуализации модели производства цинка.

Графический способ нацелен на подачу пользователям понятного механизма производства цинка, поиск неточностей в производстве, выявление лишних и коррекцию нерациональных звеньев производства.

Использование методов статистики при описании технологического процесса цинкового производства может использоваться по нескольким направлениям.

С помощью методов статистики изучается мировое расположение, потребление цинка в мире и отдельных регионах. Указанная информация может быть использована при разработке программы приобретения сырьевого материала, поиске путей распространения полуценного сырья и т.п.

Так, по итогам 2017 года мировой объем добычи цинка составил 13,2 млн. тонн, что на 3,6% больше относительно аналогичного периода 2016 года. Увеличение добычи было связано с ростом производства на шахтах Индии, Канады, Перу, Турции, Африки (Эритрея, Намибия). Наибольший прирост отмечен в Эритрее (+120%, до 90 тыс. тонн) и Индии (+34%, до 850 тыс. тонн).

Производство цинка уменьшилось всего на 0,1% и составило 13,7 млн. тонн. При этом рост потребления металла составил 2,6% — до 14,2 млн. тонн.

Указанные данные по добыче мирового рынка цинка являются статистическими данными, которые лягут в основу прогноза будущих уровней развития добывающей промышленности по данному направлению.

Прогнозные значения формируются, в том числе с использованием методов статистики данных, прикладной математики, моделирования и других имитационных методов.

Так, например, сформирован и прогноз на 2018 год. В 2018 году прогнозируется дефицит в размере 220 тыс. тонн. При этом рост общемирового потребления цинка будет обусловлен за счет увеличения спроса со стороны США (+2%) и Европы (+2,8%).

Добыча и производство цинка в 2018 году будут расти на фоне восстановления производственных объемов на ранее остановленных рудниках.

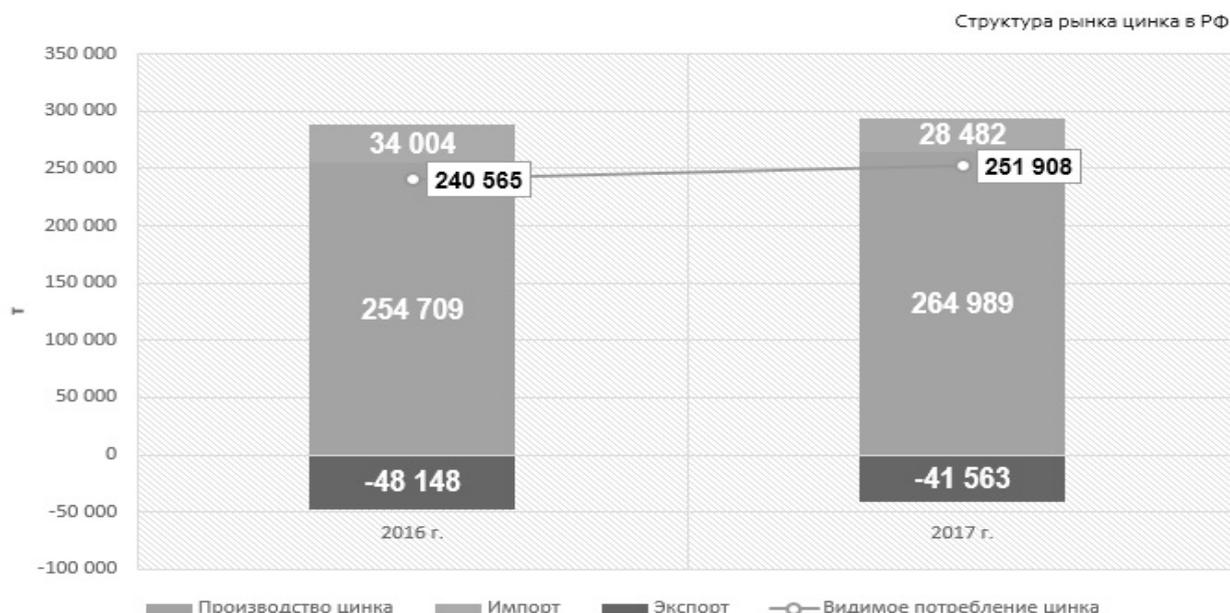


Рис. 1

Очень часто для визуализации прогнозных значений используется графический метод описания в форме таблиц (таблица 1).

Для визуализации объемов производства цинка используется графический метод описания в форме гистограммы (рисунок 1) [5].

Кроме того, с помощью методов статистики компания может оценивать динамику собственного производства сырья, сопутствующих расходов на его изготовление и т.д.

В связи с развитием информационных технологий, переходом производства на автоматические модели, особенно актуальным становится вопрос роботизации процесса производства цинка.

При формализованном описании процесса выбора модели промышленного робота при построении роботизированных автоматических комплексов широко применяются методы моделирования РТК с целью качественной оценки того или иного технического предложения [7, 4, 1].

При разработке модели функционирования варианта роботизированного комплекса требуется определить количественный состав оборудования, выбрать технологическое, вспомогательное оборудование, модель. Выбор количества единиц и моделей технологического и вспомогательного оборудования производится на основе знания особенностей роботизируемого комплекса и в каждом конкретном случае носит индивидуальный характер [2]. Выбор моделей робота осуществляется на основе анализа свойств и параметров роботизируемой технологической операции и заключается в определении соответствия этих параметров характеристикам производства.

Для проверки корректности построенного варианта РТК применяются методы имитационного моделирования. Имитационное моделирование функционирования РТК можно проводить на основе аналитических и графических методов.

Системы графического моделирования в последнее время получили широкое при моделировании функционирования РТК, движений робота, в среде с препятствиями, с возможностями коррекции работы элементов РТК [7, 10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карташев В. А., Павловский В. Е., Платонов А. К. Сазонов В. В., Соколов С. М., Козырев Ю. Г. Применение промышленных роботов. Издательство «Промспект», 2013. — 358 с.
2. Производство свинца, цинка и кадмия: Справочник ИТС 13–2016 / Электронный ресурс — Режим доступа: [https://standartgost.ru/g/ИТС\\_13-2016](https://standartgost.ru/g/ИТС_13-2016)
3. Многофункциональный программный комплекс моделирования и оптимизации подсистем ГПС. /В кн. Автоматизация проектирования и программирования роботов и ГПС. М.: Наука, 1988. с. 59–70

4. Макаров И. М., Попов Е. П., Медведев В. С. Состояние и перспективы развития САПР промышленных роботов и ГПС. /В кн. Автоматизация проектирования и программирования роботов и ГПС. — М.: Наука, 1988. с. 5–16.
5. Мировой рынок цинка / Электронный ресурс — Режим доступа: [http://www.ugmk.com/analytics/surveys\\_major\\_markets/tsink/](http://www.ugmk.com/analytics/surveys_major_markets/tsink/)
6. Никулина Е. А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы. СП-б: Лань, 2017. — 708 с.
7. Павловский В. Е., Бигдан Е. К., Прудковский С. Г., Романов В. А. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн.1/Под ред. Ш. Нофа. — М.: Машиностроение, 1989. — 480 с.
8. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн.2/Под ред. Ш. Нофа.-М.: Машиностроение, 1990. — 480 с.
9. Ярошевский В. С. Опыт создания алгоритмов и программ для управления роботами (организация работ и пути повышения надежности роботов) / Препр. ИПМ. — № 121. — М.: 2016. — 32 с.

© Шавлохов Сармат Хасанбекович ( [sarmat-shavlokhov@yandex.ru](mailto:sarmat-shavlokhov@yandex.ru) ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-Кавказский горно-металлургический институт

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ ДОПЛЕРОВСКОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РАДИОЛОКАТОРА ДМРЛ-С

## INFORMATION SYSTEM FOR DATA ANALYSIS AND DISPLAY OF DOPPLER WEATHER RADAR DMRL-C

V. Shapovalov

*Summary.* The paper presents a description of the application software for Doppler weather radars. The program is used to provide airports and storm warning services with maps of clouds and dangerous weather phenomena (showers, thunderstorms, hail, flurry). Information technology provides for the receipt and transmission to consumers of operational radar information about the actual weather, cloud development diagnostics, detection, recognition and notification of dangerous weather events for airports and information services, measurement of the intensity and amount of precipitation for agriculture, hydrological forecasts and reclamation, obtaining precipitation maps for agriculture and insurance companies.

The program uses modern information technology and optimal algorithms for processing radar meteorological information.

*Keywords:* clouds, weather phenomena, observational data, information analysis and display, Doppler weather radar.

Шаповалов Виталий Александрович

К.ф.-м.н., с.н.с., ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»  
atajuk@mail.ru

*Аннотация.* В работе представлено описание прикладного программного обеспечения для доплеровских радиолокаторов. Программа применяется для обеспечения аэропортов и служб штормового оповещения картами облаков и опасных явлений погоды (ливни, грозы, град, шквал). Информационная технология обеспечивает получение и передачу потребителям оперативной радиолокационной информации о фактической погоде, диагностику развития облачности, обнаружение, распознавание и оповещение об опасных явлениях погоды для аэропортов и информационных служб, измерение интенсивности и количества выпавших осадков для сельского хозяйства, гидрологических прогнозов и мелиорации, получение карт осадков для сельского хозяйства и страховых компаний.

В программе использованы современные информационные технологии и оптимальные алгоритмы обработки радиолокационной метеорологической информации.

*Ключевые слова:* облака, явления погоды, данные наблюдений, анализ и отображение информации, доплеровский радиолокатор.

## Введение

**Д**ля наблюдения за фактической погодой в региональном масштабе служат метеорологические радиолокаторы, позволяющие обнаруживать облака и связанные с ними метеорологические явления в радиусе 250–300 км от места установки [1]. Данные радиолокационных наблюдений одного МРЛ обеспечивают заблаговременность оповещения об опасных явлениях погоды за 1–3 ч, а сети МРЛ — за 6–12 ч.

В РФ разработан современный доплеровский метеорологический радиолокатор «ДМРЛ-С», который оснащается программным обеспечением приема, анализа и отображения информации «ГИМЕТ-2010» [2–4]. В настоящее время актуальна задача построения единого радиолокационного поля всей страны.

Современный доплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С, предприятие изготовитель ОАО «НПО «ЛЭМЗ», г. Москва предназначен [2,3]:

- ♦ для отображения распределения различных метеорологических данных (отражаемости, скорости, ширины спектра, а также в режиме двойной по-

ляризации: дифференциальной отражаемости, фазы, коэффициента кросскорреляции и линейного деполаризационного отношения) на различных высотных уровнях по типу псевдо-CAPPI;

- ♦ расчета и отображения вертикального профиля скорости, направления ветра до высоты верхней границы обнаружения метеообъектов и других доплеровских продуктов;
- ♦ расчета и отображения интенсивности осадков за любой интервал времени;
- ♦ определения опасных явлений погоды (град, гроза, шквальные усиления ветра, интенсивный дождь и снег, сильная турбулентность);
- ♦ отображения скорости и направления перемещения облачных систем;
- ♦ выдачи радиолокационной информации в информационную сеть в необходимых форматах, определенных ВМО или государственными структурами.

Существенным отличием радиолокатора ДМРЛ-С от существующих аналогов является применение технологии сжатия импульсов с уровнем боковых лепестков сжатия ниже 60 дБ, достигаемое за счет использо-

вания последних достижений цифровой техники [3]. Кроме того, применение сложных сигналов позволило сократить излучаемую мощность с сотен до десятков кВт. По оценке специалистов, применение сложных сигналов открывает широкие возможности по созданию метеорадиолокаторов следующего поколения. Использование в ДМРЛ-С режима двойной поляризации также значительно расширило его возможности за счет получения принципиально новой информации о структуре наблюдаемых метеообъектов.

Существует большое число автоматизированных систем приема и отображения данных метеорологических радиолокаторов. Наиболее известными являются за рубежом системы: IRIS [5], RainBow [6], TITAN [7] и др. В нашей стране МЕРКОМ [8], МЕТЕОЯЧЕЙКА [9] и др.

В настоящей работе приведено программное обеспечение «ГИМЕТ-2010» обработки и представления информации современных радиолокаторов ДМРЛ-С сети Росгидромета РФ. Программное обеспечение предназначено для приема, анализа, архивирования и отображения радиолокационной метеорологической информации.

### Описание информационной технологии

Прикладное программное обеспечение применяется для обеспечения АМЦ аэропортов и автоматизированных систем управления воздушным движением информацией об облачности и связанных с ней опасных явлениях погоды (сильные ливни, грозы, град, шквал). ПО «ГИМЕТ-2010» обеспечивает решение следующих основных задач:

- ◆ получение и передачу потребителям оперативной радиолокационной информации о фактической погоде;
- ◆ диагностику развития облачности в работах по модификации погоды;
- ◆ обнаружение, распознавание и оповещение об опасных явлениях погоды для аэропортов и населенных пунктов;
- ◆ измерение интенсивности и количества выпавших осадков для сельского хозяйства, гидрологических прогнозов и мелиорации;
- ◆ получение карты осадков для сельского хозяйства и страховых компаний.

ДМРЛ работает под управлением программы система контроля и управления (СКУ). После первичной обработки радиолокационные данные из программы первичной обработки информации передаются в программу вторичной обработки радиолокационной информации по протоколу TCP/IP Socket по локальной сети. Конечные сечения принимаются программой UVKClient. Про-

грамма приема данных UVKClient собирает несколько конических круговых обзоров в радиолокационный файл, и передает его на обработку в программу UVKGenerator. Программа UVKGenerator принимает радиолокационный файл, и вырабатывает радиолокационные продукты с различным разрешением: высоким разрешением 250 м по радиусу, 1 гр по азимуту; и в декартовых координатах с разрешением 1x1 км, 2x2 км, 4x4 км.

Анализ и отображение информации обеспечивает программа «ГИМЕТ-2010». Вся информация, получаемая с помощью «ГИМЕТ-2010», отображается по выбору оператора в виде следующих карт:

- ◆ карты горизонтальных сечений на любой высоте через 0,1 км (CAPPI) для всех получаемых продуктов (радиолокационной отражаемости, радиальной доплеровской скорости; ширины спектра; дифференциальной отражаемости; дифференциальной фазы; коэффициента кросскорреляции);
- ◆ карты наклонных сечений (PPI);
- ◆ карты максимальной радиолокационной отражаемости;
- ◆ карты явлений погоды;
- ◆ карты вертикальных сечений облаков в любом направлении (RHI);
- ◆ карты интенсивности и количества осадков;
- ◆ карты вертикально интегрированной водности (VIL).

Любая из перечисленных карт может быть сохранена в файл, выведена на печать и передана по каналам связи потребителям.

Программное обеспечение рассчитано на операционные системы Linux и Windows.

Информация, получаемая с помощью программы вторичной обработки, отображается по выбору оператора в виде следующих карт:

- ◆ карты горизонтальных сечений на любой высоте через 0,1 км (CAPPI) для всех получаемых радиолокационных продуктов [5–7] (радиолокационной отражаемости, радиальной доплеровской скорости; ширины спектра; дифференциальной отражаемости; дифференциальной фазы; коэффициента кросскорреляции);
- ◆ карты наклонных сечений (PPI);
- ◆ карты максимальной радиолокационной отражаемости;
- ◆ карты явлений погоды;
- ◆ карты вертикальных сечений облаков в любом направлении (RHI);
- ◆ карты интенсивности и количества осадков;
- ◆ карты вертикально интегрированной водности (VIL).

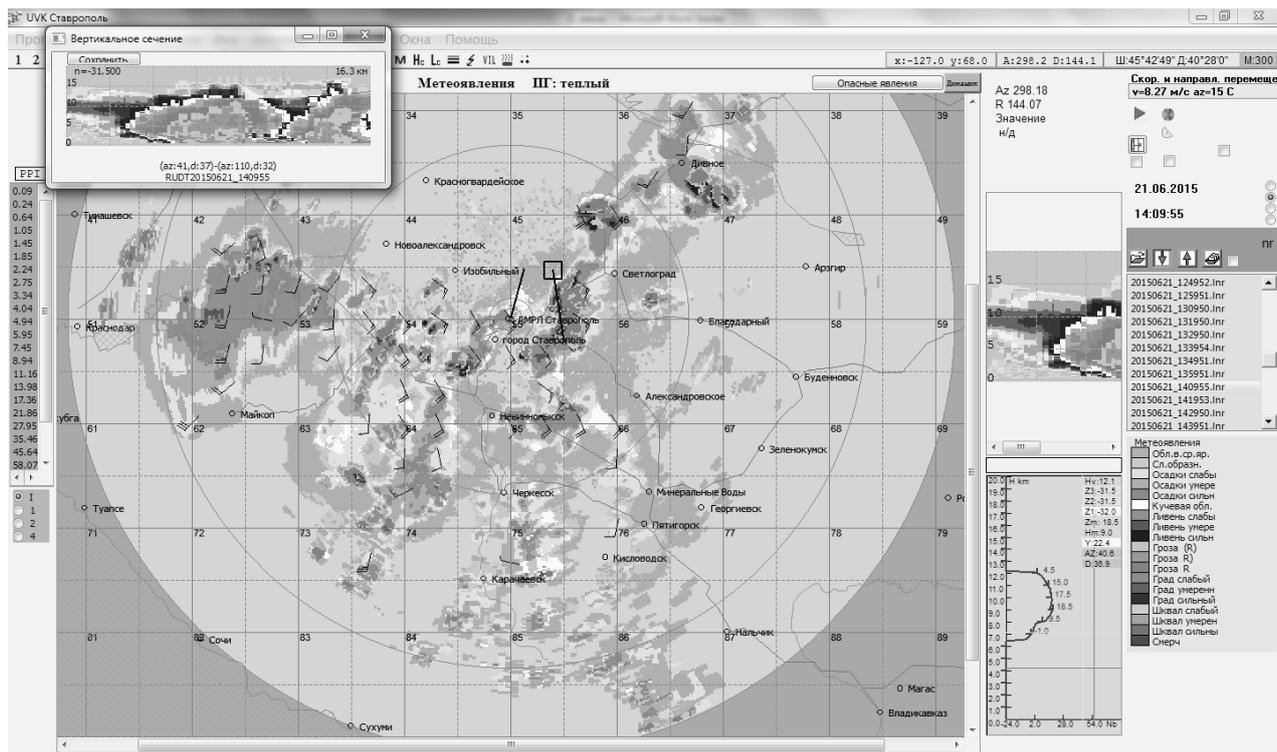


Рис. 1. Радиолокационная карта наблюдаемых явлений погоды на территории СКФО по доплеровскому радиолокатору ДМРЛ-С, функционирующему в г. Ставрополь.

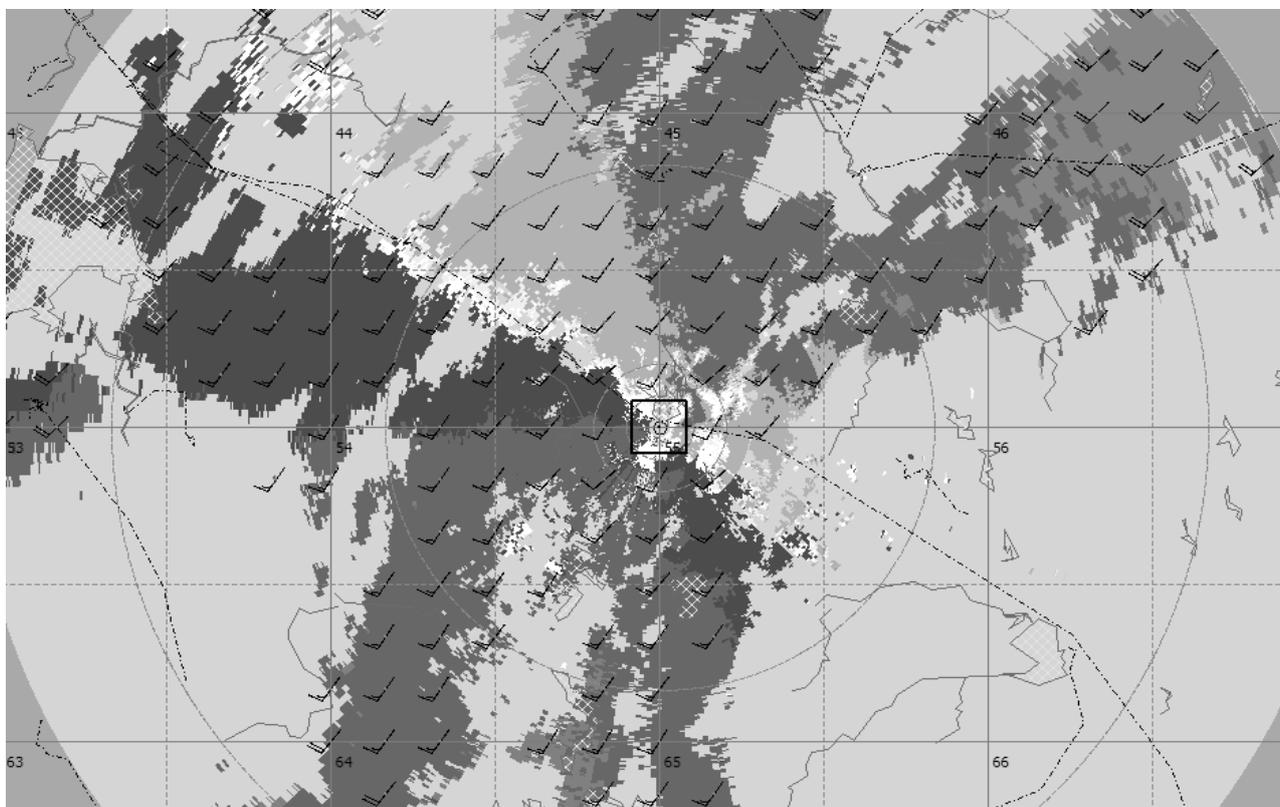


Рис. 2. Карта горизонтального ветра.

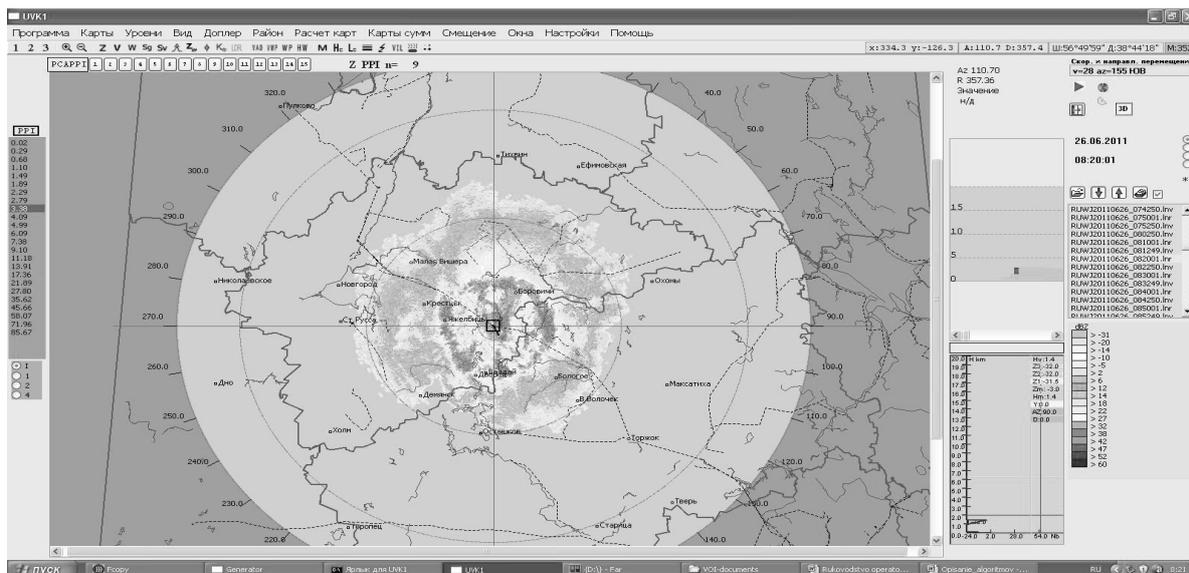


Рис. 3. Отображении PPI на экране монитора, угол места 3,4 градуса

Любая из перечисленных карт может быть сохранена в файл, выведена на печать и передана по каналам связи потребителям.

Программа «ГИМЕТ-2010» применяется на сети ДМРЛ-С Российской Федерации.

На рисунках 1–2 приведены примеры карт, которые выдает программное обеспечение «ГИМЕТ-2010». Карта опасных явлений погоды представлена на рисунке 1. В левом верхнем углу приведено окно вертикального разреза облачности. Обозначения метеорологических явлений цветовой палитрой приведены справа в нижней половине рисунка. На рисунке 2 приведена карта горизонтального ветра. Радиолокатор ДМРЛ-С является двухполяризационным, поэтому программа может формировать еще и карты поляризационных параметров.

Обычно радиолокационный луч посылается под углом места больше нуля. Поэтому луч, по мере удаления от радара, поднимается все выше и выше над поверхностью земли. Из-за этой геометрии, радиолокационные сигналы, отраженные от объектов вблизи радара, представляют область низкого уровня, а отраженные сигналы от отдаленных объектов — область высоких уровней.

Радарная антенна посылает импульсы, вращаясь на 360 градусов под постоянным углом места. Возвращающееся радиоэхо от целей, полученное антенной и обработанное приемником, может быть отображено самым простым способом — прямым показом этих данных — это и есть индикатор кругового обзора -ИКО (PPI), рисунок 3.

Радарная антенна обычно отображается в центре картинки, таким образом, расстояние от нее и высота над землей могут быть отложены как концентрические круги. Нужно отметить, что высота радиоэха увеличивается с расстоянием от радара не линейно, а по параболе, так как поверхность Земли изогнута и снижается ниже радарного горизонта.

Для стационарных установок север обычно представляется наверху изображения. Для движущихся установок, таких как судно и радары самолета, вершина представляет переднюю часть судна или самолета. Изображаемый сигнал — это отражаемость только при одном возвышении антенны. Таким образом, получают множество PPI, для всех возвышений антенны.

При отображении PPI на экране монитора радиолокационные данные отображаются в виде трапеций, образованных лучами соседних азимутов, на которые делится сектор обзора, и радиальными кольцами, проведенными через каждое  $\Delta R$ , равное дискретности по дальности.

Сечение на постоянном высотном уровне, известное как CAPPI, является радарным продуктом, который дает горизонтальное поперечное сечение данных на постоянной высоте.

Обычный CAPPI составлен из данных от каждого угла места, который попадает в высоту, установленную для поперечного сечения (зигзагообразные линии на рисунке 4). В первые годы данные просмотра выводились

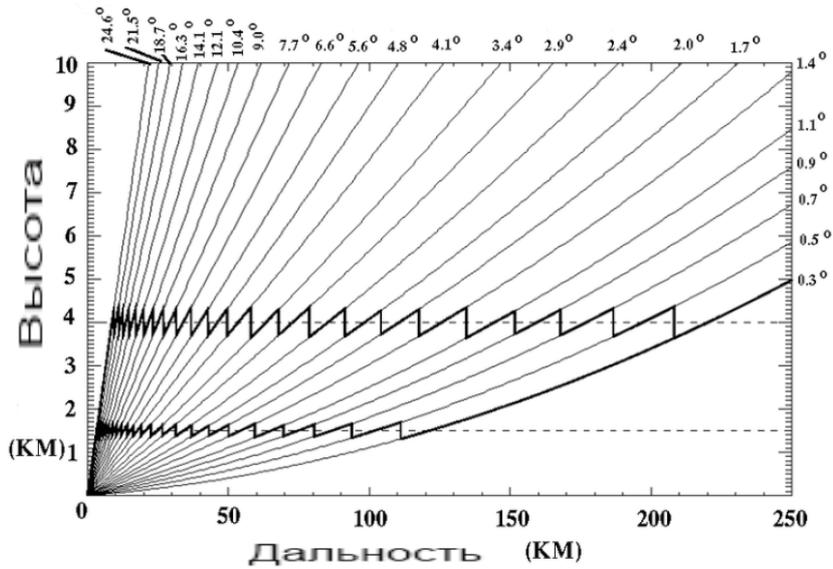


Рис. 4. Алгоритм построения горизонтального сечения.

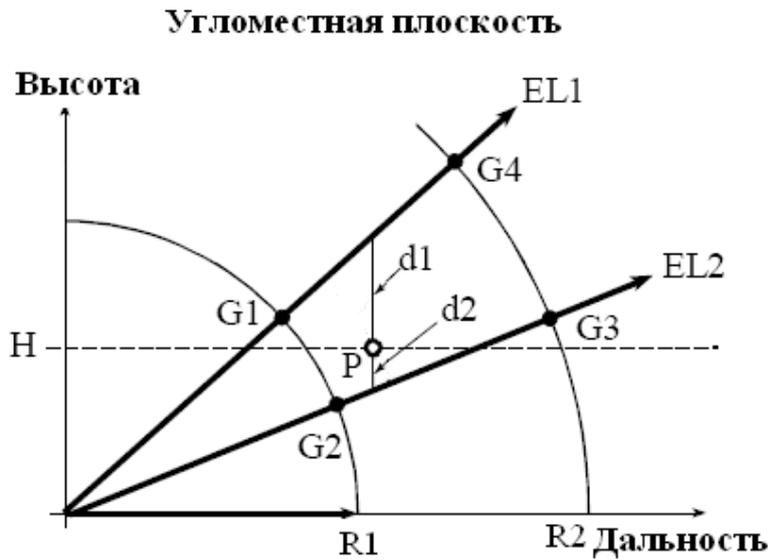


Рис. 5. К построению САРПИ

на указанных расстояниях непосредственно на катодном экране и фотографировались, чувствительное устройство захватывало каждое кольцо, когда оно было готово. Затем все сфотографированные кольца собирались в картинку. К середине 1970-х развитие компьютеров позволило собрать данные в электронной форме и построить САРПИ более легко.

При осреднении отражаемости используется модифицированный алгоритм построения САРПИ (рисунок 5).

Модифицированный алгоритм заключается в следующем: два соседних луча с углами места (EL1 и EL2) на одном азимуте используются для определения отражаемости на промежуточном угле места.

G1-G4 — бины дальности, содержащие данные.

Затем определяется ближайшее расстояние по дальности до точки интерполяции P (R1 или R2), после чего вычисляется значение отражаемости в точке P:

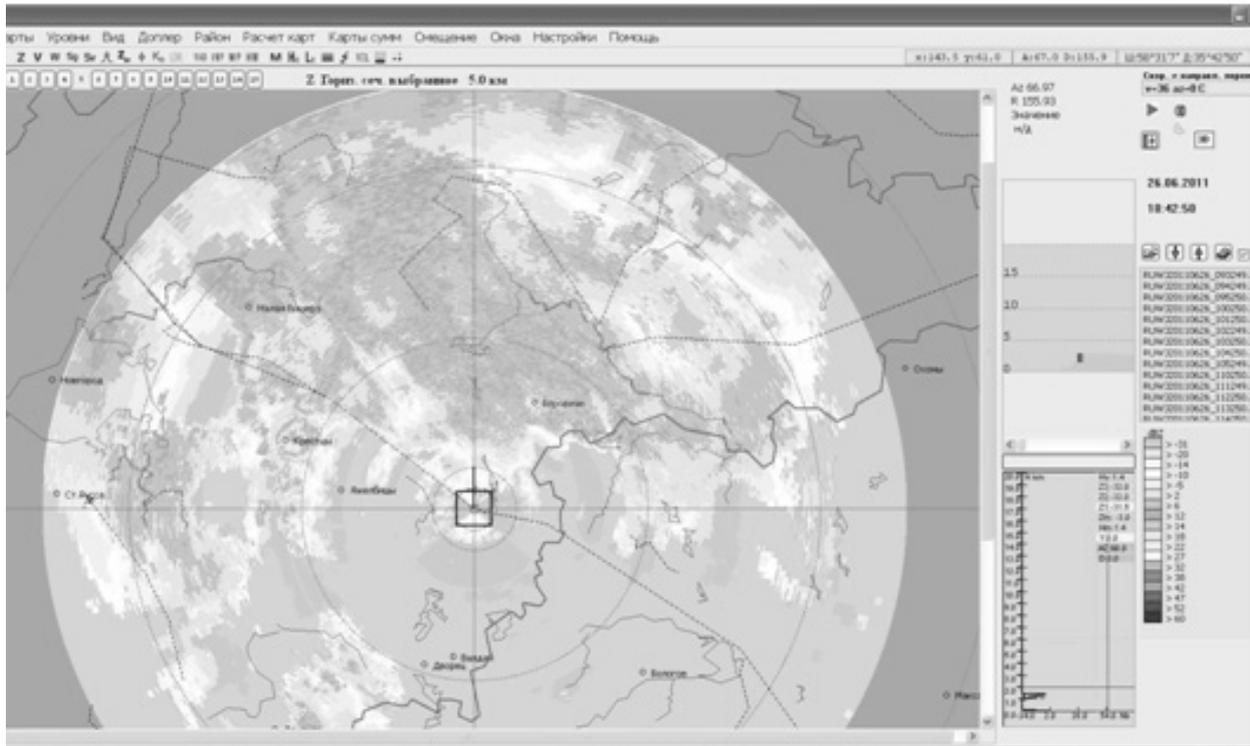


Рис. 6. Карта CAPPI для отражаемости.

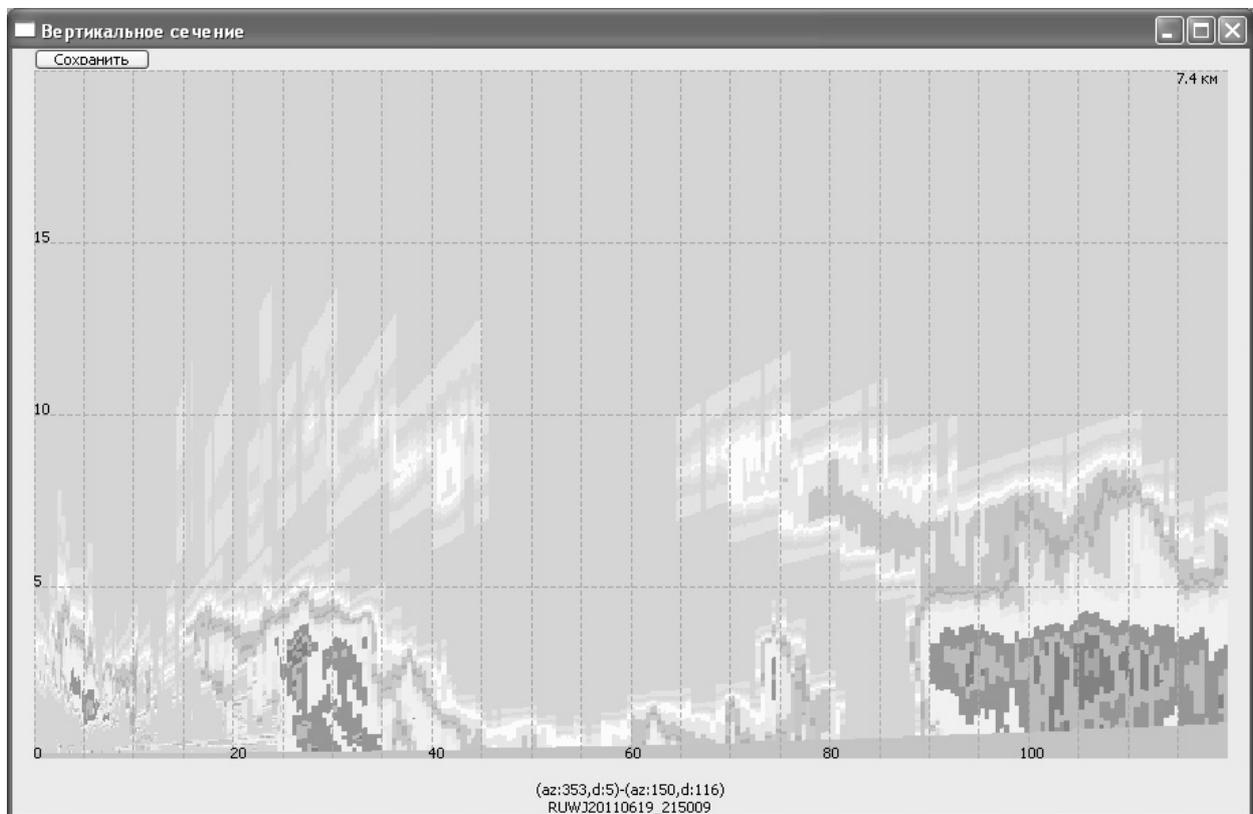


Рис. 7. Изображение вертикального разреза отражаемости облаков.

- ♦ определяются минимальные расстояния от лучей до точки P ( $d_1$  и  $d_2$ );
- ♦ вычисляются веса ( $w_1$  и  $w_2$ ) для ближайших лучей с данными ( $G_1$  и  $G_2$ ):
 
$$w_1 = d_2 / (d_1 + d_2); \quad (1)$$

$$w_2 = d_1 / (d_1 + d_2); \quad (2)$$
- ♦ вычисляется значение отражаемости в точке P:
 
$$ZP = G_1 \times w_1 + G_2 \times w_2. \quad (3)$$

Результаты построения карты представлены на рисунке 6.

Согласно выбранной схеме линейной интерполяции данные между лучами получают интерполяцией между ближайшим верхним и нижним лучом. Данные выше верхнего луча получают экстраполяцией. Интерполяция и экстраполяция производится в нуль для дифференциальной отражаемости, или к фоновым значениям для остальных радиолокационных параметров.

Вертикальное сечение радиолокационной отражаемости в любом направлении строится следующим образом.

По линии АВ, проведенной между начальной (А) и конечной (В) точками вертикального сечения, с шагом  $\Delta R$  строится последовательность вертикальных столбов — профилей радиолокационной отражаемости. Полученные значения позволяют заполнить карту отражаемости  $Z(R, h)$  между точками А и В.

Профиль радиолокационной отражаемости в каждом столбе строится с использованием первичных данных в полярной системе координат.

Заполнение столба происходит следующим образом. Для текущего столба определяются все точки пересечения его с параболami PPI. Между точками пересечения выполняется линейная интерполяция данных. За параболami (ниже первой и выше последней, с которой есть пересечение) интерполяция не выполняется. Для верхнего луча используется экстраполяция данных в фоновые значения или в нуль.

На рисунке 7 приведен пример вертикального разреза радиолокационной отражаемости.

Радиолокационные данные наблюдений за конвективными облаками (особенно в режиме непрерывно следующих друг за другом обзоров) являются крайне важными для исследования физики облаков и для проверки разрабатываемых математических моделей облаков.

В настоящее время в радиометеорологии широко внедряются информационные системы, в задачи которых входит объединение результатов наблюдений нескольких МРЛ с пересекающимися областями обзора пространства [9]. Такое объединение информации нескольких МРЛ позволяет получать единую комплексную радиолокационную карту региона или целой страны, информативность которой значительно выше, чем от отдельных радиолокаторов. Суммарные за интервал времени карты опасных явлений позволяют оценить полную площадь, подверженную воздействию гидрометеорологических процессов.

## Заключение

Разработана современная информационная технология приема и обработки данных доплеровских метеорологических радиолокаторов. Информационная технология обеспечивает получение и передачу потребителям оперативной радиолокационной информации о фактической погоде, диагностику развития облачности, обнаружение, распознавание и оповещение об опасных явлениях погоды.

Использованы современные информационные технологии и алгоритмы обработки радиолокационной информации.

Карты опасных явлений и сумм осадков позволяют оценить полную площадь, охваченную гидрометеорологическим явлением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Довиак, Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. — Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Доплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С. — <http://www.lemz.ru/views/solutions/meteo/meteo> (дата обращения: 15.10.2017)
3. Ефремов, В.С., Вовшин Б. М., Вылегжанин И. С., Лаврукевич В. В., Седлецкий Р. М. Поляризационный доплеровский метеорологический радиолокатор С-диапазона со сжатием импульсов// Журнал радиоэлектроники. 2009. № 10.
4. Шаповалов, А.В., Шаповалов В. А., Тапасханов В. О., Стасенко В. Н. Программное обеспечение приема и представления информации нового российского ДМРЛ-С// Матер. Всеросс. открытой конф. по физике облаков и активным воздействиям на гидромет. процессы, посвященной 80-летию Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР, Нальчик, 7–9 октября 2014 г. — Нальчик, 2014. — С. 141–148.
5. Vaisala Sigmet Interactive Radar Information System IRIS. [https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Sigmet\\_IRIS\\_brochure\\_B210636EN-E.pdf](https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Sigmet_IRIS_brochure_B210636EN-E.pdf) (дата обращения: 25.05.2018)

6. Selex Systems Integration GmbH. [http://www.raingain.eu/sites/default/files/selex\\_systems\\_integration\\_gmbh\\_-\\_company\\_presentation\\_2.pdf](http://www.raingain.eu/sites/default/files/selex_systems_integration_gmbh_-_company_presentation_2.pdf) (дата обращения: 15.05.2018)
7. Dixon, M., NCAR, cited 2015, TITAN — Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Nowcasting. (дата обращения: 25.05.2018).
8. Шаповалов, А.В., Капитанников А. В., Колосов М. В., Шаповалов В. А. Метеорологический радиолокационный комплекс «МЕРКОМ»// Материалы XXX Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред» / под общ. ред. Ю.В. Кулешова. — СПб.: ВКА имени А. Ф. Можайского, 2017. — Выпуск 12. — Том 2. — С. 125–130.
9. Базлова, Т.А., Бочарников Н.В, Брылев Г. Б. и др. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. — Л.: Гидрометеиздат, 2002. — 331с.

---

© Шаповалов Виталий Александрович (atajuk@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ РЕДАКЦИОННОГО РАССТОЯНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЕДИЦИНСКИХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ

## COMPARISON OF ALGORITHMS FOR COMPUTING THE DRAFTING DISTANCE ON THE EXAMPLE OF MEDICAL REPORTS

V. Yurkin  
I. Radchenko  
A. Yarkin

*Summary.* This article describes the algorithms for finding the editorial distance, their evaluation based on their application to solve the problem of extracting the data necessary for the study (the name and initials of the patient, the number and date of the study and others), from the medical reports of the known format. The article describes and uses such algorithms as: distance of Levenshtein, similarity of Jaro-Winkler, distance of Damerau-Levenshtein, Hamming distance.

*Keywords:* algorithms of editorial distance, computer modeling, mathematical modeling, medical conclusions.

**Юркин Вадим Михайлович**

Аспирант, Санкт-Петербургский НИИ  
Информационных Технологий Механики и Оптики  
vuy-ifmo@gmail.com

**Радченко Ирина Алексеевна**

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский НИИ  
Информационных Технологий Механики и Оптики

**Яркин Антон Сергеевич**

Аспирант, Санкт-Петербургский НИИ  
Информационных Технологий Механики и Оптики

*Аннотация.* В данной статье описаны алгоритмы поиска редакционного расстояния, дана их оценка на основе их применения для решения задачи извлечения данных, необходимых для исследования (фамилия и инициалы пациента, номер и дата исследования и других), из медицинских заключений известного формата. В статье описаны и использованы такие алгоритмы как: расстояние Левенштейна, сходство Джаро-Винклера, расстояние Дамерау-Левенштейна, расстояние Хэмминга.

*Ключевые слова:* Алгоритмы редакционного расстояния, компьютерное моделирование, математическое моделирование, медицинские заключения.

## Введение

Современная медицина и здравоохранение за последние десятилетия поднялись на недостижимый ранее уровень. Значительно улучшилась техническая оснащённость медицинских учреждений, появилась возможность диагностировать заболевание на самой ранней стадии, обеспечить быстрее выздоровление и восстановление работоспособности обратившегося за помощью человека.

Понятие медицина в первую очередь даёт обозначение сфере человеческой деятельности, которая направлена на доскональное изучение и рассмотрение процессов, которые осуществляются в организме каждого человека. Цель и основополагающая задача очень очевидна и проста — это регулярное ведение различных разработок, предостережения, диагностики и последующего лечения человека от всевозможных болезней. Современная медицина ведёт постоянные разработки инновационных технологий, которые предоставляют уникальные возможности заранее предупредить возникновение болезней.

Компьютерная томография на сегодняшний день — ведущий метод диагностики многих заболеваний головного мозга, позвоночника, легких и средостения, печени, почек, поджелудочной железы, надпочечников,

аорты и легочной артерии, сердца и ряда других органов. Компьютерную томографию можно использовать и как метод первичной диагностики, и как уточняющую методику, когда предварительный диагноз уже поставлен с помощью УЗИ или клинического обследования.

На компьютерной томограмме [1] видны опухоли, камни, кисты. Таким образом, КТ является практически универсальным методом диагностики, позволяющим врачу увидеть максимально подробную картину состояния организма. Для повышения информативности КТ его выполняют с использованием контрастного вещества (в частности, при изучении сосудов и полых органов).

Диагностическая станция производит не один файл, а сразу несколько для одного исследования. Эти файлы имеют логическую структуру. Файлы объединяются в серии и представляют собой набор последовательных срезов какого-либо органа. Серии объединяются в стадии. Стадия определяет всё исследование. Последовательность серий в стадии определяется протоколом исследования.

Таким образом, после завершения работы компьютерного томографа на выходе врач получает исследование в формате DICOM [2] — набор снимков, объединённых идентификатором исследования. Далее при помощи специального программного обеспечения врач

проводит анализ полученных изображений и по итогам врачебного обследования составляется развернутое медицинское заключение, которое содержит оценку состояния здоровья пациента и вытекающие из этого рекомендации.

Врачебное заключение — это бланк, заполняемый в формате, определенном медицинским учреждением. В большинстве случаев форма медицинского заключения помимо диагноза и рекомендаций содержит и данные пациента, такие как фамилия, имя, отчество, дата рождения, а также информацию об исследовании.

К сожалению, чаще всего бланки медицинских заключений хранятся либо на бумажных носителях, либо в стандартных форматах документов: DOC, DOCX, PDF, ODT. Эти бланки просто заносятся в архив и не связаны непосредственно с исследованиями компьютерного томографа. Точно идентифицировать исследование по медицинскому заключению представляется возможным только лишь при помощи врача или же самого пациента. Кроме того, информация, написанная в заключении, может содержать опечатки и неточности, что еще больше может вводить в заблуждение. Так происходит, потому что в объединении КТ-исследований и врачебных заключений изначально не было нужды. Однако сейчас, в эпоху активного развития компьютерных технологий и различных интеллектуальных систем, такая связь оказывается очень полезной.

Основной задачей данной статьи и является исследование и разработка алгоритма, позволяющего находить и извлекать из врачебных заключений такие данные, как фамилия и инициалы пациента, номер и дата исследования, с учетом ошибок и опечаток производить идентификацию снимков компьютерной томографии. Идентификация подразумевает однозначное определение нужного DICOM-исследования компьютерного томографа по данным, извлекаемым из врачебного заключения.

Медицинское заключение является документом, который содержит основные данные клиента и медицинского учреждения, а также результаты исследования и рекомендации касательно лечения.

Формат медицинского заключения может кардинальным образом отличаться в зависимости от медицинского учреждения. Кроме того, в различных клиниках, для работы с заключениями используется разное программное обеспечение. Кто-то использует бумажные носители, кто-то предпочитает работать с документами Word, ODT и т.п.

В данной работе будут рассмотрены врачебные заключения одного из крупных медицинских исследова-

тельских центров. Сами заключения хранятся в файлах DOCX. При создании нового заключения врачи используют готовый шаблон, куда вносят данные пациента, а также записывают дату, результат обследования и рекомендации. Однако, так как шаблон уже поставляется как DOCX-файл, врач волен изменять его. Таким образом каждое конкретное медицинское заключение может быть по-своему уникально. Различного рода переносы строк, создание новых абзацев, лишние пробелы. Это лишь краткий перечень того, каким образом заключения могут меняться от случая к случаю.

## Врачебные заключения

Рассмотрим пример врачебного заключения (рис. 1). Здесь можно наблюдать следующую структуру. Вначале идет параграф с названием медицинского учреждения, затем информация об отделении. Ниже расположена таблица, в которой находится информация о пациенте и о его обследовании:

- ◆ Фамилия, имя и отчество пациента, где имя и отчество пишутся как инициалы;
- ◆ Возраст пациента;
- ◆ Номер отделения, в котором проводилось обследование;
- ◆ Номер исследования, который проставляется врачом и не является номером исследования, который проставляется компьютерным томографом;
- ◆ Текст заключения, который впоследствии может быть проанализирован и использован для обучения, например, экспертной системы.

Под таблицей расположен параграф с фамилией и инициалами врача, проводившего обследование, и дата проведения обследования. При этом дата обследования может отличаться от даты исследования на компьютерном томографе.

Такой шаблон заключения используется всеми врачами медицинского учреждения, но, как уже было сказано, он может слегка меняться от случая к случаю даже по чистой случайности.

## Использование алгоритмов нахождения редакционного расстояния для валидации данных

На данном этапе появляются две серьезные проблемы, которые кардинальным образом могут повлиять на результат идентификации. Такими проблемами являются, во-первых, опечатки в тексте, допущенные врачом при вводе фамилии или инициалов пациента. А во-вторых, важной деталью здесь является запись данных пациента на транслите. Когда врач вводит фа-



Brilliance CT

«Российский научно-исследовательский  
нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова»  
- филиал ФГБУ «СЗФМЦ» МЗ РФ

Кабинет компьютерной томографии

Телефоны: зав отделением 273-76-62, компьютерный томограф 273-81-84

ФИО	Шухамжаева Х.Ю.	Возраст	4г
Номер отделения	5	Номер исследования	12345678

На МСК головного мозга смещения срединных структур нет. Водянки нет. Боковые желудочки асимметричны  $S>D$ . Выявляется пластинчатая острая субдуральная гематома правой лобно-височной области толщиной 4мм. Субарахноидальные пространства сужены в правой гемисфере. При исследовании в режиме «костного окна» костно-травматических изменений не выявлено.

Заключение: Пластинчатая острая субдуральная гематома правой лобно-височной области.

Врач: Потемкина Е.Г.

Дата: 18.11.2017г.

Рис. 1. Элементы структуры файла формата DOCX на примере врачебного заключения

милию и инициалы пациента в аппарат компьютерной томографии, то делает он это именно буквами латинского алфавита, поскольку, как уже было сказано, следуя стандарту DICOM требуется использовать именно латинский алфавит и, следовательно, транслитерацию. В связи с этим, как уже было сказано ранее, запись различных букв русского алфавита может быть довольно произвольной.

Таким образом, появляются два источника ошибок и опечаток, которые встречаются весьма часто. Так одна и та же фамилия одного и того же пациента может быть записана по-разному и возможно даже иметь разную длину. Записанная с ошибками и опечатками фамилия пациента может также отчасти походить на фамилию другого пациента. Для того, чтобы различать такие фамилии и проводить корректную идентификацию исследований, было решено использовать один из алгоритмов вычисления редакционного расстояния. Правильно подобранный алгоритм вычисления редакционного рас-

стояния позволяет с высокой точностью находить наиболее похожие строки.

В данной работе для расчета редакционного расстояния были выбраны уже существующие и наиболее популярные алгоритмы, которые используются именно при работе с текстом и подходят для решения поставленной задачи. Однако окончательное решение об использовании конкретного алгоритма можно принять лишь после получения результатов работы всех алгоритмов, их анализа и сравнения. Каждый из выбранных алгоритмов производит расчет минимального количества операций, необходимых для преобразования одной строки в другую. Таким образом, проводя вычисление редакционного расстояния для каждой пары фамилий (из текста врачебного заключения и из базы данных PACS) можно составить рейтинг наиболее схожих строк и тем самым допустить опечатки и ошибки, которые могли иметь место при записи данных человеком. Как уже говорилось ранее, компьютерный томограф хранит данные об исследованиях,

используя исключительно буквы латинского алфавита. В то же время, текст любого врачебного заключения использует только буквы русского алфавита. По этой причине существует два способа идентификации исследований по фамилии и инициалам. В первом случае можно перевести фамилию и инициалы пациента из врачебного заключения применив транслитерацию. В таком случае сравнение будет производиться с оригинальными данными исследования, находящимися в базе данных PACS. Во втором случае можно перевести фамилию и инициалы пациента из базы данных PACS на русский язык.

Рассмотрим сначала первый вариант перевода. Для этого необходимо сперва привести фамилию и инициалы из исследования и фамилию и инициалы из медицинского к одному формату: убрать лишние символы, привести строки к верхнему регистру. Затем производится перевод русских букв в ФИО из заключения на буквы латинского алфавита.

Далее происходит вычисление коэффициента схожести строк (нахождение значения редакционного расстояния) с использованием одного из вышеупомянутых алгоритмов. При этом стоит учесть тот факт, что редакционное расстояние всегда вычисляется лишь для фамилии пациента. Инициалы состоят из одной русской буквы (либо из нескольких букв при работе с латинским алфавитом) и несовпадение инициалов должно вести к неудачной идентификации, поскольку у двух разных людей может быть одна фамилия, но инициалы с большой долей вероятности будут отличаться.

Так, произведя вычисление редакционного расстояния и проверку инициалов, найденные исследования сортируются по убыванию коэффициента схожести. На первом месте в таком случае располагается исследование с наиболее похожей фамилией.

Проведя анализ результатов работы алгоритмов выяснилось, что при схожести строк более 90% можно утверждать, что две строки равны, но допускается небольшое расхождение: не хватает одной буквы, буквы поменяны местами, в строке содержится лишняя буква. Вид расхождения зависит от алгоритма.

Более того, в некоторых случаях строки можно считать равными и при меньшем проценте схожести, однако в таком случае могут встречаться и неверные исследования, поэтому брать слишком низкий порог схожести нельзя. Особенно такой пример актуален для коротких строк, где изменение одной буквы сильно влияет на результат проверки.

Также среди 100% идентифицированных исследований могут встречаться дубликаты. Это означает, что сре-

ди исследований за определенную дату было найдено несколько экземпляров со 100% схожестью. При этом такие исследования могут вообще не относиться друг к другу и иметь разные идентификаторы. В таких случаях нужно более внимательно изучать состав этих исследований и затем уже совмещать их с соответствующими заключениями.

Таким образом результаты работы каждого из алгоритмов можно отнести к одной из следующих групп:

1. Идентифицированные исследования — 100% схожесть строк без дубликатов;
2. Идентифицированные исследования с дубликатами — 100% схожесть строк и наличием одного или нескольких дубликатов;
3. Идентифицированные исследования (более 90% схожести) — исследования с более чем 90% схожестью считаются идентифицированными;
4. Неидентифицированные исследования — менее 90% схожести, такие исследования считаются неидентифицированными.

Используя такую группировку можно сравнить результаты работы представленных алгоритмов при использовании букв исключительно латинского алфавита (рис. 2). Из графика видно, что все алгоритмы одинаково хорошо показали себя при однозначной идентификации исследований, а также при однозначной идентификации с наличием дубликатов. Это не удивительно, поскольку однозначная идентификация предполагает полное сходство двух строк. Следовательно, все фамилии и инициалы пациентов, правильно переведенные с русских букв на буквы латинского алфавита, во всех случаях выдают стопроцентное сходство.

Расхождения в результатах начинаются, когда происходит неполное сходство ФИО из врачебных заключений и из исследований в базе данных PACS. Можно наблюдать, что алгоритм Дамерау-Левенштейна в таком случае работает лучше, хотя и всего на 3 позиции. Это обусловлено тем, что разница алгоритмов Левенштейна и Дамерау-Левенштейна состоит лишь в том, что алгоритм Дамерау-Левенштейна поддерживает операцию транспозиции символов, то есть перестановку. Такие ошибки, как видно из графика, встречаются крайне редко, но именно в таких случаях алгоритм Дамерау-Левенштейна является более эффективным.

Кроме того, стоит обратить внимание и на то, что алгоритм Джаро-Винклера, который часто используется именно для поиска опечаток и прочих ошибок в тексте, показал наилучший результат, а алгоритм Хэмминга наоборот, произвел наименьшее количество идентификаций исследований.

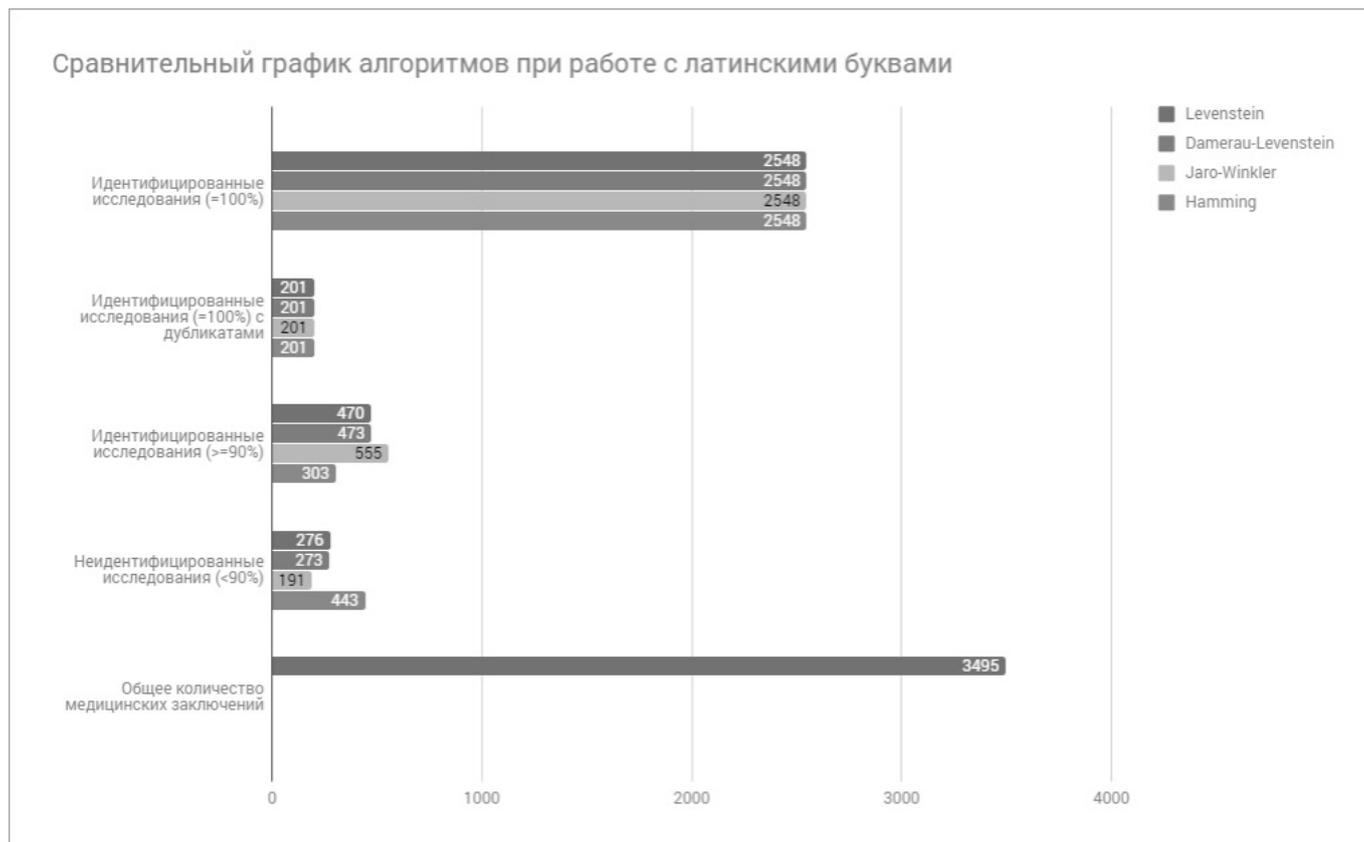


Рис. 2. Сравнительный график результатов работы алгоритмов при использовании букв латинского алфавита

Качество работы алгоритма Хэмминга объясняется его простотой. Более того данный алгоритм не применяется к строкам разной длины, а из-за возможных неточностей, вызванных переводом русских букв на латинские, такие случаи могут встречаться достаточно часто.

Попытка идентификации КТ-исследований с использованием оригинальных фамилий и инициалов из базы данных и с переводом данных медицинских заключений на латинские буквы выдала довольно хорошие результаты. Однако помимо данного способа необходимо также проверить и вариант с использованием исключительно букв русского алфавита.

При таком подходе фамилия и инициалы пациента из врачебного заключения остаются неизменными, они лишь приводятся к верхнему регистру. Преобразованию подвергается фамилия и инициалы, полученные из исследований, которые хранятся в базе данных PACS.

Преимуществом данного метода идентификации является то, что при переводе букв латинского алфавита на буквы русского алфавита появляется возможность однозначной замены латинской буквы или сочетания

латинских букв на русскую букву. Это повышает корректность перевода и тем самым увеличивается степень схожести двух строк.

Для данного подхода к идентификации также имеет смысл провести анализ эффективности и времени работы, как это было сделано в случае с буквами латинского алфавита. На рисунке 15 изображен сравнительный график с результатами идентификации по каждому из алгоритмов.

Из графика следует, что при работе с буквами русского алфавита количество однозначно идентифицированных исследований выросло практически на 300 штук. Такой прирост свидетельствует об эффективности перевода латинских букв на русские, потому как результаты получаются более корректными и те ошибки, которые могли быть допущены при переводе букв русского алфавита на буквы латинского алфавита, в данном случае не были совершены.

Однако, если обратить внимание на количество идентифицированных исследований, чей показатель схожести строк меньше 100%, то можно заметить, что

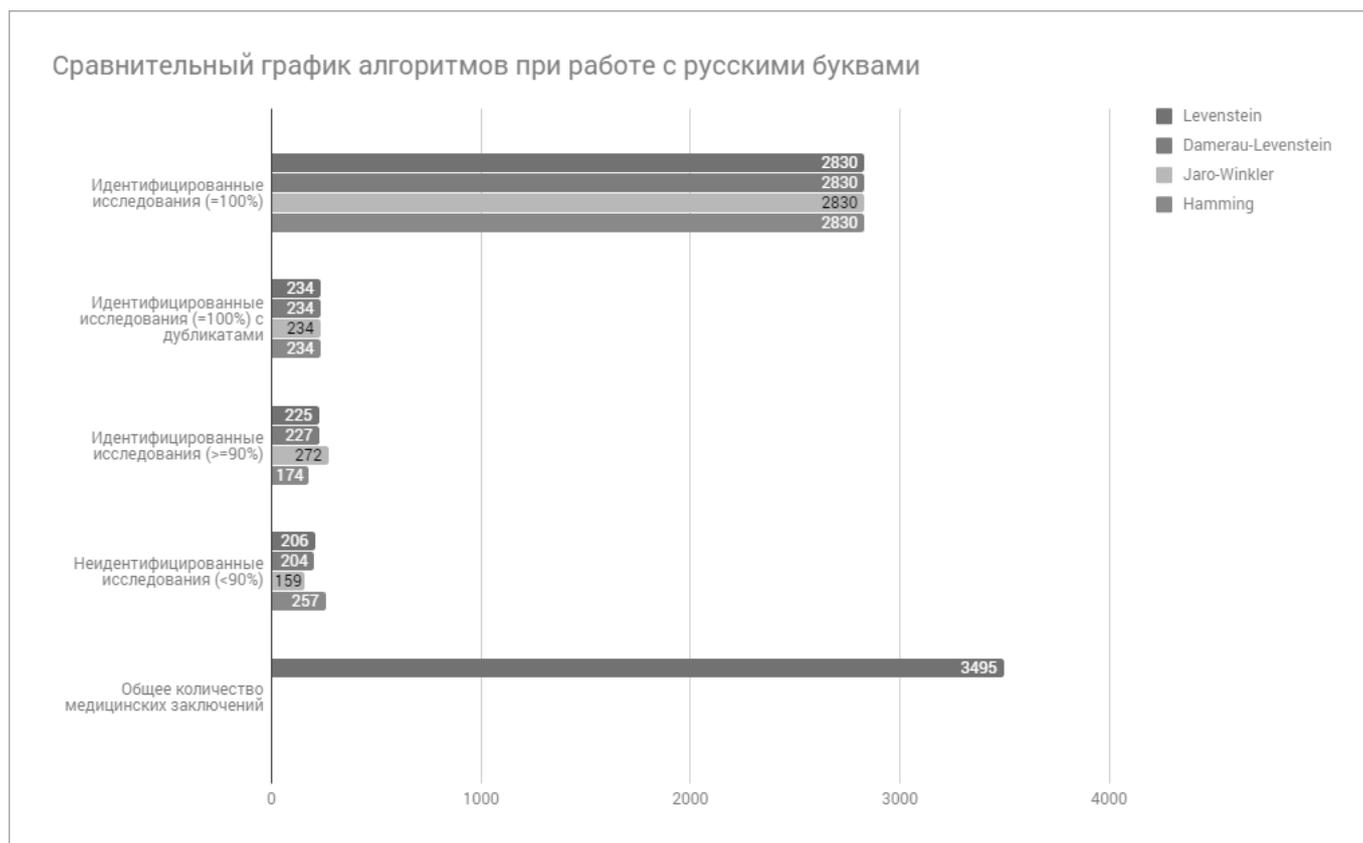


Рис. 3. Сравнительный график результатов работы алгоритмов при использовании букв русского алфавита

их количество наоборот уменьшилось. Это объясняется тем, что исследования, чья степень схожести составляла менее 100% при работе с буквами латинского алфавита, переместились в число однозначно идентифицированных исследований. Таким образом произошла своеобразная компенсация.

Как и в прошлый раз, использование алгоритма Джаро — Винклера позволило произвести наибольшее количество идентификаций, а алгоритм Хэмминга показал себя хуже остальных в данной задаче. Алгоритмы Левенштейна и Дамерау — Левенштейна показали практически одинаковые результаты. Разница составила всего 2 исследования в пользу алгоритма Дамерау — Левенштейна.

## ВЫВОД

В результате был получен наиболее эффективный способ идентификации исследований, который включает в себя извлечение данных из документов врачебных заключений по структуре файла, перевод фамилии и инициалов пациента из базы данных PACS на буквы русского алфавита, использование алгоритма Джа-

ро-Винклера для вычисления редакционного расстояния.

Разработанный алгоритм на данном этапе поддерживает работу с заключениями конкретного медицинского учреждения, однако он может быть использован и другими медицинскими учреждениями. Для этого необходимо добавить поддержку новой структуры документа, указав место расположения ФИО пациента и даты исследования.

Области применения данного алгоритма достаточно обширны. Связь текста заключения и снимков DICOM-исследования как минимум облегчит работу самим врачам, поскольку идентификатор исследования, хранящийся в базе данных PACS, может быть использован в целях объединения документа врачебного заключения с DICOM-исследованием. Стандарт DICOM позволяет конвертировать PDF-файлы в файлы DICOM и, следовательно, проставить необходимые теги в результирующем файле. Таким образом идентификатор исследования, полученный после идентификации из базы данных PACS, может быть записан в соответствующий тег DICOM-файла заключения. Затем этот файл может

быть внесен в систему PACS для дальнейшей обработки. В конце концов при поиске исследования врачом система PACS будет возвращать не только данные снимков исследования, но и PDF-файл заключения, который был соединен с исследованием.

Помимо использования разработанного алгоритма в целях помощи медицинским работникам, полученный метод идентификации может быть использован для из-

влечения набора связанных данных. Это означает, что по тексту врачебных заключений возможно проводить классификацию идентифицированных снимков и находить снимки, на которых были выявлены конкретные виды заболеваний. Кроме того, благодаря классификации изображений появляется возможность обучать различные экспертные системы в целях автоматической классификации изображений, либо при разработке систем помощи принятия решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хофер, М. Компьютерная томография. Базовый курс / М. Хофер. — Медицинская литература, 2011—232 с.
2. Пьяных, О. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) О. С. Пьяных. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008—384 с.
3. Christen, P. A Comparison of Personal Name Matching: Techniques and Practical Issues [Электронный ресурс] / P. Christen. — Электронные данные — The Australian National University, 2006 — Режим доступа: <http://users.cecs.anu.edu.au/~Peter.Christen/publications/tr-cs-06-02.pdf>
4. Peck, A. Clark's Essential PACS, RIS and Imaging Informatics / A. Peck. — CRC Press, 2017—248 с.
5. Wagner, R. A. The String-to-String Correction Problem / R. A. Wagner, M. J. Fischer — ACM New York, 1974.

© Юркин Вадим Михайлович (vuy-ifmo@gmail.com), Радченко Ирина Алексеевна, Яркин Антон Сергеевич.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ЗАЖИВЛЕНИЕ РАНЫ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА

## WOUND HEALING AS A MANIFESTATION OF GENETIC POLYMORPHISM

**S. Aishanov  
S. Aishanov**

*Summary.* the article analyzes the specifics of the genetic status of patients with different types of healing of musculoskeletal and gunshot wounds. It was revealed that gunshot wounds heal under the control of the gene, which does not affect the healing of wounds received through injuries. Moreover, genetic control over the healing of gunshot wounds is much more pronounced than over the healing of traumatic wounds. The study presents a procedure for identifying the risk and assessing the risk of progression of purulent tissue inflammation in people who were injured by a gunshot; analyzes the theme of correlation Genographic and natogeorgia seen a manifestation common to Genographic and natogeorgia rules called natural zonation.

*Keywords:* genetic status, genetic control of healing, purulent infection, gunshot wounds.

**Н**а основе собранной медико-генетической и медико-экологической информации можно сделать вывод о необходимости исследования проблемы распространности заболеваний среди населения в тесной координации с экологической обстановкой и генофондом. Возможность изучения корреляции заболеваемости населения с состоянием совокупности его генов и среды обитания как непосредственной цели появилась со времени начала использования методов географии генов для картирования степени распространности заболеваний. Обнаружение этой связи и, собственно, ее наличие устанавливает помимо генов-маркеров заболеваемости на определенной местности еще и необходимость поиска причин (социальных, экологических или прочих) выявленной географической однородности заболеваемости и генов. [1, с. 56]

Причины появления раны иные, чем любой другой болезни. Они не имеют связи со специфическими свойствами человека и его совокупностью генов. Потенциал появления раны у носителей разных генотипов абсолютно одинаков. [2, с. 14] При этом на один и тот же тип раны организмы пострадавших реагируют по-разному. Так же обстоят дела и с заживлением ран. Клиническая картина заживления раны может быть сведена к двум позициям: без стадии нагноения и с воспалением раны, при котором образуется гной.

Источниками первичного инфицирования раны являются факторы внешней среды. Поэтому медики основное внимание обращают на создание асептических условий

**Айсханов Султан Катаевич**  
Д.м.н., профессор, Клинический НИИ АН России  
г. Грозный  
k-a201@mail.ru  
**Айсханов Султан Султанович**  
Старший научный сотрудник АН ЧР, г. Грозный

*Аннотация.* в статье анализируется специфика генетического статуса у пациентов с неодинаковым видом заживления костно-мышечных и огнестрельных ран. Выявлено, что огнестрельные раны заживают под контролем ген, которые не влияют на заживление ран, полученных посредством травм. Более того, генетический контроль над заживлением огнестрельных ран является намного явственнее, чем над заживлением травматических ран. В исследовании представлена процедура идентификации опасности и оценки риска прогрессирования гнойного воспаления тканей у людей, подвергшихся огнестрельному ранению; проанализирована тема коррелированности геногеографии и нозогеографии, замечено проявление общего для геногеографии и нозогеографии правила, называемого природной зональностью.

*Ключевые слова:* генетический статус, генетический контроль заживления, гнойная инфекция, огнестрельные раны.

при осуществлении первичной хирургической обработки раны. При этом упускают из виду тот фактор, что организмы разных людей не одинаково реагируют на присутствие в ране микроорганизмов и борются с микробным загрязнением ран по-разному. Об этом свидетельствуют непрекращающиеся случаи осложнения ран, которые происходили постоянно у пострадавших весь XX век, хотя антибактериальные препараты и прочие средства противодействия развития раневой инфекции применялись с систематически возрастающей периодичностью. [3, с. 25]

Согласно имеющейся информации, частота нагноения ран, полученных в ходе военных действий, случайным образом и во время операций составила за весь XX век в среднем по различным государствам и декадам 7–16%. И этот показатель не снижался. Изучая процесс заживления ран, можно сделать вывод о его полиморфности, наличии двух морф (первичного и вторичного заживления) и устойчивости их соотношения. В органических формах с виду различимый полиморфизм скрывает под собой генетический полиморфизм, выступающий в роли контролера рассматриваемого полиморфного признака. Речь идет, конечно, о заживлении ран. По этой причине данный феномен носит название «генетически предопределенный полиморфизм заживления ран».

Весь организм сопротивляется, реагирует на повреждение, стремясь восстановить морфофизиологическую саморегуляцию. Собственно, это и есть процесс заживления раны. Поэтому, не похоже, чтобы один ген

или малочисленная группа генов могла контролировать полиморфизм этого процесса. Вероятнее всего, он находится в прямой зависимости от многих генов.

Согласно проведенному генетическому анализу заживления ран, построенному на основе детерминирования взаимосвязи вида заживления и полиморфных генов индивидуума, важные, с точки зрения клинической картины, различия в заживлении обусловлены наличием в генотипе пострадавшего человека неких полиморфных генов, в определенных комбинациях являющихся факторами, содействующими возникновению нагноения раны. Чем больше таких факторов риска имеется в генотипе, тем выше вероятность возникновения осложнения раны. Если в генотипе есть хотя бы три фактора риска, то вероятность гнойного осложнения раны достигает до 94,3%.

Иначе говоря, пострадавшие от ранения люди делятся на две группы, у одной из которых заживление ран происходит без гнойного осложнения, а у другой, наоборот, с нагноением. Различия между этими группами вызваны генетической разностью двух популяций, проживавших отдельно друг от друга в течение нескольких веков.

Доказано, что генетический контроль над тем как заживают огнестрельные раны и отличаются друг от друга их клинически значимые виды заживления, не имеет ничего общего с генетическим контролем над ранениями, полученными посредством травм. В нем принимает участие большее количество полиморфных генов, создающих большее количество генотипных факторов, способствующих возникновению нагноения раны, что в большей мере предопределяет вид ее заживления. В числе исследованных генов-маркеров процесса заживления огнестрельных и травматических ран имеется только один общий ген, называемый аллельным геном *B* из генного локуса групп крови *ABO*. Большая часть генетических факторов, содействующих возникновению нагноения огнестрельных ран, не несут в себе риск для ран, полученных путем травмирования. Такая же тенденция наблюдается и в обратном направлении.

Закономерность, просматривающаяся при исследовании генотипа раненого огнестрельным оружием на наличие определенных полиморфных генов, стала полезной

и пригодной для составления достоверного прогноза возникновения нагноения раны, базирующегося на показателях, в короткий срок определяющих у человека группу крови *ABO*, и конституционально-зафиксированных признаков иммунного состояния организма — фагоцитарной активности клеток крови и содержание витамина *C* внутри клетки соединительной ткани. Ученые выявили некоторые индивидуальные вариации (комбинации) неустойчивых состояний, руководствуясь тремя иммунофизиологическими характеристиками, обуславливающими в некоторых случаях большой, а в иных — незначительный риск нагноения раны. Это позволяет заранее, на первоначальной стадии ранения, установить вероятность и уровень риска нагноения раны у любого раненого или травмированного человека. Такой способ составления прогноза был испытан на многих людях, получивших огнестрельное ранение. Во время осуществленное прогнозирование предотвратило возникновение гнойных осложнений благодаря применению мер, которые разработали хирурги.

По итогам собранных в последнее время медико-генетических сведений и вышеописанных исследований генетических факторов раневого процесса, можно сделать вывод о возможности и необходимости определения степени заболеваемости населения, посредством учета аспектов природной среды и аспектов генетического состояния организма индивидуума, его генотипа, а если рассматривать проблему с точки зрения всего населения, то генофонда.

Для изучения данной тематики нужно сразу использовать экологически-генетический подход. Наиболее удачный способ его осуществления — применение методов интерполяционной предметной картографии и исследование связи между генофондом и распространением заболеваний среди населения.

На первый план в таком анализе необходимо выдвигать составление географических карт распространения тех или иных заболеваний и частоты встречаемости болезней среди населения, поиск возможных закономерностей такого географического распределения заболеваний, выявление генов-маркеров распространения болезней, и оценивание уровня корреляции нозогеографии и генофонда населения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шапошников Ю. Г. Физиологическая генетика человека в проблеме заживления ран. /Ю.Г. Шапошников [текст] — М: Наука, 1985. — 184с.
2. Жукова О. Б. Генофонд и гепогеография народонаселения /О.Б. Жуков [текст] //Вопросы антропологии. 2011. — С. 12–23.
3. Рычков Ю. Г. Заживление ран в зависимости от факторов конституционального иммунитета /Ю.Г. Рычков [текст] // Хирургия. 2001. № 7. — С. 23–27.

# ТЕЧЕНИЕ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ И ПОКАЗАТЕЛИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У БОЛЬНЫХ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

## THE COURSE OF GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE AND INDICES OF ARTERIAL PRESSURE IN PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME OF DIFFERENT AGE GROUPS

**E. Andreeva**  
**E. Andreeva**

*Summary.* Currently, the problem of metabolic syndrome (MS) in clinical practice is given great attention due to the development of serious complications of this pathology and its possible association with diseases of other organs and systems (in particular, with the digestive system).

Excess body weight accompanying MS has an adverse effect on the course of gastroesophageal reflux disease (GERD) and the presence of arterial hypertension contributes to the development of life-threatening complications.

The article shows that men aged 45–60 years who have the highest BMI indices showed eating disorders (mainly by the type of emotionogenic and external) and more significant changes in the parameters of the daily pH-metry and daily monitoring of blood pressure (BPM).

Thus, the combination of MS and GERD contributes to the deterioration of the latter.

*Keywords:* metabolic syndrome, overweight, eating behavior, gastroesophageal reflux disease, reflux, arterial hypertension.

**Андреева Екатерина Анатольевна**

Аспирант, Ставропольский государственный  
медицинский университет  
ek-andr@yandex.ru

**Андреева Елена Ивановна**

К.м.н., доцент, Ставропольский государственный  
медицинский университет  
eandreeva-doctor@yandex.ru

*Аннотация.* В настоящее время проблеме метаболического синдрома (МС) в клинической практике уделяется большое внимание вследствие развития серьезных осложнений данной патологии и возможной ее ассоциации с заболеваниями других органов и систем (в частности, с системой пищеварения).

Избыточная масса тела, сопутствующая МС, оказывает неблагоприятное влияние на течение гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (ГЭРБ), а наличие артериальной гипертензии способствует развитию жизнеугрожающих осложнений.

В статье продемонстрировано, что у мужчин в возрасте 45–60 лет, имеющих наибольшие показатели ИМТ, выявлены нарушения пищевого поведения (в основном по типу эмоциогенного и экстернального) и более значимые изменения показателей суточной рН-метрии и суточного мониторинга артериального давления (СМАД).

Таким образом, сочетание МС и ГЭРБ способствует ухудшению течения последней.

*Ключевые слова:* метаболический синдром, избыточная масса тела, пищевое поведение, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, рефлюкс, артериальная гипертензия.

## Введение

**И**збыточная масса тела как проявление метаболического синдрома (МС) является фактором риска развития заболеваний органов пищеварения, которые представлены «метаболической триадой», а именно [3,7]:

- ◆ заболевания пищевода, включающие в основном гастроэзофагеальную рефлюксную болезнь (ГЭРБ) с частыми внепищеводными проявлениями, недостаточность кардии, грыжи пищеводного отверстия диафрагмы;
- ◆ заболевания печени и билиарного тракта (неалкогольная жировая болезнь печени, холестероз желчного пузыря, желчнокаменная болезнь);

- ◆ заболевания толстой кишки (дивертикулез, гипомоторная дискинезия, полипы).

По мнению, некоторых авторов, метаболический синдром создает условия для формирования и прогрессирования ГЭРБ [8].

Данные выборочных исследований позволяют предположить, что в настоящее время не менее 30% трудоспособного населения России имеют избыточную массу тела и 25% — ожирение [3].

В ходе многих эпидемиологических исследований доказана коррелятивная связь между избыточной массой тела и ГЭРБ: высокий ИМТ ассоциируется с повы-

шением риска ГЭРБ, при этом, чем выше ИМТ, тем выше и риск формирования [4,9].

Некоторые авторы полагают, что для пациентов с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью сопутствующая патология, в частности метаболический синдром, является весьма важным фактором [7,8].

Среди многих методов диагностики ГЭРБ важное значение отводится рН-импедансометрии пищевода, позволяющей выявлять все виды рефлюксов независимо от уровня рН рефлюктата (кислые, щелочные, слабокислые рефлюксы и свёрхрефлюксы), диагностировать ГЭРБ на фоне терапии антисекреторными препаратами и оценивать ее эффективность [6].

Кроме того, некоторые авторы отмечают, что первым клиническим проявлением метаболического синдрома может быть артериальная гипертензия, которая в сочетании с абдоминальным ожирением повышает риск развития осложнений.

### Цель работы

Изучение показателей 24-часовой рН-метрии и СМАД у пациентов мужского пола различных возрастных групп, страдающих ГЭРБ в сочетании с МС.

### Материалы и методы

Основную группу исследования составили 110 пациентов — мужчин, страдающих ГЭРБ и МС в возрастной категории от 18 до 60 лет.

Средний возраст составил  $38,9 \pm 1,95$  лет.

Пациенты основной группы были разделены на 3 подгруппы:

- ◆ первую подгруппу составили мужчины в возрасте 18–29 лет (средний возраст-  $23,8 \pm 1,19$  лет) –34 человек;
- ◆ вторую подгруппу составили мужчины в возрасте 30–44 лет (средний возраст-  $37,6 \pm 1,88$  лет) –36 человек;
- ◆ третью подгруппу составили мужчины в возрасте 45–60 лет (средний возраст —  $53,1 \pm 2,66$  лет) — 40 человек.

Отбор пациентов для включения в настоящее исследование проводился по результатам анализа анамнестических данных, данных первичного клинико-антропометрического обследования и результатов инструментального метода исследования (ФГДС) в соответствии с изложенными ниже критериями включения.

Критерии включения в исследование:

1. Мужчины с доказанным диагнозом ГЭРБ;
2. Возраст больных от 18 до 60 лет;
3. Избыточная масса тела по критериям ВОЗ ( $25 \leq \text{ИМТ} < 30 \text{ кг/м}^2$ );
4. Согласие пациента на сохранение текущего образа жизни (поддержание неизменного уровня физической активности и соблюдение привычного пищевого поведения);
5. Подтверждение достоверности персональных данных пациента, передаваемых исследователю.

Критерии исключения из исследования:

1. Возраст моложе 18 и старше 60 лет;
2. Нормальная масса тела или ожирение по критериям ВОЗ ( $\text{ИМТ} < 25 \text{ кг/м}^2$  или  $\geq 30 \text{ кг/м}^2$ );
3. Тяжелая соматическая сопутствующая патология;
4. Наличие онкологических заболеваний на момент включения в исследование;
5. Отказ пациента от участия в исследовании или невозможность подписания информированного добровольного согласия на участие.

При антропометрии оценивался рост и масса тела обследуемых пациентов с применением ростомера МСК-233 и напольных механических весов МАССА-К ВЭМ-150, после чего рассчитывали показатель индекса массы тела (ИМТ) по следующей формуле:

$$\text{ИМТ} = m / h^2$$

где  $m$  — масса тела (кг),  $h$  — рост (м).

Для категоризации пациентов по ИМТ с целью выявления больных с избыточной массой тела использовались критерии ВОЗ.

Анализ пищевого поведения пациентов в настоящем исследовании проводили с применением Голландского опросника пищевого поведения (*The Dutch Eating Behaviour Questionnaire DEBQ*).

Данный опросник позволяет выявить паттерны ограничительного, эмоциогенного и экстернального пищевого поведения путем анализа ответов участников опроса на 33 вопроса, каждый из которых предполагает выбор одного из 5 вариантов ответа: «никогда», «редко», «иногда», «часто» и «очень часто», которые затем ранжируются в порядке от 1 до 5 кроме вопроса под номером 31, который ранжируется в обратном направлении.

Расчет суммарных баллов по всем шкалам Голландского опросника производится путем арифметического сложения баллов по каждому из вопросов определен-

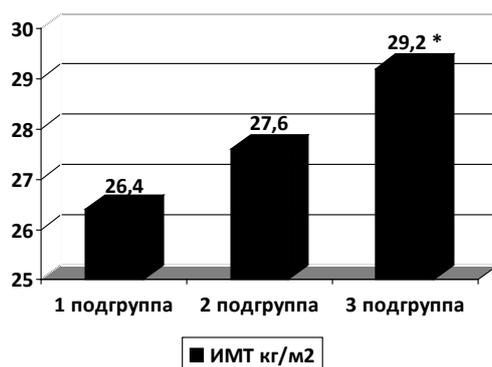


Рис. 1. Сравнительная характеристика показателя ИМТ у пациентов трех подгрупп.

Примечание:

\* $p < 0,05$  — достоверность различия показателя между подгруппами.

ной шкалы с последующим делением на общее число вопросов, соответствующее оцениваемой шкале.

Мониторирование АД проводилось в течение 24 ч с применением аппарата BPLab для длительной неинвазивной регистрации АД, состоящего из манжеты для измерения давления на плечевой артерии и рекордера, соединенных гибким кабелем. Согласно действующим рекомендациям, АД считалась подтвержденной по данным СМАД при повышении средних значений САД и ДАД в течение суток более 135 и 80 мм рт. ст., соответственно.

Продолжительность гастроэзофагеальных рефлюксов и особенности рефлюктата оценивали по результатам проведения 24-часовой рН-метрии.

Статистический анализ проводился с использованием программы Excel 2003, Statistic 6.0. Статистическая обработка материала включала расчет абсолютных и относительных показателей, средних величин (M).

При описании количественных показателей применяли: минимальное и максимальное значение, среднее с учетом ошибки отклонения (m). Для качественных показателей рассчитывали абсолютные и относительные (в %) частоты.

Критерием статистической достоверности получаемых выводов считали общепринятую величину  $p < 0,05$ .

## Результаты

В процессе работы были получены следующие результаты: у пациентов первой подгруппы ИМТ составил —  $26,4 \pm 1,32$  кг/м<sup>2</sup>, у пациентов второй подгруппы —

$27,6 \pm 1,38$  кг/м<sup>2</sup>, у пациентов третьей подгруппы —  $29,2 \pm 1,46$  кг/м<sup>2</sup> (рис. 1).

Таким образом, наибольшие значения ИМТ выявлены у пациентов более старшей возрастной группы.

Результаты опросника пищевого поведения были следующими:

- Ограничительное пищевое поведение:
  - ♦ у мужчин в возрасте 18–29 лет  $2,97 \pm 0,15$ ;
  - ♦ в возрастной группе мужчин 30–44 лет  $3,11 \pm 0,16$  балла;
  - ♦ у мужчин 45–60 лет  $3,13 \pm 0,16$  балла.
- Эмоциогенное пищевое поведение:
  - ♦ у мужчин в возрасте 18–29 лет  $2,08 \pm 0,1$ ;
  - ♦ в возрастной группе мужчин 30–44 лет  $2,14 \pm 0,11$  балла;
  - ♦ у мужчин 45–60 лет  $2,26 \pm 0,11$  балла.
- Экстернальное пищевое поведение:
  - ♦ у мужчин в возрасте 18–29 лет  $2,96 \pm 0,15$ ;
  - ♦ в возрастной группе мужчин 30–44 лет  $3,28 \pm 0,16$  балла;
  - ♦ у мужчин 45–60 лет  $3,42 \pm 0,17$  балла.

Показатели суточного мониторирования АД у пациентов данных возрастных групп были следующими:

- 18–29 лет:
  - ♦ ср. САД-  $137,5 \pm 6,88$  мм.рт.ст;
  - ♦ ср. ДАД-  $89,7 \pm 4,49$  мм.рт.ст.
- 30–44 лет:
  - ♦ ср. САД-  $139,6 \pm 6,98$  мм.рт.ст;

Таблица 1. Сравнительная характеристика показателей рН-метрии пациентов первой, второй и третьей подгрупп

Показатели	Норма	Подгруппа 1 (n=34)	Подгруппа 2 (n=36)	Подгруппа 3 (n=40)
Время с рН < 4, общее%	4,5	7,6 ± 0,38	8,4 ± 0,42	10,6 ± 0,53 *
Число ГЭР с рН < 4 за 24 часа	46,9	53,8 ± 2,69	58,7 ± 2,93	67,5 ± 3,38 *
Число ГЭР более 5 минут	3,5	4,7 ± 0,24	5,6 ± 0,28	6,7 ± 0,34 *
Наиболее продолжительный ГЭР, мин	19,8	34,2 ± 1,71	38,9 ± 1,95	48,7 ± 2,44 *
Показатель DeMeester	<14,7	20,56 ± 1,03	27,92 ± 1,3	35,2 ± 1,76 *

Примечание:

\* $p \leq 0,05$  — Достоверность различия показателя между группами

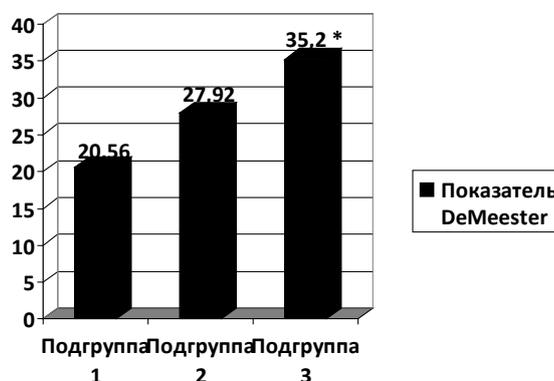


Рис. 2. Сравнительная характеристика показателя индекса DeMeester в исследуемых подгруппах больных.

Примечание:

\* $p < 0,05$  — Достоверность различия показателя индекса DeMeester между группами.

- ◆ ср. ДАД- 93,6 ± 6,68 мм.рт.ст.
- 3. 45–60 лет:
  - ◆ ср. САД-151,5 ± 7,58 мм.рт.ст;
  - ◆ ср. ДАД-95,0 ± 4,75 мм.рт.ст.

Таким образом, наибольшие значения СМАД выявлены у пациентов более старшей возрастной группы.

При проведении 24-часовой рН-метрии пищевода в исследуемых подгруппах были получены данные, в которых отмечалось достоверное повышение показателей суточной рН-метрии пищевода у пациентов третьей подгруппы (табл. 1).

Согласно представленным данным, изменения показателей суточной рН-метрии носили более значимый характер у пациентов третьей подгруппы, имеющих наибольшие показатели ИМТ.

Кроме того, у пациентов первой и второй подгрупп большую часть времени составляли эпизоды кислых рефлюксов, в третьей подгруппе, кроме кислых наблюдались смешанные кислотно-щелочные рефлюксы, жидкостные и газовые.

Величина интегрального индекса DeMeester имела наибольшее значение у мужчин старшей возрастной группы (35,2 ± 1,76,  $p < 0,05$ ) (рис. 2).

### Обсуждение результатов

Максимальные значения показателя ИМТ среди всех обследуемых пациентов с ГЭРБ и МС были зафиксированы у пациентов в возрастной категории 45–60 лет (53,1 ± 2,66 лет), что может быть обусловлено снижением интенсивного основного обмена, связанного со снижением ферментативной активности, нарушением окислительных процессов и гормональной регуляции обмена жиров.

У данной категории пациентов выявлено более значимое нарушение пищевого поведения, особенно по шкалам эмоциогенного и экстернального, что характеризует частый прием пищи, следующий за эмоциональным перенапряжением и при восприятии внешних раздражителей, таких, как: вид пищи, ее запах, изображение и др. [1,5].

Артериальная гипертензия, являясь одним из основных компонентов метаболического синдрома и сопутствуя повышенной массе тела с развитием абдоминального ожирения, может способствовать развитию серьезных осложнений [3].

Повышение индекса DeMeester у мужчин третьей подгруппы было обусловлено не только увеличением количества патологических рефлюксов, но и увеличением их продолжительности.

Наблюдалась связь между значением индекса De Meester и показателем ИМТ. Пациентам третьей подгруппы с ИМТ  $29,2 \pm 1,46$  кг/м<sup>2</sup> соответствовали самые высокие значения данного показателя ( $35,2 \pm 1,76$ ) ( $p < 0,05$ ).

По данным некоторых авторов, имеется прямая связь ИМТ и основных показателей суточного мониторирования рН.

В частности, степень избыточной массы тела коррелирует с длительностью снижения рН в пищеводе

до 4 и ниже. Следовательно, при избыточной массе тела и ожирении слизистая оболочка пищевода дольше подвергается воздействию кислого содержимого желудка. Одной из причин можно назвать повышение внутрибрюшного давления, способствующее ГЭР [7,8].

Это не противоречит полученным результатам исследования: у пациентов с наибольшими значениями ИМТ выявлены максимальные значения показателя индекса DeMeester и длительности гастроэзофагеального рефлюкса.

## Выводы

1. Метаболический синдром-актуальная проблема медицины на современном этапе ее развития;

2. Для пациентов с метаболическим синдромом характерны нарушения пищевого поведения, преимущественно по шкалам эмоциогенного и экстернального типов поведения и повышение артериального давления, с наибольшими показателями у пациентов, имеющих высокий ИМТ;

3. Сочетание метаболического синдрома и ГЭРБ ухудшает течение последней, что проявляется наличием патологических кислых рефлюксов и увеличением их продолжительности воздействия на слизистую пищевода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенская Т.Г. Расстройства пищевого поведения при ожирении и их коррекция // Ожирение и метаболизм. — 2004. — № 2. — С. 1–4.
2. Звенигородская Л. А., Кучеренко Т.В. Типы пищевого поведения и гормоны пищевого поведения у больных с метаболическим синдромом // Эксперим. И клин. гастроэнтерол. — 2007. — № 1. — С. 24–27.
3. Консенсус российских экспертов по проблеме метаболического синдрома в РФ: определение, диагностические критерии, первичная профилактика и лечение // Актуальные вопросы болезней сердца и сосудов (Consilium Medicum). — 2010. — № 2. — С. 4–11
4. Лазебник Л.Б., Машарова А. А., Бордин Д. С. и др. Результаты многоцентрового исследования «Эпидемиология Гастроэзофагеальной рефлюксной болезни в России» (МЭГРЕ) // Терапевтический архив. — 2011. — № 1. — С. 45–50.
5. Суджаева О.А., Суджаева С. Г. Некоторые патофизиологические механизмы формирования расстройств психоэмоциональной сферы при метаболическом синдроме // Кардиология в Беларуси. — 2014. — № 2 (33). — С. 59–68.
6. Трухан Д.И., Викторова И. А. Внутренние болезни: Гастроэнтерология. СПб.: СпецЛит, 2013. — С. 367.
7. Трухан Д.И., Тарасова Л. В. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь в практике врача первого контакта. Российские медицинские вести. — 2013. № 1. — С. 16–25.
8. de Vries D. R. Gastroesophageal pressure gradients in gastroesophageal reflux disease: relations with hiatal hernia, body mass index, and esophageal acid exposure / de Vries D. R., van Herwaarden M. A., Smout A. J. & Samsom M. // Am. J. Gastroenterol. — 2009. — № 103. — P. 1349–1354.
9. Metabolic syndrome and gastro-esophageal reflux: A link towards a growing interest in developed countries / Ierardi E, Rosania R, Zotti M [et al.] // World J Gastrointest Pathophysiol. — 2010. — Vol. — 1. № 3. — P. 91–9.

## КОМПЛЕКСНАЯ ТЕРАПИЯ ТЯЖЕЛОЙ ФОРМОЙ СИНДРОМА АШЕРМАНА

### COMPLEX THERAPY OF SEVERE ASHERMAN SYNDROME

G. Barsegyan

*Summary.* Purpose: many pre-operative, intraoperative and postoperative treatments for women with severe Ascherman syndrome are described as methods that improve results, and there is a high probability that the use of all these methods can restore the reproductive function of women; however, the success of this type of integrated approach has not yet been proven.

*Materials and methods:* the study included 13 women with severe Ascherman syndrome. All operations were performed without complications. Plan comprehensive treatment for these thirteen cases included: (1) preoperative hysterosalpingography and office hysteroscopy to confirm the diagnosis and assess the severity of the disease; (2) preoperative hormonal therapy; (3) intraoperative ultrasound monitoring; (4) hysteroscopic syphilitic; (5) postoperative dynamic office hysteroscopy; (6) oral estrogen therapy; (7) physical therapy; (8) routine control office hysteroscopy in three cycles; and (9) in vitro fertilization and embryo transfer (IVF and PE).

*Results:* after the therapy, the endometrium was much thicker than at the beginning of therapy (the average thickness of the endometrium was 8.5 mm versus 3.0 mm). Twelve women were successfully fertilized seven women underwent IVF AND PE, (two of them had an undeveloped pregnancy at the terms of five and seven weeks, five patients had a full — term pregnancy and childbirth), five women became pregnant on their own, (one of them had an undeveloped pregnancy at the term of nine weeks, four patients had a full-term pregnancy).

*Conclusion:* Complex therapy of patients with severe Ascherman syndrome contributes to the preservation and restoration of reproductive function.

*Keywords:* intrauterine synechiae, hysteroscopic adhesiolysis, infertility.

**Барсегян Гагик Омарович**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, Гинекологии и Перинатологии им. академика В. И. Кулакова» Минздрава РФ  
2390990@rambler.ru

*Аннотация.* Цель: многие предоперационные, интраоперационные и послеоперационные методы лечения женщин с тяжелой формой синдрома Ашермана описываются как методы, улучшающие результаты, а также имеется большая вероятность, что применение всех этих методов может восстанавливать репродуктивную функцию женщин; однако, успешность данного вида комплексного подхода пока не доказана.

*Материалы и методы:* В исследование были включены 13 женщин с тяжелой формы синдрома Ашермана. Все операции проходили без осложнений. План комплексной терапии для этих тринадцати случаев включал в себя: (1) дооперационную гистеросальпингографию и офисную гистероскопию для подтверждения диагноза и оценки тяжести заболевания; (2) предоперационная гормональная терапия; (3) интраоперационный УЗИ контроль; (4) гистероскопический синехиолизис; (5) послеоперационная динамическая офисная гистероскопия; (6) пероральная эстрогенная терапия; (7) физиотерапия; (8) плановая контрольная офисная гистероскопия через три цикла; и (9) экстракорпоральное оплодотворение и перенос эмбриона (ЭКО и ПЭ).

*Результаты:* После проведенной терапии эндометрий был значительно толще, чем в начале терапии (средняя толщина эндометрия 8.5 мм против 3.0 мм). Двенадцать женщин были успешно оплодотворены семь женщин прошли ЭКО и ПЭ, (из них у двоих была неразвивающаяся беременность на сроках пять и семь недель, у пяти пациенток была доношенная беременность и роды), пять женщин забеременели самостоятельно, (из них у одной неразвивающаяся беременность на сроке девять недель, у четырёх — пациенток доношенная беременность).

*Заключение:* Комплексная терапия больных с тяжелой формой синдрома Ашермана способствует сохранению и восстановлению репродуктивной функции.

*Ключевые слова:* внутриматочные синехии, гистероскопический адгезиолизис, бесплодие.

### Введение

**В** настоящее время внутриматочные синехии являются одной из основных причин бесплодия, нарушения менструального цикла и привычной потери беременности [2]. Частота внутриматочных синехий варьирует от 0,3% до 21,5%. Основными причинами образования внутриматочных синехий являются, инструментальные аборты, послеродовый кюретаж, ин-

струментальное удаление плаценты, осложненное кесарево сечения, плотное прикрепления плаценты, метропластика, резекция миоматозных узлов, выскабливания полости матки, внутриматочные инфекции и туберкулез, которые приводят к частичной или полной облитерации полости матки и/или цервикального канала [1,8]. В настоящее время существуют разнообразные методы диагностики, лечения и профилактики внутриматочных синехий [8]. Рецидив внутриматочных синехий после

операции является одним из наиболее важных факторов, влияющий на эффективность лечения внутриматочных синехий. В частности гистеросальпингография применяется для определения границ полости матки; трансвагинальное УЗИ- для предварительной оценки состояния полости матки; зондирование полости матки — для определения поражения канала; офисная гистероскопия — для подтверждения диагноза и степени тяжести; антиадгезивные барьеры — для предотвращения внутриматочных синехий; гормональная терапия — с целью подготовки эндометрия; интраоперационное УЗИ для контроля при синехиолизисе; санационная офисная гистероскопия — с целью удаления сгустков и фибрина, послеоперационная гормональная терапия для активации и усиления эпителизации и пролиферации эндометрия, а также физиотерапия и для улучшения микроциркуляции органов малого таза [3,6,7, 9, 10].

Однако, несмотря на использование различных методов, рецидив внутриматочных синехий возникает в 3,1–23,5% случаев, в 20–62,5% — при тяжелой степени.

Таким образом, вопросы профилактики и лечения внутриматочных синехий остаются актуальными.

## Материалы и методы

С 2013 по 2015 гг. на базе гинекологических отделений ГКБ им С.П. Боткина нами было обследовано и прооперировано 13 женщин с тяжелой формы синдрома Ашермана. Все операции были выполнены д.м.н., профессором С.Э. Саркисовым. Диагноз синдрома Ашермана III и IV степени был подтвержден при диагностической офисной гистероскопии, в соответствии с классификацией К. Wamsteker. Посредством ТВУЗИ и лабораторного обследования были определены изначальная толщина эндометрия, тазовая анатомия и причина бесплодия. Все манипуляции проводились под контролем ТВУЗИ, включая гистероскопический адгезиолизис. Оперативное вмешательство осуществляли в 1 фазу цикла под внутривенным наркозом. В ходе операции с целью контроля проводилось трансвагинальное УЗИ по мере освобождения полости матки, что облегчало ориентацию в полости матки и дальнейший ход операции синехиолизиса.

Для санации полости матки, контроля за течением процессов эпителизации и предупреждения возникновения синехий в послеоперационном периоде всем больным на 1–2–3 сутки проводилась динамическая жидкостная гистероскопия офисным фиброгистероскопом диаметром, который не требует расширения цервикального канала и общей анестезии. Полость матки промывалась от мелких сгустков крови и фибрина — 5% раствором глюкозы, разрушались новые сформиро-

вавшиеся пленочные сращения [7,8]. В нашей клинике офисная гистероскопия выполнялась однопроточным фиброгистероскопом диаметром 3,1мм (операционный канал 1,2мм), фирмы OLYMPUS и двухканальным жестким гистероскопом с наружным диаметром 3 мм под контролем интраоперационного ультразвукового исследования с контрастированием полости матки жидкостью, что позволяло объективно оценивать картину внутриматочной патологии и определять дальнейшую тактику ведения больной [20]. Обезболивания проводилось препаратами «Катаджель» и «Инстилягель», введением их в цервикальный канал и на влажную порцию шейки матки за 3–5 минут до проведения гистероскопии. Фиброгистероскопия производилась без фиксации шейки матки на пулевые щипцы и расширения цервикального канала.

При наличии крупных обрывков тканей и фибрина в области разделения синехий, полость матки опорожняли от крупных сгустков крови с помощью биопсийных щипцов. Для их эвакуации использовался двухканальный, жесткий офисный гистероскоп, с операционным каналом. В дальнейшем также с интервалом в 1–2 дня в зависимости от состояния полости матки, проводилась динамическая офисная гистероскопия 3–5 процедур ежедневно или через день на фоне приема антибиотиков, эстрогенов и физиотерапии. Для лечения и профилактики эндометрита проводилась антибактериальная терапия. Циклическая гормонотерапия проводилась в течение 3-х месяцев, после чего также проводилась контрольная фиброгистероскопия. Все пациентки прошли одноэтапную процедуру для восстановления полости матки. Контрольная офисная гистероскопия была проведена через 3 месяца после операции. Для оценки толщины эндометрия после гормональной терапии применялось ТВУЗИ на 10 и 24 день цикла [5,11]. При достижении толщины эндометрия 10 и выше, рекомендовали планировать беременность без помощи вспомогательных репродуктивных технологий, а по достижении М-Эхо 8 мм проводились экстракорпоральное оплодотворение и перенос эмбриона (ЭКО и ПЭ).

Клинико-анамнестическая характеристика пациентов отражена в таблице 1.

## Результаты

Возраст пациенток в нашем исследовании колебался от 25 до 45 лет. При этом у всех женщин в анамнезе были выскабливания. У 2-х больных в анамнезе был синехиолизис путем кюретажа. Основными жалобами пациенток явились скудные менструации или их отсутствие, а также вторичное бесплодие. У 9 больных с внутриматочными синехиями III, IIIa и IIIb клиническая картина характеризовалась гипоменструальным

Таблица 1. Клинико-anamnestическая характеристика пациенток

Пациент	Возраст (лет)	Дилатация и кюретаж в анамнезе	Роды в анамнезе	Бесплодие	Другие факторы бесплодия	Толщина эндометрия (мм)
1	36	2	1	II	да	3.0
2	36	3	2	II	да	2.0
3	35	2	0	II	да	4.0
4	39	3	0	II	да	3.0
5	25		1	II	нет	4.0
6	27	1	0	II	нет	4.0
7	33	1	0	II	да	3.0
8	45	3	2	II	да	3.0
9	43	1	0	II	да	3.0
10	39	1	0	II	да	2.0
11	37	2	0	II	да	2.0
12	26	1	0	II	нет	4.0
13	28	2	0	II	нет	3.0

КС = кесарево сечение; ЭКО= экстракорпоральное оплодотворение;

Таблица 2. Оценка состояния эндометрия до и после адгезиолизиса

Пациент	Возраст (лет)	Бесплодие	М-Эхо до адгезиолизиса (мм)	М-Эхо после адгезиолизиса (мм)	Наступление беременности	Исход
1	36	II	3.0	8.0	После ЭКО	СМ роды
2	36	II	2.0	7.0	После ЭКО	КС
3	35	II	4.0	9.0	После ЭКО	СМ роды
4	39	II	3.0	6.0	ЭКО	Неудача
5	25	II	4.0	11.0	Самост.	СМ роды
6	27	II	4.0	12.0	Самост.	СМ роды
7	33	II	3.0	3.0	-	-
8	45	II	3.0	8.0	ЭКО	КС
9	43	II	3.0	6.0	ЭКО	аборт
10	39	II	2.0	7.0	ЭКО	КС
11	37	II	2.0	11.0	Самост.	КС
12	26	II	4.0	11.0	Самост.	Неразв.
13	28	II	3.0	10.0	Самост.	Роды

СМ роды =Самостоятельные роды, КС= Кесарево сечения, Неразв= Неразвивающаяся беременность.

Применение: p менее 0,05

синдромом и привычной потерей беременности. У 4 больных IV степени, клиническая картина характеризовалась аменореей и вторичным бесплодием. У всех больных с IIIa, IIIb и IV степенями внутриматочных синехий, гистероскопическая картина характеризовалась множественными плотными сращениями, соединяющими отдельные стенки матки облитерацией устья маточной трубы с одной или с обеих сторон. У больных с IV степенью, гистероскопическая картина характеризовалась обширными плотными сращениями, облитерацией устьев маточных труб, а также поражением части цервикального канала.

Во всех 13 случаях применялась комплексная пред-перационная подготовка, интраоперационная и послеоперационная терапия (Таблица 2).

Не было выявлено ни одного случая интра- и послеоперационных осложнений. После терапии эндометрий был значительно толще своего изначального состояния (средняя толщина эндометрия после адгезиолизиса 8.5 мм). Лишь у одной женщины был выявлен рецидив. У остальных 12 женщин наступила беременность, у 7 из них после ЭКО и ПЭ, а у 5 — самостоятельная. Из 12 пациенток у 9 беременность закончилась срочными рода-

ми. У 1 пациентки проведено медицинское прерывание беременности по желанию пациентки в сроке 11 недель, а у одной пациентки выявлена неразвивающаяся беременность в сроке 8 недель.

Из 9 беременных женщин четверо родили посредством кесарева сечения, у 5 беременных, беременность срочными самопроизвольными родами.

## Обсуждение

Таким образом комплексный подход к обследованию, лечению и терапии тяжелой формы синдрома Ашермана, включая точную диагностику, тщательную разработанную технику операции, методы для предотвращения рецидивов сращений новейшие вспомогательные репродуктивные технологии и непрерывный контроль беременности вплоть до родов могут явиться эффективной профилактикой развития и рецидивов внутриматочных сращений [23].

Гистероскопия считается «золотым стандартом» не только для диагностики, но и для лечения для всех внутриматочных патологии в том числе синдрома Ашермана. Гистероскопия обеспечивает прямой и полный осмотр полости матки для диагностики, классификации и терапии, а также более точно подтверждает наличие, объем и степень сращений, а также качество эндометрия. При диагностировании внутриматочных сращений гистеросальпингография и соногистерография имеют одинаковую чувствительность, но высокий процент ложных положительных результатов, однако гистеросальпингография может предоставить дополнительную информацию о состоянии маточных труб. Диагностическая чувствительность ТВУЗИ относительно внутриматочных сращений ограничена, тем не менее для оценки результатов лечения играет большую роль. Гистероскопический адгезиолизис при помощи ножниц может свести к минимуму разрушение эндометрия, чем любая энергия — лазерная, электрохирургия би- и монополярная [5,10, 16, 17].

С целью предупреждения перфорации матки при разделении синехий III и IV степени используется лапароскопический контроль [1,7,12]. Как правило, при этой методике предотвращение перфорации матки диагностируется слишком поздно. Выбор контроля ТАУЗИ является лучшим методом для этой цели, поскольку он экономически выгоден и гарантирует меньшую вероятность перфорации матки.

Профилактика рецидивов внутриматочных сращений крайне важна для успешной терапии. В нашей клинике, для предупреждения возникновения рецидивов мы проводим динамическую жидкостную гистероскопию с целью санации полости матки, а также контроля за течением процессов регенерации [14,15].

Ранее для предупреждения рецидива синехий в конце операции в полость матки вводился внутриматочный контрацептив (спираль Липса), и в течение 2–3 месяцев проводилась циклическая гормональная терапия. Через 2 месяца ВМК извлекался. Многие клинки с этой же целью после синехиолизиса в полость матки вводят противоспаечный гель и треугольный внутриматочный катетер. Через 2 недели катетер извлекают. В течение последних 8–10 лет мы отказались от введения ВМК, внутриматочных катетеров и противоспаечных гелей после синехиолизиса. Это связано с тем, что ВМК, катетер Фолея, внутриматочный баллон Кука в форме треугольника не могут полностью соответствовать конфигурации полости матки, замедляют процесс регенерации и пролиферации эндометрия, а также поддерживают асептическое воспаление. Противоспаечные гели не полностью наполняют полость матки и вытекают из полости матки. Дооперационная эстрогенная терапия также считается потенциальным положительным воздействием на увеличение толщины эндометрия до хирургического вмешательства [4, 16, 18,19, 21, 22].

Таким образом комплексная терапия больных с тяжелой формой синдрома Ашермана является эффективным методом предупреждения рецидива внутриматочных синехий и способствует сохранению и восстановлению репродуктивной функции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян Л. В., Белоглазова С. Е. Диагностическая и хирургическая гистероскопия (метод рекомендации) // М. МЗ РФ, НЦАГ и П РАМН, 1997. Москва
2. Кулаков В. И., Селезнева Н. Д., Краснопольский В. И. Оперативная гинекология. // Мед. Книга. Изд-во НГМА, 1998. Москва
3. Богинская Л. Н., Бреусенко В. Г., Жилкин Г. В. Эндоскопия в гинекологии // М. Медицина, 1983. Москва
4. Радзинский В. Е., Пиддубный М. И., Багаева Т. В., Кочетов А. Г., Гончаревская З. Л., Бурлакова Л. А. Профилактика воспалительных осложнений при малых гинекологических операциях. // Журнал Гинекология № 22002. Москва
5. Гус А. И., Серов В. Н., Назаренко Т. А., Бутарева Л. Б., Джунаидова Л. А., Смирнова А. А. Современные принципы ультразвуковой клинической и лабораторной диагностики внутриматочных патологии. // Журнал трудный пациент. № 62003. Москва
6. Стрижаков А. Н., Давыдов А. И. Гистерорезектоскопия // Мед. Книга. Изд-во Медицина 1997 Москва
7. Савельева Г. М., Бреусенко В. Г., Каппушева Л. М. Гистероскопия // Мед. Книга. Изд-во ГЭОТАТ МЕДИЦИНА 1999 Москва

8. Yu D, Wong YM, Cheong Y, Xia E, Li TC. Asherman syndrome one century later. *Fertil Steril* 2008;89:759e79.
9. Wamsteker K. Intrauterine adhesions (synechiae). In: Brosens I, Wamsteker K, editors. *Diagnostic imaging and endoscopy in gynecology: a practical guide*. London: WB Saunders; 1997. p. 171e84.
10. Schlaff WD, Hurst BS. Preoperative sonographic measurement of endometrial pattern predicts outcome of surgical repair in patients with severe Asherman's syndrome. *Fertil Steril* 1995;63:410e3.
11. Kresowik JD, Syrop CH, Van Voorhis BJ, Ryan GL. Ultrasound is the optimal choice for guidance in difficult hysteroscopy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2012;39:715e8.
12. Mais V, Cirronis MG, Peiretti M, Ferrucci G, Cossu E, Melis GB. Efficacy of auto-crosslinked hyaluronan gel for adhesion prevention in laparoscopy and hysteroscopy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2012;160:1e5.
13. Vrachnis N, Salakos N, Iavazzo C, Grigoriadis C, Iliodromiti Z, Siristatidis C, et al. Bakri balloon tamponade for the management of postpartum hemorrhage. *Int J Gynaecol Obstet* 2013;122:265e6.
14. Pabuccu R, Onalan G, Kaya C, Selam B, Ceyhan T, Ornek T, et al. Efficiency and pregnancy outcome of serial intrauterine device-guided hysteroscopic adhesiolysis of intrauterine synechiae. *Fertil Steril* 2008;90:1973e7.
15. Robinson JK, Colimon LM, Isaacson KB. Postoperative adhesiolysis therapy for intrauterine adhesions (Asherman's syndrome). *Fertil Steril* 2008;90:409e14.
16. Farhi J, Bar-Hava I, Homburg R, Dicker D, Ben-Rafael Z. Induced regeneration of endometrium following curettage for abortion: a comparative study. *Hum Reprod* 1993;8:1143e4.
17. Takasaki A, Tamura H, Miwa I, Taketani T, Shimamura K, Sugino N. Endometrial growth and uterine blood flow: a pilot study for improving endometrial thickness in the patients with a thin endometrium. *Fertil Steril* 2010;93:1851e8.
19. Tsui KH, Lin LT, Yu KJ, Chen SF, Chang WH, Yu S, et al. Double-balloon cervical ripening catheter works well as an intrauterine balloon tamponade is post-abortion massive hemorrhage. *Taiwan J Obstet Gynecol* 2012;51:426e9.
20. Chang YW, Chang CM, Sung PL, Yang MJ, Li WH, Li HY, et al. An overview of a 30-year experience with amniocentesis in a single tertiary medical center in Taiwan. *Taiwan J Obstet Gynecol* 2012;51:206e11.
21. Soares SR, Barbosa dos Reis MM, Camargos AF. Diagnostic accuracy of sonohysterography, transvaginal sonography, and hysterosalpingography in patients with uterine cavity diseases. *Fertil Steril* 2000;73:406e11.
22. Munro MG, Abbott JA, Bradley LD, Howard FM, Jacobs VR, Sokol AI, et al. AAGL practice report: practice guidelines for management of intrauterine synechiae. *J Minim Invasive Gynecol* 2010;17:1e7.
23. Lin X, Wei M, Li TC, Huang Q, Huang D, Zhou F, et al. A comparison of intrauterine balloon, intrauterine contraceptive device and hyaluronic acid gel in the prevention of adhesion reformation following hysteroscopic surgery for Asherman syndrome: a cohort study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2013;170:512e6.
24. Myers EM, Hurst BS. Comprehensive management of severe Asherman syndrome and amenorrhea. *Fertil Steril* 2012;97:160e4.

© Барсегян Гагик Омарович ( 2390990@rambler.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Национальный медицинский исследовательский центр Акушерства, Гинекологии и Перинатологии им. академика В.И. Кулакова

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПСИХОТЕРАПИИ НА ПРИМЕРЕ ПАЦИЕНТОВ, СТРАДАЮЩИХ АЛКОГОЛИЗМОМ

## INDICATORS OF EFFECTIVENESS OF PSYCHOTHERAPY IN THE TREATMENT OF PATIENTS SUFFERING FROM ALCOHOLISM

*A. Burdjalieva*

*Summary.* The article examines the effectiveness of psychotherapy for the treatment of patients suffering from alcoholism. For the study, 95 patients were selected who received treatment at the Ivanovo State Narcological Dispensary, who suffer from alcohol dependence and who have symptoms of depression and anxiety. Various test methods and individual interviews were used to identify the symptoms of depression and anxiety. In the work a correlation is made between alcohol dependence and depression, and positive dynamics is revealed in the course of psychotherapeutic work.

*Keywords:* depression, anxiety, alcoholism, anxiety-depressive disorder, panic attacks, anhedonia, psychotherapy.

**Бурджалиева Айгюль Джамаладдин кызы**

Соискатель, Московский Государственный Медицинский Университет имени Сеченова; Врач-психотерапевт клиники «Доктор САН», г. Санкт-Петербург  
dr.adb@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается эффективность психотерапии для лечения пациентов, страдающих алкоголизмом. Для исследования было отобрано 95 пациентов, проходивших лечение в Ивановском областном наркологическом диспансере, страдающих алкогольной зависимостью и имеющих симптомы депрессии и тревоги. Применялись различные тестовые методики и индивидуальные беседы для выявления симптомов депрессии и тревоги. В работе проводится корреляция между алкогольной зависимостью и депрессией, а также выявляется положительная динамика в ходе психотерапевтической работы.

*Ключевые слова:* депрессия, тревога, алкоголизм, тревожно-депрессивные расстройства, панические атаки, ангедония, психотерапия.

### Введение

**П**сихотерапия — неотъемлемая часть лечебного процесса в наркологии. Посредством психотерапии становится возможным коррекция представлений больных о себе и своем заболевании, совладание с проблемами, которые в большом количестве присутствуют у каждого пациента к моменту обращения за лечением, формирование стабильной ремиссии и адаптация к трезвой жизни. Современные исследования в области психотерапии и наркологии подтверждают тот факт, что подход к лечению наркологических пациентов существенно отличается от подходов к лечению других категорий больных с психическими расстройствами. Зависимость от ПАВ рассматривается как злокачественный синдромокомплекс, занимающий пограничное промежуточное положение между психотическими расстройствами и неврозами. Отличительные свойства такого положения заключаются в том, что люди с зависимостью от ПАВ в случаях серьезной фрустрации не пользуются адаптивными способами разрешения конфликтов и преодоления трудностей. Преобладание примитивных механизмов психологической защиты (отрицание, расщепление, регрессия), действие которых прослеживается в их реакциях на фрустрацию, не позволяет им сохранить психическое равновесие и провоцирует употребление ПАВ. Данные особенности объясняют низкую мотивацию на лечение и способствуют раннему прерыванию

психотерапевтических отношений. Поэтому для наркологических больных необходимо формировать только ближайшие, наиболее актуальные цели и предлагать им четкие, понятные и выполнимые правила терапии. Лишь при таких условиях становится возможным постепенное формирование стабильного положительного настроения на психотерапевтическое лечение. Существуют и другие специфические особенности у лиц с зависимостью от ПАВ, которые затрудняют формирование стабильных и прочных отношений с психотерапевтом. У них отсутствует способность выдерживать эмоциональное напряжение, превосходящее привычный уровень. Даже относительно небольшие затруднения вызывают у них усиление симптоматики. В процессе лечения они часто нарушают предписанный режим, а при возникновении сильных эмоций действуют импульсивно. Пациенты с зависимостью от ПАВ в своем поведении не всегда опираются на этические принципы, что существенно затрудняет контакт с ними. Продолжительные взаимоотношения сопровождаются у них возрастающими искажениями восприятия из-за усиления действия защитных механизмов, результатом которого может стать нарушение достигнутых договоренностей. Однако если вопросы соблюдения правил, границ и достижения целей урегулированы, то психотерапевтическое лечение становится эффективным инструментом терапии. Психотерапевт должен знать особенности психотерапевтического подхода к наркологическим пациентам и ориентироваться

в методах психотерапии, которые в настоящее время широко предлагаются к применению. Выбор лечебной стратегии, во-первых, основывается на анализе личностных особенностей пациента. Во-вторых, учитываются тяжесть нарушений, их спектр и длительность хронического заболевания. В-третьих, важно оценить способность пациента адекватно оценивать социальную ситуацию, возможности к рефлексии и автономной работе над собственными проблемами. Для наибольшей эффективности рекомендуется применение комплекса психотерапевтических методик и типов психотерапии. Возможно применение директивных методик, при чем, как жестких суггестивных (методика Довженко), так и подобных более мягких подходов (Эриксоновский гипноз с наличием обратной связи), методика НЛП. Главный недостаток этих методик — отсутствие активного вовлечения в лечебный процесс личности пациента. В отличие от данных методик, различные формы групповой и индивидуальной психотерапии, преимущественно, когнитивно-поведенческого, гуманистического направления, позволяют задействовать саму личность. Большое и отдельное место в числе данных методик занимает ситуационно-психологический тренинг (Н.Н. Иванец, Ю.В. Валентик), являющийся методикой выбора при психотерапевтической коррекции патологического влечения к алкоголю у лиц, страдающих алкоголизмом. (Валентик Ю. В., Н. Н. Иванец).

Очень важную роль в психотерапевтическом лечении страдающих алкоголизмом пациентов имеет семейная психотерапия, объектом которой является семья страдающего алкоголизма пациента.

#### Материалы и методы исследования

В период с июль 2014 года по август 2016 года на курс долгосрочной психотерапии было принято 95 пациентов, проходивших лечение в Ивановском областном наркологическом диспансере. Были обследованы больные — мужчины славянской этнической принадлежности, не родственные между собой с диагнозом зависимости от алкоголя 2–3-й стадии (F10.2 по МКБ-10). Их средний возраст был  $44,5 \pm 6,4$  года. До текущей госпитализации они имели не менее 2 терапевтических ремиссий. У всех пациентов имелись прямые и косвенные признаки депрессии, для выявления которых применялись тестовые методики, а также личная беседа с пациентами и их родственниками (тестовые методики: 20-факторный опросник Цунга, опросник Бека для выявления депрессии, госпитальная шкала тревоги и депрессии Зигмонда, методика-опросник Гамильтона, тест ШРЛТ Спилберга-Ханина, методика определения уровня самооценки по Дембо-Рубинштейну). Наравне с тестовыми методиками, проводилась индивидуальная беседа с каждым из пациентов с целью выявления симптомов депрессии

и жалоб самих обследуемых на пониженный фон настроения, беседа с родственниками пациентов. Для исследования статистически значимых различий в исследовании использовался критерий Манна — Уитни (U). Различия считали значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты и выводы.

К моменту начала психотерапевтической работы у всех 95 пациентов выявлены признаки депрессии по всем тестовым методикам, у 43,16% (41 из 95 обследованных) выявлено сочетание показателей депрессии и тревоги ( $p < 0,05$ ). К моменту окончания курса психотерапии, в период амбулаторной реабилитации, сопровождающейся ремиссией (от 3 до 12 месяцев у разных пациентов) данные показатели претерпели значительные изменения. Так, к моменту третьего тестирования по Беку, в период ремиссии (первое проводилось во время первой встречи с психотерапевтом в стационаре, второе перед выпиской из стационара), выявлено значительное снижение уровня умеренной (24 человека или 25,26% против 42 или 44,21% при первом тестировании) и выраженной депрессии (18 человек или 18,95% против 37 человек или 38,95% при первом тестировании,  $p < 0,05$ ). Кроме того, по методике Дембо-Рубинштейн у большинства пациентов на момент первого обследования наблюдалось сочетание низкой самооценки с негативными представлениями о себе, негативным взглядом на мир и свое будущее (оптимизм/счастье 68 человек или 71,58% —  $p < 0,05$ ). На момент окончания курса психотерапии, в период амбулаторной реабилитации, данное сочетание сохранилось лишь у 39 пациентов из 95 (37,05% —  $p < 0,05$ ).

По данным индивидуальных бесед симптомы депрессии, в том числе ее соматических эквивалентов (жалобы на плохое настроение, ангедонию, снижение работоспособности, снижение аппетита и отсутствие удовольствия от еды, плохое самочувствие с болями в ЖКТ, снижение либидо; мысли о собственном бессилии и ненужности), симптомы депрессии выявлены у 64 пациентов в начале терапии (67,37%) против 31 пациента к моменту окончания терапии (32,63%) —  $p < 0,05$ .

#### Обсуждение результатов.

Все 95 пациентов, имевших симптомы депрессии, согласно тестовым методикам и данным индивидуальных бесед, прошли курс индивидуальной, групповой и семейной психотерапии. Частота посещений врача-психотерапевта во время пребывания на стационарном лечении (индивидуальная и групповая психотерапия) составляла 2 сеанса групповой психотерапии и 1 сеанс индивидуальной психотерапии в неделю (длительность пребывания на стационарном лечении от 2 до 4 недель).

После выписки каждый пациент еженедельно посещал психотерапевта в рамках амбулаторной реабилитации 1–2 раза в неделю. Обязательным являлось посещение групповых психотерапевтических занятий, курсом в 10 занятий (группы по 8–10 человек 1 раз в 7–14 дней). Кроме того, в рамках амбулаторной реабилитации проводились сеансы индивидуальной и семейной психотерапии с целью поддержания ремиссии, снижения уровня тревоги и депрессии, решения внутриличностных проблем, социально-психологической реабилитации пациентов, а также членов их семей с преодолением патологиче-

ских паттернов взаимоотношений внутри семьи, работы с созависимостью.

Также в результате терапевтической работы улучшены показатели внутрисемейных отношений у большинства пациентов, члены семей которых также отмечали положительную динамику в результате терапии.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии психотерапии на состояние пациентов с коморбидностью алкоголизма и депрессии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Badawy A. A.-B. Alcohol, aggression and serotonin: Metabolic aspects // *Alcohol and Alcohol*. 1998. — Vol. 33, N1. — P. 66–72.
2. Bleuler E. Руководство по психиатрии / Пер. с нем. Берлин: Т-во Врач, 1920. — 542 с.
3. Bolton J.M., Belik S. L., Enns M. W. et al. Exploring the correlates of suicide attempts among individuals with major depressive disorder: findings from the national epidemiologic survey on alcohol and related conditions. *J Clin Psychiatry* 2008; 69: 7: 1139–1149.
4. Bourgault Ch., Demers A. Solitary drinking: A risk factor for alcohol-related problems? // *Addiction*. 1997. — Vol. 92, N3. — P. 303–312.
5. Brown S.A., Munson Eth. Extroversion, anxiety and the perceived effects of alcohol. 1987. — Vol. 48, N3. — P. 272–276.
6. Brown S.A., Munson Eth. Extroversion, anxiety and the perceived effects of alcohol. 1987. — Vol. 48, N3. — P. 272–276.
7. Garbutt J.C., West S. L., Carey T. S. et al. Pharmacological treatment of alcohol dependence: a review of the evidence. *JAMA* 1999; 281: 14: 1318–1325.
8. Goodwin D. W. The gene for alcoholism // *Journ. Stud. Alcohol*. — 1989. Vol. 50, N5. — P. 397–398.
9. Katz R.S., Kravitz H. M. Fibromyalgia, depression and alcoholism: A family history study // *Journ. Rheumatol*. 1996. — Vol. 23, N1. — P. 149–154.
10. Kendler K.S., Gardner C. O. Boundaries of major depression: an evaluation of DSM-IV criteria // *Amer. Journ. Psychiat*. 1998. — Vol. 155. — P. 172–177.
11. Kushner M.G., Sher K. J., Erickson D. J. Prospective analysis of the relation between DSM-III anxiety disorders and alcohol use disorders // *Amer. Journ Psychiat*. 1999. — Vol. 156, N5. — P. 723–732.
12. Logan J. Relapse and the alcoholic/addict // *Abstr. Int. Conf., 11, Alcohol, Liverpool: Alcohol and Alcohol*. 1999. — Vol. 34, N1. — P. 107.
13. Sontag Н. Клиническое исследование влияния миансерина на алкогольную депрессию, возникающую после детоксикации // *Антидепрессанты в терапии патологического влечения к психоактивным веществам*. М., 2000. — С. 46–51.
14. Альтшулер В.Б., Кравченко С.Л., Павлова О. О. Соотношения между депрессией, патологическим влечением к алкоголю и влечением к опиатам // *Материалы конференции психиатров*. М., 1998. — С. 294.
15. Анохина И. П. Алкоголизм и депрессии взаимосвязь биологических механизмов // *Рос. психiatr, журн.* — 1998. — № 6. — С. 30–33.
16. Анохина И. П. Основные биологические механизмы алкогольной и наркотической зависимости // *Руководство по наркологии* / Под ред. Н. Н. Иванца. М.: Медпрактика-М, 2002. — Т. 1. — С. 33–41.
17. Гофман А.Г. О течении алкоголизма и усовершенствовании классификации его стадий // *Всерос. Съезд, 5-й, невропатологов и психиатров: Тезисы докладов*. М., 1985. — Т. 2. — С. 35–38.
18. Ерышев О.Ф., Тульская Т. Ю. Применение леривона для коррекции аффективных нарушений у больных алкоголизмом // *Антидепрессанты в терапии патологического влечения к психоактивным веществам*. М., 2000. — С. 37–38.
19. Жислин С. Г. Похмелье, клиника алкоголизма и экзогенные формы реакций // *Сов. психоневрология*. 1935. — № 4–5. — С. 142–151.
20. Коноводова И. Н. Значение учета личностных особенностей при лечении алкоголизма // *Врачебное дело*. 1998. — № 1. — С. 152–154.
21. лечения алкоголизма // *Врачебное дело*. 1998. — № 1. — С. 152–154.
22. Лукомский И. И. Алкоголизм и аффективная патология // *Вопросы социальной и клинической психоневрологии: Материалы научной конференции* / Под ред. Л. Л. Рохлина. — М., 1970. — С. 175–181.
23. Ойфе И. А. Злоупотребление алкоголем и эндогенные депрессии (клинический аспект проблемы): Дис. канд. мед. наук. — М., 1990. — 220 с.
24. Энтин Г. М. Лечение алкоголизма. М.: Медицина, 1990. — 415 с.

© Бурджалиева Айгюль Джамаладдин кызы ( dr.adb@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ТОЧЕЧНАЯ И ДВУМЕРНАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ

## POINT AND TWO-DIMENSIONAL SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY FOR NONINVASIVE ASSESSMENT OF LIVER FIBROSIS

*D. Glushenko*

*Summary.* In the article features of an estimation of a degree of a fibrosis of a liver by means of dot (ELASTPQ) and two-dimensional (ELASTQ) shear wave elastography are considered. The possibilities and limitations of the method are discussed. The indicators of the degree of liver fibrosis in point and two-dimensional elastography were analyzed on the PHILIPS EPIQ 7 ultrasound machine. The main indicators of liver fibrosis degrees were presented and discussed.

*Keywords:* Point (ELASTPQ) and two-dimensional (ELASTQ) shear wave elastography, estimation of liver fibrosis.

**Глушенко Денис Евгеньевич**

Аспирант, Дальневосточный Федеральный  
университет  
deglush@gmail.com

*Аннотация.* В статье рассмотрены особенности оценки степени фиброза печени с помощью точечной (ELASTPQ) и двумерной (ELASTQ) эластографии сдвиговой волной. Обсуждены возможности и ограничения метода. Проанализированы показатели степени фиброза печени при точечной и двумерной эластографии, проведенные на ультразвуковом аппарате PHILIPS EPIQ 7. Представлены и обсуждены основные показатели степеней фиброза печени.

*Ключевые слова:* Точечная (ELASTPQ) и двумерная (ELASTQ) эластография сдвиговой волной (SWE), оценка степени фиброза печени.

### Введение

**Н**е секрет, что прогноз и лечение хронических вирусных гепатитов зависит от стадии фиброза печени. Чем раньше и точнее установлена степень фиброза, тем успешнее лечение и, как результат, выздоровление пациента. Для неинвазивной диагностики определения степени фиброза печени в настоящее время появилось много новых современных методов. Транзиентная эластография и эластография сдвиговой волной наиболее часто встречающиеся методы диагностики. Эластография сдвиговой волной — методика, которая позволяет оценивать эластические свойства тканей, путем измерения значений скорости сдвиговой волны или модуля Юнга [1, с. 89–103]. Различные компании предлагают программное обеспечение, встроенное в ультразвуковые аппараты, что позволяет проводить ультразвуковое исследование органов брюшной полости, совмещая с эластографией печени. Одним из важных моментов является то, что определение степени фиброза происходит в режиме реального времени. Это позволяет достаточно точно установить степень фиброза, не прибегая к биопсии печени. Хотя и биопсия печени является золотым стандартом диагностики, это достаточно болезненный метод, связанный с множеством неудобств для пациента, с различным подходом оценки материала специалистами гистологами и квалификацией гистолога. Если процесс фиброза диффузный, то возникают трудности с подбором места для забора материала. Неинвазивная диагностика эластографией

сдвиговой волной позволяет решить эту проблему и ряд других проблем, снять ограничения для диагностики. В настоящее время выпущены рекомендации РАСУДМ, WFUMB и EFSUMB содержащие базовые эластографические принципы [2, с. 1161–1179; 3, с. 169–184; 4, с. 238–253].

### Материалы и методы исследования

На базе медицинского центра было обследовано 53 пациента. Произведена эластография сдвиговой волной (SWE) для оценки жесткости паренхимы печени и косвенной степени фиброза печени на аппарате PHILIPS EPIQ 7 с помощью программного обеспечения ELASTPQ (точечной эластографии) и ELASTQ (двумерной эластографии). Определена группа пациентов мужчины и женщины в возрасте 25–67 лет с гепатитом В, С в анамнезе. Всем пациентам используемой группы предварительно проводилось ультразвуковое обследование брюшной полости по общепринятой методике, конвексным датчиком C5–1, натошак, со стандартным описанием размером, экоструктуры. Затем проводилась эластография сдвиговой волной также конвексным датчиком C5–1 по общепринятой методике в режиме ELASTPQ (Рис. 1), затем в режиме ELASTQ (Рис. 2) на аппарате PHILIPS EPIQ 7. Использовалась карта достоверности режима ELASTQ для получения информации о качестве акустического окна. Избегалось наличие артефактов, сосудов, очаговых образований в проекции интересующей зоны. Исключались потенциальные факторы риска для избе-



Рис. 1. Применение точечной эластографии (ELASTPQ)



Рис. 2. Применение двумерной эластографии (ELASTQ) с картой надежности.

жания переоценки результатов эластографии, включающие повышение уровня Alt и Ast выше чем в пять раз, обструктивный холестаз, асцит, прием пищи. Далее автоматически с помощью программного обеспечения измерялось среднее значение сдвиговой волны из серии 10 измерений. Готовый результат оценивали и определяли стадию патологии (фиброза) по шкале от 0 до 4 (F0-F4). Критерии системы оценки фиброза: здоровая ткань — F0 от 0–5 кПа; F1- начальный фиброз/нет фиброза 5–6,43 кПа; F2- умеренный фиброз 6,43–9,54 кПа; F3- выраженный фиброз 9,54–11,34 кПа; F4 более 11,34 кПа. [5]

### Результаты исследования и их обсуждение

В исследуемой группе со степенью F0 (18 пациентов) при ELASTPQ, показатель SWE составил 3,84–4,88 кПа ( $4,28 \pm 0,08$  кПа) У этих же пациентов, в том же контрольном объеме измерения, при ELASTQ показатель составил 3,71–6,1 кПа ( $5,16 \pm 0,16$  кПа), что превышало показатели ELASTPQ на 0,12–1,72 кПа, в среднем на 0,71 кПа. В одном случае значения ELASTQ были меньше значений ELASTPQ на 0,13 кПа.

В группе со степенью фиброза F1 (15 пациентов) при ELASTPQ, значение SWE составило 5,06–6,27 кПа ( $5,7 \pm 0,1$  кПа). У этих же пациентов, в том же контрольном объеме измерения, при ELASTQ показатель составил 5,39–6,98 кПа ( $5,86 \pm 0,13$  кПа), что превышало показатели ELASTPQ на 0,01–1,06 кПа, в среднем превышающее значение составило 0,37 кПа. В четырех случаях показатели ELASTQ были меньше показателей ELASTPQ на 0,08–0,42 кПа.

В группе со степенью фиброза F2 (8 пациентов) при ELASTPQ, показатель SWE составил 6,93–9,5 кПа ( $8,11 \pm 0,31$  кПа). У этих же пациентов, в том же контрольном объеме измерения, при ELASTQ показатель SWE составил 6,75–10,37 кПа ( $8,37 \pm 0,43$  кПа), что превышало показатели ELASTPQ на 0,08–1,49 кПа, в среднем на 0,6 кПа. В трех случаях показатели ELASTQ были ниже значений ELASTPQ на 0,18–0,52 кПа.

В группе со степенью фиброза F3 (7 пациентов) при ELASTPQ показатель SWE составил 9,64–11,34 кПа ( $10,33 \pm 0,26$  кПа). У этих же пациентов, в том же контрольном объеме измерения, при ELASTQ показатель составил 9,24–14,02 кПа ( $11,11 \pm 0,63$  кПа), что превышало показатели ELASTPQ на 0,58–2,94 кПа, в среднем на 1,26 кПа. В двух случаях показатели ELASTQ были меньше показателей ELASTPQ на 0,4 и 0,5 кПа.

В группе со степенью фиброза F4 (3 пациента) при ELASTPQ показатель SWE составил 12,32–24,26 кПа ( $16,49 \pm 4,74$  кПа). У этих же пациентов, в том же контрольном объеме измерения ELASTQ показатель составил

12,10–19,21 кПа ( $15,18 \pm 2,57$  кПа). В одном случае показатели ELASTQ превышали значения ELASTPQ на 1,27 кПа. В двух случаях показатели ELASTQ были меньше значений ELASTPQ на 0,22 и 5,05 кПа.

В одном случае проведение исследования было затруднено технически, за счет узких межреберных промежутков у пациента. Во втором случае наличие очаговых образований, расположенных близко к капсуле печени, не позволили корректно провести измерения. У пациентов с повышенной массой тела измерения были проведены корректно, без ограничения методики.

Уникальность эластографии сдвиговой волны, заключается в том, что ее можно использовать на разных группах населения, причем многократно, не боясь нанести вред пациенту. Нет ограничений при определении степени фиброза печени у беременных женщин.

У метода эластографии сдвиговой волной есть ряд ограничений, а также ряд факторов, влияющих на значения жесткости ткани печени. При остром гепатите, значения SWE могут быть высокими, даже при отсутствии фиброза. У пациентов с застойной сердечной недостаточностью, жесткость печени напрямую зависит от венозного давления. Увеличение жесткости может быть связано с перегрузкой печени, с дилатацией обеих полых и печеночных вен, что вызывает увеличение печени. Холестаз представляет собой фактор, влияющий на жесткость печени, проявляется увеличением жесткости печени. Одним из интересных факторов, связанных с увеличением жесткости печени, является прием пищи. Это связано, с тем, что при приеме пищи увеличивается объем циркуляции крови, в результате чего отмечается увеличение показателей жесткости печени.

Проводя исследование сочетая точечную и двумерную эластографию мы увеличиваем точность диагностики степени фиброза. Сравнительный анализ показал наличие разницы показателей при точечной и двумерной эластографии, что обязательно должно учитываться, если эти методы применяются по отдельности.

### Выводы

Метод SWE неинвазивный, удобный, легкодоступный и недорогой, показывает высокую степень точно прогноза при фиброзе печени, что имеет решающее значение для выявления пациентов с высоким риском развития цирроза печени и его осложнений. SWE позволяет исключить проведение биопсии печени для постановки диагноза. SWE может использоваться для контроля оценки эффективности лечения или выявления признаков прогрессирования заболевания. Методику проведения затрудняют узкие межреберные промежутки у пациен-

тов и очаговые поражения печени, когда очаги на близком расстоянии к капсуле печени. Наличие острой стадии заболевания оказывает влияние на жесткость ткани печени. Для точности определения показателей эла-

стичности паренхимы печени в оценке степени фиброза печени необходимо применять комплекс методов SWE (ELASTPQ и ELASTQ), что способствует объективности и корректности диагностики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной / В. В. Митьков, М. Д. Митькова // Ультразвуковая функциональная диагностика. — 2015. — № 2. — С. 89–103
2. Ferraioli G., Filice C., Castera L. et al. WFUMB Guidelines and Recommendations for Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 3: Liver // *Ultrasound Med. Biol.* 2015. V. 41. No. 5. P. 1161–1179.
3. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C. F. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology // *Ultraschall Med.* 2013. V. 34. No. 2. P. 169–184.
4. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications // *Ultraschall Med.* 2013. V. 34. No. 3. P. 238–253.
5. Ferraioli G, Maiocchi L, Lissandrin R, Tinelli C, De Silvestri A, Filice C, and the Liver Fibrosis Study Group. Accuracy of the ElastPQ® Technique for the Assessment of Liver Fibrosis in Patients with Chronic Hepatitis C: a «Real Life» Single Center Study *Journal of gastrointestinal and Liver diseases. J Gastrointestin Liver Dis* 2016;25(3):331–5

© Глушенко Денис Евгеньевич (deglush@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ СИМУЛЬТАННОГО ЛЕЧЕНИЯ СОЧЕТАННОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ

### THE WAYS OF OPTIMIZING THE SIMULTANEOUS TREATMENT OF ASSOCIATED SURGICAL PATHOLOGY

L. Gumenyuk  
O. Gerbali

*Summary.* Despite the advantages of traditional laparoscopy over the «open» simultaneous ones, there is a continuing tendency to search for lowering the traumaticity of this technique. One of the ways to solve this issue is the introduction of the «single port» technique, which has recently been attracting a considerable interest from both surgeons and gynecologists. From the year 2014 to the year 2017 simultaneous laparoscopic cholecystectomy with ventral hernia repair and wedge resection of the ovaries was performed in 34 patients, 17 of them (50.0%) — with the single access (group I) and 17 (50.0%) — with the traditional 4-port LD. The women were aged 25 to 60, which makes  $44.5 \pm 8.1$  on average. It was found that the technique of the single laparoscopic access in the performance of simultaneous operations of patients with cholecystitis, postoperative ventral hernia and endometrioid cysts has an obvious advantage: it allows to carry out interventions at the safest level, reduces the intensity of postoperative pain, reduces the period of the patient's stay in hospital, reduces the economic costs and complies with the current tendency to achieve the best cosmetic effect.

*Keywords:* simultaneous operations, single port, cholecystitis, postoperative ventral hernia, endometrioid cyst.

**В** настоящее время, согласно данным современных исследователей, отмечается неуклонный рост женщин, имеющих сочетанную хирургическую и гинекологическую патологию [1–3]. Так, распространенность комбинации заболеваний органов брюшной полости и женской репродуктивной системы составляет от 2,9 до 63,2%. На основании вышесказанного актуальной задачей современной хирургии является оптимизация оказания хирургической помощи данной категории пациентов путем выполнения лапароскопических симультанных вмешательств. Несмотря на преимущества ставшей уже традиционной лапароскопии перед «открытыми» симультанными операциями, продолжает отмечаться тенденция поиска снижения травматичности данной методики [4–6]. Одно из направлений решения данного вопроса — внедрение методики «единый порт», которая в последнее время вызывает значительный интерес как у хирургов, так и у гинекологов. Следовательно, симультанные операции с использованием единого лапароскопического доступа (ЛД) -Single-port — являют-

*Аннотация.* Несмотря на преимущества ставшей уже традиционной лапароскопии перед «открытыми» симультанными, продолжает отмечаться тенденция поиска снижения травматичности данной методики. Одно из направлений решения данного вопроса — внедрение методики «единый порт», которая в последнее время вызывает значительный интерес как у хирургов, так и у гинекологов. В период с 2014 по 2017 гг. симультанная лапароскопическая холецистэктомия с грыжесечением по поводу вентральной грыжи и клиновидной резекцией яичников выполнена у 34 пациенток, из них 17 (50,0%) — из единого доступа (I группа) и 17 (50,0%) — традиционным 4-портовым ЛД. Возраст женщин от 25 до 60 лет, в среднем —  $44,5 \pm 8,1$ . Установлено, что методика единого лапароскопического доступа при выполнении симультанных операций у больных с холециститом, послеоперационной вентральной грыжей и эндометриоидными кистами обладает явным преимуществом: позволяет провести вмешательства на максимально безопасном уровне, снижает выраженность послеоперационной боли, сокращает период нахождения пациента в стационаре, снижает экономические затраты и соответствует современной тенденции достижения лучшего косметического эффекта.

*Ключевые слова:* симультанные операции, единый порт, холецистит, послеоперационная вентральная грыжа, эндометриоидная киста.

ся прогрессивным шагом в развитии миниинвазивной хирургической практики [7–12]. Однако преимущества данного способа в сравнении с традиционной лапароскопической тактикой при проведении симультанных операций у женщин не определены.

Цель исследования — оценить возможности применения технологии единого ЛД при симультанных операциях по поводу желчекаменной болезни, послеоперационной вентральной грыжи и эндометриоидной кисты.

Материал и методы исследования. В период с 2014 по 2017 гг. проведена оценка клинико-лабораторного обследования и хирургического лечения 34 больных, которым были выполнены симультанные операции: лапароскопическая холецистэктомия с грыжесечением по поводу вентральной грыжи и клиновидной резекцией яичников. Пациенты были рандомизированы на две группы: 17 (50,0%) — с применением технологии единого доступа (I группа) и 17 (50,0%) — с использо-

**Гуменюк Леся Николаевна**

Профессор, Крымский федеральный университет  
имени В. И. Вернадского  
lesya\_gumenyuk@mail.ru

**Гербали Оксана Юрьевна**

Ассистент, Крымский федеральный университет  
имени В. И. Вернадского

Таблица 1. Сравнительный анализ результатов применения единого ЛД и ТЛД при симультанных операциях

Показатель	I группа (n=17)	II группа (n=17)
Длительность операции, мин	93,1±1,2	89,3±1,1
Кровопотеря, мл	37,5±2,1	21,4±2,3
Послеоперационная боль,%	13 (38, 2)	21 (61,8)
Послеоперационное пребывание в больнице, дни	3,1±1,1	4,5±1,1
Ранние послеоперационные осложнения (серома),%	–	3 (8, 8)

ванием традиционного 4-портового ЛД. Возраст женщин от 25 до 60 лет, в среднем — 44,5±8,1. Критериями исключения из исследования были: III и IV степень анестезиологического риска по ASA, острые заболевания гепатобилиарной системы, желтуха в анамнезе, онкологические заболевания, индекс массы тела более 40 кг/м<sup>2</sup>, психические расстройства. По гендерным показателям, структуре сопутствующей патологии, предоперационной диагностики и интраоперационному ведению больные исследуемых групп не имели достоверных различий.

Пациенток оперировали в день госпитализации (общеклинические и инструментальные исследования проводили амбулаторно). Оперативное вмешательство выполняли под комбинированным эндотрахеальным наркозом. Хирургическая бригада включала двух специалистов. Общим для всех портов является рассечение кожи в области пупка длиной 1,5–2 см до апоневроза. Перед разрезом обязательно обрабатывали зону оперативного доступа местным анестетиком. При осуществлении лапароскопических манипуляций накладывался карбоксиперитонеум с нагнетаемым давлением до 13 мм рт. ст. Для единого ЛД применяли следующие устройства: SILS-порт («Covidien, США»), S-порта и Endocone («Storz», Германия). На первом этапе с целью ревизии органов брюшной полости и малого таза через пупочное кольцо устанавливали 11-миллиметровый троакар для оптики, на втором — удаляли данный троакар и расширяли пупочное кольцо до 2,5–3 см с целью установки устройства единого ЛД. Традиционную ЛХЭ выполняли с использованием четырех стандартно расположенных портов. При проведении лапароскопии особое внимание уделяли оценке формы и размера тела матки, наличию миоматозных узлов, состоянию маточных труб и яичников, наличию эндометриoidных гетеротопий на брюшине малого таза и спаечного процесса. После ЛХЭ и клиновидной резекции яичников производили герниопластику. Оперативные вмешательства завершены без установки страхового дренажа. Рациональную аналгезию в раннем послеоперационном периоде у пациентов с ТЛД обеспечивали терапевтическими дозами нестероидных противовоспалительных средств.

Результаты исследования. Все 34 симультанные лапароскопические операции выполнены без перехода на открытое оперативное вмешательство. Анализ показателей интра- и послеоперационного периодов в зависимости от технологии проведения симультанных лапароскопических операций приведен в таблице 1.

В ходе изучения показателей интраоперационного периода установлены следующие особенности: длительность операции при едином ЛД и стандартном при 4-х портовом ТЛД не имели достоверных различий (93,1±1,2 и 89,3±1,1 мин, соответственно). Как в группе больных с применением единого ЛД, так и при 4-х портовом ТЛД для удаления эндометриoidных кист потребовалось дополнительное введение троакаров в умбиликальной области (10 и 5 мм). Средняя кровопотеря в интраоперационном периоде в группе с применением единого ЛД была несколько выше в сравнении с группой, в которой применяли 4-х портовую ТЛД и составила 37,5±2,1 и 21,4±2,3 мл соответственно ( $p < 0,05$ ). В раннем послеоперационном периоде болевой синдром наблюдался у 13 (38,2%) пациентов при применении единого ЛД и у 21 (61,8%) — при 4-портовом ТЛД. При этом, у больных с применением единого ЛД выраженность боли по шкале ВАШ была достоверно ( $p < 0,01$ ) ниже в сравнении с ТЛД — 2,5±0,3 и 5,2±0,4 балла соответственно. Продолжительность послеоперационного пребывания пациентов в больнице составила 3,1±1,1 дня при использовании единого ЛД и 4,5±1,1 дня — при 4-портовом ТЛД. Ранние послеоперационные осложнения в виде серомы отмечались лишь у 3 (8, 8%) пациентов при 4-портовом ТЛД.

Обсуждение. Анализ непосредственных результатов симультанных оперативных вмешательств с применением технологии единого ЛД при сочетанной патологии органов брюшной полости и органов малого таза у женщин показал, что данная методика обладает явным преимуществом: позволяет провести вмешательства на максимально безопасном уровне, снижает выраженность постоперационной боли, сокращает время нахождения больного в стационаре, снижает экономические затраты и соответствует современной тенденции достижения лучшего косметического эффекта. При условии техниче-

ского потенциала выбора доступа лапароскопических методик, опираясь на объективные показатели продолжительности хирургического вмешательства, интенсивности болевого синдрома, длительности пребывания пациента в стационаре в послеоперационном периоде, косметического эффекта и экономических затрат, мы считаем оправданным выполнение симультанных операций из единого ЛД. Симультанные операции при желчнокаменной болезни и грыжах передней брюшной стенки в сочетании с удалением эндометриоидной кисты из единого ЛД целесообразны и должны занять свое место в практической хирургии. Выполнение таких операций в учреждениях практического здравоохранения реально, так как они не отличаются особенностями оперативной техники, не ведут к росту послеоперационных осложнений и летальности.

Условиями успешного применения симультанных операций с использованием единого ЛД является четкая дифференциация показаний/противопоказаний к оперативному лечению с учетом факторов операционного риска; высокие диагностические возможности врача; достаточная квалификация хирурга в абдоминальной и смежных разделах хирургии; владение современными способами пластики брюшной стенки и ЛХЭ; тесное сотрудничество хирургов и гинекологов.

Выводы. 1. Установлено, что доступ под видеолапароскопическим контролем создает благоприятные условия для выполнения холецистэктомии как основного оперативного вмешательства, обеспечивает достаточные возможности ревизии, диагностики и коррекции сопутствующей патологии в любом отделе брюшной полости и малого таза.

2. Методика единого доступа при выполнении сочетанных операций у больных с холециститом, послеоперационной вентральной грыжей и эндометриоидными кистами обладает явным преимуществом: позволяет провести вмешательства на максимально безопасном уровне, снижает выраженность послеоперационной боли, сокращает период нахождения пациента в стационаре, снижает экономические затраты и соответствует современной тенденции достижения лучшего косметического эффекта.

3. Использование единого лапароскопического доступа открывает дальнейшие перспективы в рационализации, адаптации и повышении качества выполняемых симультанных операций, не повышая удельный вес интраоперационных и послеоперационных осложнений, позволяет восстановить уровень качества жизни пациентов после хирургического лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильченко Ф. Н. Симультанные вмешательства у больных с послеоперационной грыжей и сопутствующим ожирением. Клиническая хирургия. 2012; (8): 18.
2. Гойда С. М. Тенденции распространенности желчнокаменной болезни среди населения Украины. Украинский медицинский часопис. 2011; (4): 157–160.
3. Ничитайло М. Ю. Особенности выполнения лапароскопических операций у больных с ожирением. Клиническая хирургия. 2012; (8): 32–33.
4. Helgstrand F. Low risk of trocar site hernia 12 years after primary laparoscopic surgery. Surg. Endosc. 2011; 11 (25): 3678–3682.
5. Жебровский В. В. Хирургия грыж живота. Москва: Медицина; 2005. 384 с.
6. Пучков К.В., Пучков Д. В., Хубезов Д. А. Транслюминальная (N.O.T.E.S.) миналапароскопически ассистированная, однопрокольная и традиционная лапароскопическая холецистэктомия — что выбрать? Оценка результатов лечения пациентов с неосложненной желчнокаменной болезнью и полипозом желчного пузыря. Эндоскопическая хирургия. 2013; (6): 16–22.
7. Шумкина Л.В., Старков Ю. Г. Хирургия единого лапароскопического доступа: современные тенденции в лечении холецистита. Эндоскопическая хирургия. 2014; (1): 58–61.
8. Ганжий В.В., Ганжий И. Ю. Новые технологии в хирургическом лечении желчнокаменной болезни и доброкачественных опухолей яичников при синдроме поликистоза яичников с использованием генератора автоматической биологической сварки мягких тканей. Клиническая хирургия. 2011; (3): 18–21.
9. Walf J.S, Stoller M. L. Physiology of laparoscopy. J. Urol. 2010; (152): 294–302.
10. Сердюков М.А., Зурнадзянц В. А. Сочетанные операции как метод благотворно влияющий на качество жизни пациента. Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. 2017; (1): 176.
11. Пучков К.В., Пучков Д. В., Коренная В. В. Сравнение однопрокольной и традиционной лапароскопической холецистэктомии в лечении неосложненной болезни. Эндоскопическая хирургия. 2013; (1): 27–30.
12. Червериков С. Г. Выполнение единого лапароскопического доступа в хирургии желчнокаменной болезни. Практическая медицина. 2010; (4): 121–123.
13. Гринцов О. Г. Значение операционно-анестезиологического риска в лапароскопической хирургии. Галицкий врачебный вестник. 2012; (3): 34–35.

# ТРЕХМЕРНАЯ ВИДЕОЛАПАРОСКОПИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ КАЛЬКУЛЕЗНЫМ ХОЛЕЦИСТИТОМ

## THREE-DIMENSIONAL VIDEO LAPAROSCOPIC TECHNOLOGY IN THE SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH ACUTE CALCULOUS CHOLECYSTITIS

**V. Darvin  
A. Stepanov  
E. Krasnov  
V. Vasil'ev**

*Summary.* To date, patients with acute calculous cholecystitis cholecystectomy through traditional laparotomy access is replaced by mini-invasive technologies — laparoscopic cholecystectomy and cholecystectomy from mini-access. The most important conditions determining the choice of technology for performing cholecystectomy are maximum safety of manipulations in the zone of the neck of the gallbladder, the bladder duct and the vesicle artery. The frequency of intraoperative damage of extrahepatic bile ducts with cholecystectomy ranges from 0.1 to 3.0%. The main factors of iatrogenic damage in cholecystectomy are the difficulties in visualization and differentiation of tubular structures (especially in patients with acute cholecystitis), the involvement of hepatoduodenal ligament elements in the inflammatory process, and individual structural and topographic-anatomical relationships, and the surgeon's inadequate experience. To successfully overcome iatrogenic factors, it is necessary to expand and deepen the experience and knowledge of the operating surgeon (both clinically and through the use of virtual learning technologies), as well as innovative technical and technological solutions. The article analyzes the results of the clinical use of the technology of three-dimensional video laparoscopy with the help of the digital surgical video system of volume endoscopy «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» in 1595 patients with acute calculous cholecystitis. The analysis of the obtained results showed the possibilities of innovative technology in improving the immediate results of treatment and prevention of damage to tubular structures (bile ducts and feeding vessels).

*Keywords:* cholelithiasis, laparoscopic cholecystectomy, three-dimensional volumetric video laparoscopy, EndoSite 3DiDigitalVisionSystem, cholecystectomy from mini-access.

**Дарвин Владимир Васильевич**

*Д.м.н., профессор, Сургутский государственный университет*

**Степанов Александр Викторович**

*Аспирант, Сургутский государственный университет  
olesyp2006@yandex.ru*

**Краснов Евгений Анатольевич**

*К.м.н., Сургутский государственный университет*

**Васильев Василий Васильевич**

*К.м.н., Сургутский государственный университет*

*Аннотация.* На сегодняшний день у больных с острым калькулезным холециститом холецистэктомия через традиционный лапаротомный доступ вытесняется миниинвазивными технологиями — лапароскопической холецистэктомией и холецистэктомией из мини-доступа. Важнейшими условиями, определяющими выбор технологии для выполнения холецистэктомии, является максимальная безопасность манипуляций в зоне шейки желчного пузыря, пузырного протока и пузырной артерии. Частота интраоперационных повреждений внепеченочных желчных протоков при холецистэктомии колеблется в пределах от 0,1 до 3,0%. Основными факторами ятрогенных повреждений при холецистэктомии считаются сложности визуализации и дифференцировки трубчатых структур (особенно у больных с острым холециститом), вовлечение в воспалительный процесс элементов гепатодуоденальной связки и, индивидуальные особенности строения и топографоанатомического взаимоотношения, недостаточный опыт хирурга. Для успешного преодоления факторов ятрогении необходимо расширение и углубление опыта и знаний оперирующего хирурга (как клиническим путем, так и путем использования виртуальных обучающих технологий), а также — инновационные технические и технологические решения. В статье проведен анализ результатов клинического использования технологии трехмерной видеолaparоскопии с помощью цифровой хирургической видеосистемы объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» у 1595 больных острым калькулезным холециститом. Проведенный анализ полученных результатов показал возможности инновационной технологии в улучшении ближайших результатов лечения и предупреждения повреждения трубчатых структур (желчных протоков и питающих сосудов).

*Ключевые слова:* желчекаменная болезнь, лапароскопическая холецистэктомия, трехмерная объемная видеолaparоскопия, EndoSite 3DiDigitalVisionSystem, холецистэктомия из мини-доступа.

**Б**ольные с острым калькулезным холециститом устойчиво занимают второе место по частоте заболеваний в группе острой абдоминальной хирургической патологии [1, 2, 5]. Оптимальным рабочим документом, регламентирующим тактические вопросы при остром холецистите, является TG13: UpdatedTokyoGu

idelinesforthemangementofacutechoolangitisandcholecystitis и Национальные клинические рекомендации «Острый холецистит» [5, 9]. Основными положениями, влияющими на выбор хирургической технологии для выполнения холецистэктомии, являются время от начала заболевания, степень тяжести течения, наличие и характер осложне-

ний, возраст и коморбидный фон, степень владения хирургом выбранной технологии, материально-техническое оснащение стационара [2, 3, 5, 6]. Объективными, хотя и ретроспективными критериями правильности выбранных тактических и технологических решений при хирургическом лечении острого холецистита, являются частота и характер интраоперационных технических сложностей, ятрогенных повреждений внепеченочных желчных путей и питающих сосудов, послеоперационных осложнений и качество течения ближайшего и отдаленного послеоперационного периодов. Интраоперационные повреждения внепеченочных желчных протоков и сосудистых структур при холецистэктомии отмечаются у 0,1 до 3,0%, из них при традиционной холецистэктомии — 0,1–0,5%, при применении малоинвазивных технологий — от 0,1 до 3,0%. [2, 3, 6]. К основным причинам повреждения ВЖП следует отнести: местные анатомические условия (нетипичное и аномальное расположение структур внепеченочных желчных путей и питающих сосудов, инфильтративно-воспалительные изменения в области шейки пузыря), интраоперационные технические дефекты и ошибки, недостаточный опыт и навыки хирурга, особенности, связанные с выбранной технологией операции. С практической точки зрения для эффективного предупреждения возможных интраоперационных повреждений трубчатых структур в зоне операции есть два основных контролируемые позиции: обучение практическим навыкам и умениям с расширением теоретических знаний оперирующих хирургов и инновационные технические и технологические решения [2, 3, 4, 8, 9].

### Цель исследования

Проанализировать и оценить возможную роль в предупреждении интраоперационных повреждений трубчатых структур и улучшении ближайших результатов хирургического лечения больных, оперированных по поводу острого калькулезного холецистита, внедрения в клиническую практику трехмерной видеолапароскопической хирургической технологии.

### Материалы и методы

Проведен объективный анализ результатов выполнения 3915 холецистэктомий при остром калькулезном холецистите. Критерием включения в исследование был объем операции — холецистэктомия без вмешательства на внепеченочных желчных путях. При гендерном анализе установлено, что мужчин при остром калькулезном холецистите было оперировано 587 (15,0%), женщин — 3328 (85,0%). Возраст пациентов колебался от 18 до 92 лет, причем пациентов 21–30 лет было 145 (3,7%), 31–40 лет — 904 (23,1%), 41–50 лет — 1613 (41,2%), 51–60 лет — 763 (19,5%), старше 60 лет — 490 (12,5%). То есть, в основном преобладали лица среднего возраста от 40 до 60 лет (39,5%). Пересчитать, чтобы было 3915.

Все больные были госпитализированы в экстренном порядке. Длительность анамнеза от момента начала заболевания до поступления в стационар: до 24 час — 2014 пациентов (51,4%), 25–48 час — 1254 пациента (32%), позднее 48 час — 647 пациентов (16,6%) — преобладали пациенты со сроком заболевания до 24 часов.

Диагностический алгоритм соответствовал Национальным клиническим рекомендациям и представлял собой два варианта лабораторно-инструментального обследования в зависимости от наличия признаков механической желтухи: 1) острый холецистит без желтухи — определение общего анализа крови и мочи, билирубина крови и его фракции, амилазы мочи, ЭКГ, рентгеноскопия грудной клетки, УЗИ органов брюшной полости; 2) острый холецистит в сочетании с желтухой — дополнительно определение ферментов крови (АЛТ, АСТ, ЩФ, ЛДГ, ГГТ), серологические маркеры гепатитов, ЭРХПГ или МРХПГ.

При решении тактических вопросов у больных с острым калькулезным холециститом руководствовались Национальными клиническими рекомендациями [5]. В экстренном порядке в связи с клинко-инструментальными данными гангренозного, перфоративного холецистита, абсцесса или перитонита оперированы 615 пациентов (15,7%); ранние операции (первые 24–72 час) имели место у 3129 (79,9%); отложенные — у 171 (4,4%)

Операции выполнены традиционным лапаротомным доступом — у 786 (20,1%), из мини-доступа — у 728 (18,6%), видеолапароскопически с использованием двухмерной видеосистемы — у 806 (20,6%), с помощью цифровой хирургической видеосистемы объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» — у 1595 (40,7%).

Для выполнения трехмерной видеолапароскопии у 1595 пациентов, оперированных по поводу острого холецистита, использовали цифровую хирургическую видеосистему объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» [4, 8]. Система включает в себя индивидуальные головные шлемы, которые оснащены жидкокристаллическими дисплеями, стереоэндоскоп с двумя видеокамерами. Главной отличительной особенностью и преимуществом установки EndoSite 3Di является возможность видеть объемное изображение оперируемой зоны, которое проецируется на монитор одеваемого на голову шлема и стационарный видеомонитор. Следует отметить, что в головных шлемах для каждого глаза формируется свое индивидуальное изображение, за счет чего и получается эффект «объемной картинки». Применение подобной системы в малоинвазивной хирургии позволяет повысить точность и улучшить технику проводимой операции. К особенностям, определяющим положительные эффекты видеосистемы объемного эндоскопирования, относятся:

1. Высокая ясность обзора: разрешение дисплея и оптические инструменты дают возможность получить увеличенное, контрастное трёхмерное изображение зоны операции. Объемность изображения и оптическое «погружение» позволяют достичь четкой координации движений рук оперирующего хирурга и значительно расширяют безопасность действий и технические возможности эндоскопической хирургии.

2. Высокий уровень эргономики: комфортный шлем (HeadMountedDisplay- HMD) — это эффективное высокотехнологическое решение в области получения объемных изображений — позволяет хирургу полностью сфокусировать своё внимание на зоне выполняемых манипуляций без отвлечения на окружающую обстановку, при этом отмечено уменьшение трудозатрат и утомления. У оперирующего хирурга отсутствует потребность непрерывно смотреть в монитор в связи с тем, что зона «интереса» находится непрерывно у него непосредственно перед глазами, хотя при этом остается возможность видеть окружающую обстановку.

3. Возможность получения дополнительной информации: встроенная функция Infomatix™ позволяет вывести требуемую дополнительную информацию прямо на монитор шлема, используя систему «картинка в картинке» (это могут быть данные предыдущих лабораторных и инструментальных методов обследования — УЗИ, КТ, МРТ, лабораторные параметры).

Чёткое объемное изображение важных анатомических подробностей и более точная координация связи «глаз-рука» лежат в основе хирургической безопасности выполнения всех этапов операции и предупреждения интраоперационных повреждений важных анатомических структур. При операции холецистэктомии трехмерная технология обеспечивает хорошую визуализацию всех этапов операции: идентификация и выделения холедоха, пузырной артерии и пузырного протока, что приводит к уменьшению интраоперационной кровопотери и риска ятрогенного повреждения внепеченочных желчных путей и питающих сосудов, а также — к уменьшению времени операции. Кроме того, система объемного эндоскопирования создает для хирурга более комфортные условия выполнения операции — работа в более естественном положении и позе, так как положение тела членов хирургической бригады не зависит и не ограничивается расположением видеомониторов. Кроме того, наш опыт работы с данной технологией позволил отметить, что использование видеосистемы объемного эндоскопирования формирует у оперирующих хирургов субъективное ощущение мануальной манипуляции в зоне «интереса» операционного поля, то есть исчезает эффект наличия промежуточной технологии между руками хирурга и выполняемым с помощью инструментов техническими действиями на оперируемом органе. [4,9]

## Результаты и их обсуждение

Учитывая имеющуюся в литературе данные о связи частоты интраоперационных повреждений трубчатых структур (желчевыводящие протоки, питающие сосуды) с применяемой хирургической технологией при выполнении холецистэктомии у больных острым холециститом, мы проанализировали прежде всего влияние клинического внедрения трехмерной видеолапароскопии на этот параметр. В анализируемой группе интраоперационные повреждения внепеченочных желчных протоков имели место у 5 оперированных пациентов (0,13%): у 1 (0,03%) — полное пересечение (С) и у 4 (0,10%) — частичное краевое (РМ-2, Рm — 2). При этом установлена зависимость частоты и характера повреждений от применяемой хирургической технологии для выполнения холецистэктомии: Частота повреждений в зависимости от доступа: при традиционной холецистэктомии — у 1 (0,12%) — С, при лапароскопической (двухмерная лапароскопия) — у 2 (0,13%): 1 РМ и 1 Рm, из мини-доступа — у 2 (0,27%): 1 РМ и 1 Рm; при применении цифровой хирургической видеосистемы объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» повреждений отмечено не было ( $p=0,279$ ,  $\chi^2=3,841$ ).

При анализе временного фактора — продолжительности операции — установлено, что внедрение в клиническую практику трехмерной эндоскопической технологии позволило достоверно снизить среднюю продолжительность оперативного вмешательства при остром холецистите: при традиционном лапаротомном доступе она составила 60,5+ 12 мин., при применении мини-доступа — 52,4 + 8 мин, при использовании видеолапароскопии с двухмерной видеосистемой — 40,5+ 7,5 мин, при использовании видеолапароскопии с цифровой хирургической видеосистемой объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» — 31,2+ 4 мин ( $p=0,000$ ).

О частоте послеоперационных осложнений и летальных исходов. Летальных исходов не было. Осложнения: при традиционном лапаротомном доступе — 3 пациента (1-серома, 1-нагноение послеоперационной раны и 1-релапаротомия обусловленная кровотечением), при применении мини-доступа — 3 пациента (1-релапаротомия обусловленная желчеистечением, 2-инфильтрата брюшной полости), с применением двухмерной лапароскопии — 1 пациент (гематома раны), трехмерная лапароскопия-1 пациент (гематома послеоперационной раны). ( $p=0,205$ ,  $\chi^2=4,577$ ).

Средняя длительность стационарного лечения у оперированных больных при использовании стандартной лапаротомии составила 10,2+ 2,5 койко-дня, мини-доступа-7,4+ 1,8 койко-дней, двухмерной видеолапароскопии — 5,3+ 1,5 койко-дня, цифровой хирургической видеосистемы объемного эндоскопирования — 4,5 + 1,0 койко-дней.

Статистически достоверное снижение длительности стационарного лечения при применении лапароскопических технологий ( $p=0,014$ ) связано прежде всего со снижением частоты ранних послеоперационных осложнений.

Кроме того, проведенное нами анонимное анкетирование оперирующих хирургов показало значительную большую удовлетворенность хирургов выполненными операциями при применении трехмерной видеосистемы, что связано с проведением операции в естественном трехмерном пространстве, большей хирургической безопасностью, уверенностью и уменьшением усталости и напряжения хирургов.

### Заключение

Таким образом, цифровая хирургическая видеосистема объемного эндоскопирования, предоставляя возможность проведения видеолапароскопической холецистэктомии в естественном трехмерном пространстве с конкретной и правильной пространственной ориентацией при дифференциации трубчатых структур, обеспечивает профилактику интраоперационных повреждений внепеченочных желчных путей и сосудов и ранних послеоперационных осложнений, что лежит в основе улучшения ближайших результатов лечения больных острым калькулезным холециститом. Вопрос преимуществ 3D-лапароскопических систем над 2D-системами остается недостаточно изученным, хотя потенциальные выгоды от 3D-визуализации хорошо известны к настоящему времени, что и подтверждается данной работой.

### Выводы

1. Принятие тактических решений при остром калькулезном холецистите в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями реализуется в следующем соотношении времени выполнения операций: экстренные — у 15,7%, ранние — у 79,9% и отложенные — у 4,4%.

2. Общая частота интраоперационных повреждений внепеченочных желчных путей у больных, оперированных по поводу острого холецистита, составляет 0,13%, при этом отмечена зависимость от использованного доступа и технологии: при традиционной холецистэктомии — 0,12%, при мини-доступе — 0,27%, при лапароскопической (двухмерная лапароскопия) — 0,13%, при применении цифровой хирургической видеосистемы объемного эндоскопирования «EndoSite 3DiDigitalVisionSystem» повреждений отмечено не было.

3. Цифровая хирургическая видеосистема объемного эндоскопирования, предоставляя возможность проведения видеолапароскопической холецистэктомии в естественном трехмерном пространстве с четкой визуальной пространственной ориентацией при дифференциации трубчатых структур, обеспечивает профилактику интраоперационных повреждений внепеченочных желчных путей и сосудов и ранних послеоперационных осложнений, что лежит в основе улучшения ближайших результатов лечения больных острым калькулезным холециститом.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Борисов А. Е. Руководство по хирургии печени и желчевыводящих путей. — В двух томах. — СПб: Скифия, 2003. — 488 с.
2. Гальперин Э.И., Чевокин А. Ю. «Свежие» повреждения желчных протоков // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова, 2010. — № 10. — с. 4–10.
3. Дарвин В.В., Краснов Е. А., Онищенко С. В., Степанов А. В. Трехмерная лапароскопия как технология профилактики повреждений внепеченочных желчных путей при холецистэктомии. Альманах института Хирургии им. А. В. Вишневского. 2016 — № 1 — с98–99.
4. Дарвин В.В., Краснов Е. А., Степанов А. В. Трехмерная лапароскопия — технология совершенствования методов оперативного лечения желчнокаменной болезни. Научно-практический журнал. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. № 42018 г. (апрель) стр. 181
5. Национальные клинические рекомендации «Острый холецистит». г. Ростов-на-Дону, 2015.
6. Савельев В.С., Могучев В. М., Филимонов М. И. Повреждение магистральных желчных протоков при холецистэктомии // Хирургия, 1971. — № 5. — С. 47–51.
7. Тимофеев М.Е., Шаповальянц С.Г., Семенова Т. В., Федоров Е. Д., Полушкин В. Г., 2, Валеев Л. Н., Валиев А. А., Гайнутдинов Р.Т., Зайнулин Р.Х., Андряшин В. А., Хайитова Д. Д. От многолетнего опыта в ургентной лапароскопической хирургии к созданию современных учебных программ с использованием виртуальных и симуляционных технологий. (Журнал Эндоскопическая Хирургия № 3, 2015 г.) С 58–69.
8. Operate with a True View in 3D, EndoSite 3Di Digital Vision System. VSE301 © VikingSystems, Inc. 2004.
9. TG13: Updated Tokyo Guidelines for the management of acute cholangitis and cholecystitis / T. Takada et al. // J HepatobiliaryPancreat Sci. — 2013. — Vol. 20 — № 1. — P.

© Дарвин Владимир Васильевич, Степанов Александр Викторович (olesyp2006@yandex.ru ),

Краснов Евгений Анатольевич, Васильев Василий Васильевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ОДНОМОМЕНТНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ В ЛУНКУ УДАЛЕННОГО ЗУБА И НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИМПЛАНТАЦИОННОЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЕ АКРИЛОВЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

## IMMEDIATE DENTAL IMPLANT PLACEMENT WITH IMMEDIATE LOADING FOLLOWING EXTRACTION OF NATURAL TEETH

**A. Konchakovsky**  
**A. Konchakovsky**

*Summary.* In clinical situations where you plan to install dental implants immediately after tooth extraction, various surgical protocols implantation and postoperative management. Achieving primary stability of dental implants is a key factor for the further success of the osseointegration and treatment. Another problem with immediate implantation is the correct positioning of the implant, due to the shape and size mismatch wells, size and shape of the implant. Given the above essential clear algorithm for direct implantation to be optimal from the point of view of aesthetics and function. In this review article the analysis of modern approaches in the immediate dental implantation, are described methods for solving these problems.

*Keywords:* immediate dental implantation, the positioning of the implant, immediate implant protocol.

**Кончаковский Александр Владимирович**

Врач стоматолог-ортопед; ассистент, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого  
aldental@gmail.com

**Кончаковский Артем Александрович**

ПСПБГМУ им. акад. И. П. Павлова  
Dr. Konchakovsky@gmail.com

*Аннотация.* В клинических ситуациях, когда планируется установка ден- тальных имплантатов сразу после удаления зуба, возможны различные хирургические протоколы имплантации и послеоперационного ведения. Достижение первичной стабильности ден- тальных имплантатов является ключевым фактором для дальнейшей остеоинтеграции и успеха всего ле- чения. Другой проблемой при немедленной имплантации является пра- вильное позиционирование имплантата, в связи с несовпадением формы и размера лунки, размерам и форме имплантата. Учитывая вышесказанное, важен четкий алгоритм для проведения непосредственной имплантации, который будет оптимален для обеспечения остеоинтеграции и последу- ющей функциональной нагрузки и достижения эстетического результата. В данной обзорной статье проведен анализ современных подходов при од- номоментной ден- тальной имплантации в лунку удаленного зуба, описаны методы решения указанных проблем.

*Ключевые слова:* непосредственная ден- тальная имплантация, позициони- рование имплантата, протокол непосредственной имплантации.

**О**дним из наиболее актуальных и научно-обосно- ванных методов лечения больных с частичной и полной адентией является имплантация.

С тех пор, как основоположником современной имплантологии, шведским ученым Branemark P.I., был разработан классический протокол двухэтапной им- плантации, феномен, обозначенный термином «остео- интеграция», стал базовым в имплантологии.

В настоящее время, в ден- тальной имплантологии акту- альной проблемой является ранняя реабилитация паци- ентов с частичной и полной потерей зубов. Основным не- достатком двухэтапной методики имплантации, является увеличение сроков лечения на время заживления лунки (3–4 мес.) и период остеоинтеграции имплантата, кото- рый длится от 3 до 6 месяцев. В некоторых случаях это неприемлемо для пациентов, особенно, когда речь идет о восстановлении зубов в эстетически значимой зоне.

Одномоментная ден- тальная имплантация, выполнен- ная в лунку удаленного зуба, является методом, позволя-

ющим значительно сократить сроки лечения и повысить функциональные и эстетические результаты, что позво- ляет предотвратить атрофию костной ткани альвеоляр- ного отростка, а также сократить объем хирургических и ортопедических вмешательств.

**Актуальность темы** данной статьи обусловлена тем фактом, что, несмотря на возросший интерес специ- алистов к данной проблеме и большого количества проведенных отечественных и зарубежных исследова- ний, не существует однозначного подхода к методике проведения одномоментной ден- тальной имплантации, срокам нагрузки, выбору биокомпозитных материалов и имплантатов.

### Материалы и методы исследования

Для теоретического обзора научного материала по данной тематике были изучены монографии, статьи научных сборников и журналов, авторефераты канди- датских и докторских диссертаций. Поиск отечествен- ных и зарубежных источников производился на порта-

лах: Medline [36], Clinicalkey [38], eLIBRARY [59], disserCat [59], sci-hub.org [37], Медицинские Диссертации [31], AAID.com [63], Springer Openjournals [48].

По ключевым словам «immediate implantplacement» всего было найдено 20111 статей на платформе Medline и 4980 статей на научном ресурсе sci-hub.org.

### Результаты анализа литературы

Большое количество экспериментальных исследований, информация отечественной и зарубежной литературы говорит о положительном результате и указывает на возможность широкого применения метода одномоментной дентальной имплантации в современной стоматологии. Но на сегодняшний день, как показывает клиническая практика, отсутствует понятие четкого, последовательного алгоритма действий в данной методике. Не проведен сравнительный анализ эффективности различных методик одномоментной дентальной имплантации, предлагаемых к использованию биокompозитных материалов и имплантатов.

Многие клиницисты довольно широко интересуются данным методом, применяя его в своей практике, но при этом опираются на свои навыки и знания, исходя из двухэтапного метода имплантации.

При анализе научной литературы выявлены следующие спорные моменты, касающиеся одномоментной имплантации в лунку удаленного зуба:

- ◆ проблема правильного позиционирования имплантата;
- ◆ риск потери первичной стабильности имплантата;
- ◆ недостаточно эмпирических данных по изучению динамики процессов остеогенеза в различные сроки послеоперационного периода;
- ◆ дискуссии по поводу применения биокompозитных материалов;
- ◆ нет единого научного обоснования для оптимальных сроков нагрузки.

Также при разработке большинства известных систем имплантатов, предназначенных для отсроченной имплантации, не учитывались особенности одномоментной имплантации. Все это приводит к неуверенности клиницистами достижения положительного результата.

Однако, бесспорным является тот факт, что лунка удаленного зуба с неповрежденными стенками альвеолярного отростка и хорошо сохранившимися мягкими тканями, окружающими её, является идеальным условием

для проведения одномоментной дентальной имплантации [46].

Внушительный ряд авторов утверждают о положительном результате применяемого метода, необходимого для дальнейшего протезирования, с хорошим эстетическим результатом и возможности ранней реабилитации пациентов [1–10,19–21, 23–25].

Первым этапом литературного обзора был сбор научных результатов исследований известных учёных за прошлые 20 лет, для того, чтобы показать динамику научной мысли по данной тематике.

В.Н. Олесова (1993, 1997) утверждала о неэффективности методики одномоментной имплантации зуба в связи с невозможностью обеспечить первоначальную устойчивость имплантата, но отмечает, что данный метод способствует сохранению костной ткани челюсти на месте удаленного зуба, за счет создания условий для раннего протезирования [13–14].

Т.Г. Робустова с соавт. (1998, 2000) пришли к выводу, что успех немедленной имплантации возможен только при отсутствии острого или обострения хронического периодонтита [15–18].

И. М. Федяев и соавт. (1996) проводили морфологический анализ результатов интеграции имплантатов и сделали вывод, что предложенный метод не уступает по эффективности общепринятой отсроченной имплантации [21].

Block and Kent (1991), Yukna (1991) and Rosenquist et al (1996) в своих исследованиях говорили о проблеме несоответствия размера и формы имплантата форме лунки удаленного зуба, в результате чего образуются «пустоты», которые необходимо заполнять биокompозитным материалом. Авторы обращали особое внимание на роль формы имплантата (анатомическое соответствие), как быстрое достижение предсказуемого результата [28,42,49–50].

Особый интерес представляют результаты клинической оценки 134 имплантатов, установленных при одномоментной имплантации без применения костнопластических материалов и мембран (Becker В.Е. et al. 1998). Авторы делают вывод, что адекватная хирургическая техника и естественные репаративные процессы обеспечивают интеграцию имплантата, без применения средств поддержки, которые только тормозят процесс заживления альвеолы [26].

Исследования, проведенные Абдуллаевым Ф.М. (2000–2002), говорят о следующих выводах:

- ◆ при операциях удаления зуба возможно проведение непосредственной имплантации;
- ◆ предпочтение следует отдавать винтовым конструкциям с конической пришеечной частью и высоким профилем резьбы;
- ◆ применение остеопластических материалов в пришеечной области требует надежной изоляции раны (глухое ушивание) и исключение нагрузки на имплантат на срок 3–6 мес.;
- ◆ применении имплантатов с силой первичной фиксации, соответствующей физиологическим нагрузкам, возможно проведение раннего протезирования;
- ◆ применение остеопластических материалов не является решающим фактором стимуляции репаративного остеогенеза и интеграции имплантата при непосредственной имплантации;
- ◆ при недостатке мягких тканей в области оперативного вмешательства возможно ушивание раны вокруг заглушки имплантата, без полной изоляции, что способствует оттоку экссудата, который образуется при заживлении лунки после удаления зуба.

Автором отмечено, что на всех сроках контакт имплантатами и костными альвеолами осуществляется посредством фиброзной прослойки.

Впервые было установлено, что адекватная компрессия костной ткани, созданная при внедрении имплантата, стимулирует репаративные процессы — на 10-е сутки, а созревание и вторичная перестройка новообразованной кости начинается и наиболее активно происходит в участках, которые находятся под воздействием резьбовой компрессии.

На основе эксперимента по определению силы интеграции имплантата в костной ткани проведен анализ конструкций различных внутрикостных имплантатов, применяемых для одномоментной имплантации. Автором была разработана конструкция имплантата для данной процедуры (Патент на изобретение № 2190373, от 26.04.2001) [1,4–8].

За последние 10 лет взгляд на одномоментную имплантацию стал более положительным, ввиду открывающихся с каждым годом новых научно-технических возможностей.

Арипов Р.А. (2010) изучал возможность усовершенствования метода одномоментной имплантации при удалении коренных зубов. Автор говорит о необходимости атравматического удаления зуба при непосредственной имплантации с применением универсального устройства-экстрактора. Сохраненная кортикальная

пластинка лунки, удаленного корня зуба, способствует достижению первичной фиксации непосредственно-го имплантата, что создает благоприятные условия для остеоинтеграции [2].

Самусенков В.О. (2012) утверждает, что устойчивость дентальных имплантатов после непосредственной имплантации и немедленной нагрузки (временном протезировании несъемными конструкциями) соответствует устойчивости имплантатов после использования двухэтапной методики.

Elise G Zuiderveld<sup>1</sup>, Henny J A Meijer<sup>12</sup>, Arjan Vissink<sup>1</sup> and Gerry M Raghoobar<sup>1</sup> (2015) утверждают, что при хорошей первичной стабильности имплантата в условиях достаточного объема ткани возможен благоприятный эстетический результат [35].

Pozzi A, Tallarico M, Moy PK (2015) в течение трех лет изучали эффективность немедленной нагрузки при непосредственной установки имплантатов. Результаты: 84.7% имплантатов были установлены со значением крутящего момента в диапазоне 55–70 Н\*см, с хорошим результатом остеоинтеграции, 1.9% имплантатов были потеряны из-за периимплантита у курящих пациентов. Авторы сделали выводы о возможности применения высокого значения усиления (торк) для достижения первичной стабильности без последствий для дальнейшего функционирования имплантата [43].

Romanos G.E. (2015) изучал влияние нагрузки на имплантаты, непосредственно установленные в лунку зубов и преимущества ранней функциональной нагрузки. Автор пришел к выводу, что функционально нагружая кость, после немедленной имплантации, можно контролировать резорбцию костной ткани [41].

Sheng L, Silvestrin T, Zhan J, Wu L, Zhao Q, Cao Z, Lou Z, Ma Q (2015) проводили исследование немедленной имплантации с немедленной нагрузкой у пациентов с острыми травмами зубов. После удаления зубов устанавливались имплантаты системы Nobel Replace Groovy со значением крутящего момента в диапазоне 35–50 Н\*см в более небном положении, на 3 мм ниже десневого края; если формировались пустоты между имплантатом и костью более 1 мм, заполняли их биокompозитным материалом. Имплантаты имели первичную стабильность, благодаря использованию значения крутящего момента более 35Н\*см. Сразу после установки имплантаты получали нагрузку в виде временной коронки, которая замещалась на постоянную через 3–4 мес. Полученные данные имели положительный функциональный и эстетический результат [44].

Ведение пациентов с применением методов дентальной имплантации требует использования предваритель-

ных акриловых протезов практически на всех клинических этапах, начиная с момента удаления зубов, периода остеоинтеграции вплоть до изготовления постоянных протезов (Адилханян В. А., 2007).

Непосредственные предварительные акриловые конструкции используются для уточнения эстетических пожеланий пациента к будущей постоянной реставрации, коррекции окклюзионных взаимоотношений, вертикального межальвеолярного расстояния. На предварительных акриловых протезах проводится адекватная нагрузка костной ткани в области имплантации, формируются мягкие ткани, в том числе межзубные сосочки (Олесова В. Н. и др., 2000; Жданов Е. В. и соавт., 2007; Арутюнов С. Д. и соавт., 2012; Zoller J. E., Neugebauer J., 2015).

Немедленной нагрузки временными несъемными конструкциями при одномоментной имплантации также посвящено большое количество исследований.

Нельзя не упомянуть новейшее достижение медицинского материаловедения — материал Peek (поли-эфир-эфир-кетон), используемый в США и Европе уже более десяти лет. Из этого биополимера изготавливаются импланты, которые показывают результат идеальной биосовместимости и оптимальной остеоинтеграции. Показательным является тот факт, что не было зарегистрировано ни одного случая отторжения имплантата из данного материала.

#### Выводы по результатам теоретического обзора

Согласно проведенному анализу, одним из преимуществ немедленной имплантации является практически полное отсутствие атрофических изменений в области операции, при этом необходимо проводить атравматическое удаление зубов, применяя специально для этого

разработанные инструменты, с сохранение всех костных стенок лунки, а при возникновении дефектов применять метод направленной костной и тканевой регенерации. Непосредственно устанавливая имплантат в лунку удалённого зуба, необходимо добиваться первичной стабильности имплантата, с возможной последующей ранней нагрузкой на имплантат. Согласно рекомендациям авторов анализируемых публикаций, устанавливать имплантаты необходимо с максимальным контактом с костными стенками лунки.

Устанавливать имплантаты необходимо в лунки зубов, не имеющих острого или хронического воспалительного процесса, а также с осторожностью применять данный метод при заболеваниях пародонта. При немедленной установке имплантата в лунки однокорневых зубов обеспечивается максимальное соответствие формы имплантата анатомической форме лунки, в многокорневых зубах имплантаты целесообразней устанавливать в область бифуркации, с использованием имплантатов большего диаметра, высоким профилем резьбы и конической формой пришеечной части имплантата.

Из огромного количества различных типов и систем имплантатов, существующих в настоящее время, только немногие имплантаты были разработаны специально для непосредственной имплантации (Frialit-2, Replace, и др.). Оптимизация поверхности и конструкции имплантатов позволит оптимизировать протокол их клинического применения.

В настоящее время и отечественные, и зарубежные авторы довольно уверенно заявляют о возможности широкого применения метода непосредственной дентальной имплантации, пытаюсь расширить показания к данной методике, оптимизировать этапы хирургического лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Ф. М. Клинико-экспериментальное обоснование метода непосредственной имплантации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2003. — 24 с.
2. Арипов Р. А. Усовершенствование методов непосредственной имплантации при удалении нижних коренных зубов и изготовление протезов на двухкорневых опорных конструкциях: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Казань, 2010. — 20 с.
3. Иванов С. Ю. Стоматологическая имплантология: учебное пособие / С. Ю. Иванов [и др.]. — М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2000. — 96 с.
4. Кулаков А. А. Зубная имплантация / А. А. Кулаков, Ф. Ф. Лосев, Р. Ш. Гветадзе. — М.: «Мед. Ин-форм. агентство», 2000. — 152 с.
5. Кулаков А. А. Клинико-экспериментальное обоснование метода непосредственной имплантации / А. А. Кулаков, Ф. М. Абдуллаев // Труды XV съезда хирургов Дагестана. — Махачкала, 2002. — С. 264–267.
6. Кулаков А. А. Особенности проведения непосредственной имплантации с применением имплантатов различных конструкций / А. А. Кулаков, Ф. М. Абдуллаев // Новое в стоматологии. — М., 2002. — № 5. — С. 85–87.
7. Кулаков А. А. Современные требования к конструкциям непосредственных имплантатов / А. А. Кулаков, Ф. М. Абдуллаев // Труды XV съезда хирургов Дагестана. — Махачкала, 2002. — С. 270–272.
8. Кулаков А. А. Непосредственная имплантация и роль ранней функциональной нагрузки на имплантат (экспериментальное исследование) / А. А. Кулаков, А. Ж. Ашуев // Стоматология. — 2007. — № 1. — С. 23–27.

9. Кулаков О. Б. Особенности одномоментной дентальной имплантации / О. Б. Кулаков // Институт стоматологии. — 2003. — № 1(18). — С. 115–116.
10. Лосев Ф. Ф. Экспериментально-клиническое обоснование использования материалов для направленной регенерации костной ткани при ее атрофии различной этиологии: Автореф. дис. . д-ра мед. наук. — Москва, 2001. — 36 с.
11. Никольский В. Ю. Непосредственная дентальная имплантация в дистальном отделе нижней челюсти: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Самара, 2002. — 19 с.
12. Никольский, В. Ю. Ранняя и отсроченная дентальная имплантация: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Самара, 2007. — 34 с.
13. Олесова В. Н. Комплексные методы формирования протезного ложа с использованием имплантатов в клинике ортопедической стоматологии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Омск, 1993. — 45 с.
14. Олесова В. Н. Морфологическая характеристика слизистой оболочки полости рта до и после внутрикостной имплантации в различных условиях тканевого ложа. // Новое в стоматологии. — 1997. — № 6. — 26 с.
15. Робустова Т. Г. Имплантация зубов (хирургические аспекты) / Т. Г. Робустова. — М.: Медицина, 2003. — 560 с.
16. Робустова Т. Г. Показания и противопоказания для дентальной имплантации // Новые концепции в технологии, производстве и применении стоматологических имплантатов. — Саратов, 1996. — С. 3–6.
17. Робустова Т. Г. Отсроченная зубная имплантация / Т. Г. Робустова, И. В. Федоров // Тез. докл. 4-й междунар. конференции. — Саратов, 1998. — С. 32–33.
18. Робустова Т. Г. Методика немедленной имплантации при удалении зубов / Т. Г. Робустова, И. В. Федоров // Проблемы стоматологии и нейростоматологии. — 1998. — № 1. — С. 34–38.
19. Самусенков В. О. Клинико-микробиологическое обоснование временного протезирования при непосредственной дентальной имплантации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2012. — 24 с.
20. Танкаев А. С. Применение отечественных остеопластических материалов для повышения эффективности немедленной дентальной имплантации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2002. — 23 с.: ил.
21. Федяев И. М. Непосредственная двухфазная дентальная имплантация в эксперименте / И. М. Федяев, Ю. В. Петров, В. Ю. Никольский // Казанский вестник стоматологии. — 1996. — № 2. — С. 129–130.
22. Albrektsson T., Albrektsson B. Osseointegration of boneimplants. Are view of alternative mode fixation // *Ac. Orthop. Scand.* — 1987. — Vol.58. — P. 567–577.
23. Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2004; 27(3): 309–18.
24. Ashman A. An immediate tooth root replacement an implant cylinder and syntetic bone combination // *J. of Oraql Implantology.* — 1990. — Vol. 16, № 1. — P. 28–38.
25. Barzilay I, Grasser GN, Iranpour B, Natiella JR. Immediate implantation of a pure titanium implant into an extraction socket: report of a pilot procedure // *Int J Oral Maxillofac Implant.* 1991; 6:277–284.
26. Becker W. Immediate implant placement: diagnosis, treatment planning and treatment steps/or successful outcomes // *J Calif Dent Assoc.* 2005; 33:303–310.
27. Beatriz Tarazona, corresponding author1 Pablo Tarazona-Álvarez, David Peñarrocha-Oltra, and Maria Peñarrocha-Diago. Relationship between indication for tooth extraction and outcome of immediate implants: A retrospective study with 5 years of follow-up // *J ClinExp Dent.* 2014; 6(4): e383–7. doi:10.4317/jced.51616 http://dx.doi.org/doi:10.4317/jced.51616
28. Block M. S., Kent J. N. Placement of endosseous implants into tooth extraction sites // *J Oral Maxillofac Surg.* 1991; 49:1269–1276.
29. Branemark P. Osseointegration and its experimental background // *P. Branemark // J. Pros.Dent.* — 1993. — Vol. 50. — P. 399–412.
30. Branemark P. I., Zarb G. A., Albrektsson T. *Tissue Integrated Prosthesis: Osseointegration in Clinical Dentistry* // Chicago: Quintessence, 1985, 145
31. Branemark P. I., Hansson B. O., Adell R., et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10 year period // *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977; 16:1–132.
32. Cardaropoli G., Araujo M., Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites: an experimental study in dogs // *J ClinPeriodontol* 2003; 30(9):809–19.
33. Chen S. T., Wilson TG Jr, Ha`mmerle CH. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes // *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19(suppl):12–25.
34. Grunder U, Polizzi G, Goene` R, Hatano N, Henry P, Jackson WJ, Kawamura K, Ko`hler S, Renouard F, Rosenberg R, Triplett G, Werbit M, Lithner B. A 3-year prospective multicenter follow-up report on the immediate and delayed- immediate placement of implants // *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 210–216.
35. Elise G Zuiderveld1, Henny J A Meijer12, Arjan Vissink1 and Gerry M Raghoobar1. Immediate placement and provisionalization of an implant after removal of an impacted maxillary canine: two case reports // *International Journal of Implant Dentistry* 2015, 1:13.
36. Jun-Beom Park. Immediate Placement of Dental Implants Into Fresh Extraction Socket in the Maxillary Anterior Region: A Case Report // *Journal of Oral Implantology* Apr 2010, Vol. 36, № 2, pp. 153–157.
37. Susanna Annibaldi MD, DDS, Isabella Bignozzi, DDS, Lucianalacovazzi, DDS, PhD Gerardo La Monaca, DDS, PhD4 Maria Paola Cristalli, DDS, Ph D. Fresh extraction sites: 4 to 7 years retrospective evaluation of 95 immediate implants // *J Periodontol* 1997; 68: 1110–1116.
38. Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and estorative advantages // *Int.J. Periodont. Restorat. Dent.* — 1989. — Vol. . . 9. — No. 5. — P. 333–343.
39. Linkow LI, Chercheve R. *Theories and Techniques of Oral Implantology*, vol 1. St Louis: Mosby, 1970.
40. Nicholas Caplanas, Jaime L Lozada, Joseph YK Kan. Extraction Defect: Assessment, Classification and Management. // *International Journal of Clinical Implant Dentistry.* January-April 2009; 1(1):1–11.
41. Romanos GE. Wound healing in immediately loaded implants. // *Periodontol* 2000. 2015 Jun; 68(1):153–67. doi: 10.1111/prd.12058.

42. Rosenquist B, Grenthe B. Immediate placement of implants into extraction sockets: implant survival // *Int J Oral Maxillofac Implant.* 1996;11:205–211
43. Pozzi A, Tallarico M, Moy PK. Immediate loading with a novel implant featured by variable-threaded geometry, internal conical connection and platform shifting: three-year results from a prospective cohort study // *Eur J Oral Implantol.* 2015 Spring; 8(1):51–63.
44. Sheng L, Silvestrin T, Zhan J, Wu L, Zhao Q, Cao Z, Lou Z, Ma Q. Replacement of severely traumatized teeth with immediate implants and immediate loading: literature review and case reports // *Dent Traumatol.* 2015 Jul 14.
45. Scott R. F., Bazzoog M. E., Yaman P. Consequences inadequate one healing before implant surgery // *J. Prost. Dent.* — 1989. — Vol. 61. — № 4. — P. 399–401.
46. Schropp L, Kostopoulos L, Wenzel A. Bone healing following immediate versus delayed placement of titanium implants into extraction sockets: a prospective clinical study // *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18:189–199.
47. Schwartz-Arad D, Chaushu G. The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review // *J Periodontol* 1997; 68: 915–92.
48. SundarRamalingam, Maryam Al-Hindi, Raniah Abdullah Al-Eid, and Nasser Nooh. Clinical evaluation of implant survival based on size and site of placement: A retrospective study of immediate implants at single rooted teeth sites. // *Saudi Dent J.* 2015 Apr; 27(2): 105–111.
49. Yukna RA. Clinical comparison of hydroxylapatite-coated titanium dental implants placed in fresh extraction extraction sockets and healed sites. // *J Periodontol.* 1991; 62:468–472.
50. Yukna RA. Placement of hydroxylapatite-coated implants into fresh or recent extraction sites. // *DentClin North Am.* 1992; 36:97–116.
51. Медицинские Диссертации [Электронный ресурс]. Режим доступа: Загл. с экрана.
52. AAID.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.joionline.org/>. — Загл. с экрана.
53. disserCat[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/>. — Загл. с экрана.
54. Clinicalkey[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.clinicalkey.com/>. — Загл. с экрана.
55. eLIBRARY[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp/>. — Загл. с экрана.
56. Medline [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>. — Загл. с экрана.
57. Sci-hub.org [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scihub.org/>. — Загл. с экрана.
58. SpringerOpenjournals [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.springer.com/>. — Загл. с экрана.

© Кончаковский Александр Владимирович (aldental@gmail.com), Кончаковский Артем Александрович (Dr. Konchakovsky@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПСБГМУ им. акад. И.П. Павлова

# КЛИНИКО-ГОРМОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ГИПЕРПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭНДОМЕТРИЯ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

## CLINICAL AND HORMONAL ASPECTS OF ENDOMETRIAL HYPERPLASTIC PROCESSES IN WOMEN OF THE REPRODUCTIVE AGE

**A. Masybaeva  
A. Atykanov**

*Summary.* Research data of 168 women of reproductive age with hyperplastic processes of the endometrium has been submitted in this work. There has been shown that the menstrual cycle is mainly disturbed in menometrorrhagia (43.7–66.4%), menorrhagia (27.5–50%) and is accompanied by infertility (20–32.1%), against the backgrounds of high frequency of the extragenital and concomitant pathology of the reproductive system. Hyperplastic processes in the endometrium without atypical transformation can proceed at hypoestrogenia, but at the progesterone deficiency condition.

*Keywords:* women, hyperplastic processes of the endometrium, endometrial hyperplasia, hormones.

**Масыбаева Альбина Актанбековна**

Научный сотрудник, соискатель, Кыргызский Научный  
Центр Репродукции Человека (г. Бишкек)  
dr.albisha@mail.ru

**Атыканов Арыстанбек Орозалыевич**

Д.м.н., профессор, Кыргызско-Российский Славянский  
университет им. Б. Н. Ельцина (г. Бишкек)  
a.atykanov@gmail.com

*Аннотация.* В работе представлены данные обследования 168 женщин репродуктивного возраста с гиперпластическими процессами эндометрия. Показано, что нарушение менструального цикла протекает преимущественно в виде менометроррагии (43,7–66,4%), меноррагии (27,5–50%) и сопровождается бесплодием (20–32,1%), на фоне высокой частоты экстрагенитальной и сопутствующей патологии репродуктивной системы. Гиперпластические процессы в эндометрии без атипичической трансформации могут протекать при гипоэстрогении, но при прогестерондефицитном состоянии.

*Ключевые слова:* женщины, гиперпластические процессы эндометрия, гиперплазия эндометрия, гормоны.

**Г**иперплазия эндометрия (ГЭ) является наиболее частой формой патологии слизистой оболочки матки и трактуется как нефизиологическая пролиферация эндометрия, сопровождающаяся структурной перестройкой железистого и в меньшей степени стромального компонента ткани [1–3]. На течение и формирование заболевания накладывает свой отпечаток неблагоприятный преморбидный фон в виде наличия экстрагенитальных заболеваний, а также патология репродуктивной системы. Немаловажную роль играет наследственная предрасположенность к ГЭ. Основной жалобой женщин является нарушение менструального цикла, в меньшей степени присутствие первичного и вторичного бесплодия.

Формирование ГЭ может быть обусловлено хронической ановуляцией различной этиологии, приводящей к развитию абсолютной или относительной гиперэстрогении [4]. Гиперпластические процессы продолжаются ровно столько, сколько требует функциональная необходимость, или действуют гормональные стимулы, вызывающие их. Биологическое своеобразие эндометрия состоит в том, что гормонально чувствительная ткань обладает способностью не только к циклическому обновлению почти всего клеточного состава, но и к опре-

деленному реагированию на изменения гормонального статуса на уровне целого организма [5–9].

К избыточной пролиферации эндометрия приводят также гиперплазия в яичниках, некорректное применение эстрогенов, гиперплазия коры надпочечников, изменения в метаболизме гормонов вследствие нарушения жирового и углеводного обмена, заболеваний печени и щитовидной железы.

Уточнение клинической картины и гормонального статуса у женщин репродуктивного возраста с различными формами ГПЭ обусловило необходимость настоящих исследований.

### Цель работы

Установить клинические аспекты и гормональный статус при не- и атипичической ГПЭ у женщин репродуктивного возраста.

### Материал и методы исследования

Объектом исследования явились 188 женщин репродуктивного возраста, из которых 20 здоровых женщин

Таблица 1. Гистологическая картина соскобов полости матки у женщин с ГПЭ

Гистологическая картина	Группы женщин с ГПЭ					
	Простая неатипическая ГЭ		Сложная неатипическая ГЭ		Простая атипическая ГЭ	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Гиперплазия эндометрия	27	27,2	-	-	-	-
Железистая ГЭ	48	48,4	-	-	2	9,5
Железисто-кистозная ГЭ	20	20,2	-	-	2	9,5
Полип цервикального канала	4	4	-	-	3	14,2
Аденоматозный полип эндометрия	-	-	-	-	9	43
Аденоматозный полип цервикального канала	-	-	-	-	1	4,7
ГЭ с очаговым аденоматозом	-	-	3	6,2	-	-
Железисто-кистозная ГЭ с очаговым аденоматозом	-	-	12	25	-	-
Железистый полип с очаговым аденоматозом	-	-	6	12,5	-	-
Железистая гиперплазия с очаговым аденоматозом	-	-	27	56,2	-	-
Атипичная железистая гиперплазия	-	-	-	-	4	19

составили контрольную группу; 168 женщин составили клиническую группу, которые в зависимости от формы гиперплазии подразделены на: 99 женщин — с простой неатипичной ГЭ (I клиническая группа), 48 женщин — со сложной неатипичной ГЭ (II клиническая группа), 21 женщина — с простой атипичной ГЭ (III клиническая группа).

Диагноз ГПЭ верифицировался на основании клинической картины, данных ультразвукового исследования органов малого таза, гистероскопии, морфологической картины соскобов полости матки. Определение гормонов в плазме крови — пролактина, тестостерона, прогестерона, трийодтиронина (Т3), тироксина (Т4), тиреотропного гормона (ТТГ), лютеинизирующего гормона (ЛГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), эстрадиола проводили методом иммуноферментного анализа с использованием анализатора «Мультискан» наборами фирмы «АЛКОР-БИО» (Россия).

Статистическая обработка полученных данных произведена с помощью программы «Statistik-6.0».

### Результаты и обсуждения

Основными жалобами при поступлении в клинику были нарушение менструального цикла, болевой синдром в области низа живота, пояснице, молочных же-

лезах; бесплодие. Так нарушение менструального цикла проявлялось в клинических группах в 63,6%, 77,1%, 60,7% соответственно; болевой синдром — в 40,9%, 33,7%, 35,7%; бесплодие — 21,5%, 20%, 32,1% случаев соответственно.

Характер менструального цикла преимущественно носил регулярный и безболезненный характер с умеренными по объему кровопотерями. В структуре нарушений во всех клинических группах преобладала менометроррагия — 66,4%, 44%, 43,7% соответственно и меноррагия — 21,5%, 30%, 50%. Длительность нарушений менструального цикла была различной в анализируемых группах. Если в I клинической группе преобладали нарушения цикла длительностью до одного года (64,6%), то во II и III группе женщин преобладали нарушения более 1 года и до 5 и более лет — 61,3% и 68,6%. Длительность нарушений менструального цикла могла сыграть роль в формировании выраженных форм пролиферации эндометрия.

Среди экстрагенитальных заболеваний во всех клинических группах женщин преобладали заболевания желудочно-кишечного тракта, печени, желчного пузыря, поджелудочной железы (26,9%, 24,2%, 35,3%); сердечно-сосудистой системы (12,8%, 12,8%, 14,7%); бронхолегочной системы и ЛОР-органов (26,6%, 25,7%, 23,5%)

Таблица 2. Показатели гормонов в плазме крови у женщин с ГПЭ

Анализируемые группы женщин	Статистические показатели	Анализируемые показатели гормонов								
		Про-лактин, мМЕ/л	Тестостерон, нмоль/л	Прогестерон, нмоль/л	ТЗ, нмоль/л	Т4, нмоль/л	ТТГ, мМЕ/л	ЛГ, мМЕ/л	ФСГ, мМЕ/л	Эстрадиол, пмоль/л
1. Контрольная группа n=20	M ±m	360,7 36,41	1,35 0,31	40,34 3,9	1,81 0,74	98,4 4,64	1,6 0,31	5,12 0,68	4,89 0,65	510,0 31,8
2. I клиническая n=99	M ±m P <sub>2-1</sub>	414,54 31,5 >0,05	2,484 0,42 <0,05	8,847 0,967 <0,001	1,793 0,28 >0,05	84,0 6,2 >0,05	1,576 0,29 >0,05	5,118 0,57 >0,05	10,82 1,05 <0,05	151,0 18,17 <0,001
3. II клиническая n=48	M ±m P <sub>3-1</sub>	438,54 42,4 >0,05	3,52 0,62 <0,05	7,8 1,067 <0,001	1,92 0,39 >0,05	89,4 5,1 >0,05	1,72 0,41 >0,05	11,55 0,88 <0,05	14,39 1,75 <0,01	138,8 15,8 <0,001
4. III клиническая n=21	M ±m P <sub>4-1</sub>	467,5 54,2 >0,05	3,93 0,69 <0,05	6,7 0,895 <0,001	1,72 0,63 >0,05	90,1 6,2 >0,05	2,1 0,4 >0,05	6,2 0,81 >0,05	17,3 1,67 <0,001	611 40,2 <0,05

соответственно. Среди сопутствующих заболеваний репродуктивной системы при ГПЭ у женщин с простой неатипичной ГЭ преобладали хронические сальпингоофориты (23,9%), лейомиомы (18,3%) и эрозии шейки матки (30,7%). Эти же заболевания в группе со сложной неатипичной ГЭ составили — 18,1%, 24,8%, 14,8%. У женщин с простой атипичной ГЭ сальпингоофориты встречались в 38,8% случаев, лейомиомы — в 16,6%, эрозии шейки матки — в 8,3%, а также инфекции половых органов — в 8,3% случаев.

Гистологическая картина соскоба полости матки (табл. 1) показала, что при простой неатипичной ГЭ преимущественно диагностирована ГЭ (27,2%), железистая ГЭ (48,4%), железисто-кистозная ГЭ (20,2%). При сложной ГЭ без атипии картина складывалась преимущественно из железистой гиперплазии с очаговым аденоматозом (56,2%) и железисто-кистозной ГЭ с очаговым аденоматозом (25%). При простой атипичной ГЭ преимущественно выявлялись аденоматозный полип эндометрия (43%), атипичная железистая гиперплазия (19%), полип цервикального канала (14,2%).

Таким образом, видно, что длительные нарушения менструального цикла, преимущественно по типу меноррагии и менометроррагии, постепенно формируют очаги пролиферативных процессов в эндометрии. По-

следовательный спектр пролиферативных изменений эндометрия от простой гиперплазии до атипичной постепенно возрастает с длительностью нарушения менструального цикла. Возрастание частоты ановуляторных циклов неизбежно приводит к эндокринному бесплодию. Даже при простой неатипичной ГЭ каждая пятая женщина репродуктивного возраста страдает бесплодием, число которых увеличивается при прогрессировании гиперпластических процессов.

Течение ГЭ протекает на существенно высоком фоне частоты экстрагенитальной патологии, что усугубляет метаболические нарушения в организме, а также на фоне различной патологии репродуктивной системы.

Исследование гормонального статуса у женщин с ГПЭ показал (табл. 2), что у женщин I клинической группы по сравнению с контрольной в плазме крови наблюдается незначительное, но достоверно значимое повышение уровня тестостерона ( $P < 0,05$ ). Содержание прогестерона в 4,5 раза ниже уровня контроля ( $P < 0,001$ ). При этом уровень эстрадиола также значительно ниже контрольного значения ( $P < 0,001$ ). Содержание ФСГ в 2 раза превышает значение контроля ( $P < 0,05$ ). Эти данные показывают, что при простой неатипичной ГЭ пролиферативные процессы в эндометрии могут протекать на фоне гипосекреции эстрогенов, но при дефиците прогестерона.

У женщин II клинической группы наблюдается практически аналогичная динамика в анализируемых показателях гормонального статуса, что и в I клинической группе. В группе женщин с простой атипичной ГЭ (III клиническая группа) в анализируемых показателях наблюдается следующая картина. Так, содержание тестостерона значительно превышает контрольный показатель ( $P < 0,05$ ). На фоне повышенного содержания эстрадиола ( $P < 0,05$ ) отмечается значимое снижение прогестерона ( $P < 0,001$ ) и повышение ФСГ ( $P < 0,001$ ). Содержание ЛГ, пролактина и тиреоидных гормонов не достигает значимых изменений во всех клинических группах.

Описанные данные показывают, что при неатипичной ГЭ пролиферативные процессы в эндометрии могут протекать на фоне гипосекреции эстрогенов, но при дефиците прогестерона. Основной причиной возникновения ГПЭ и опухолей в гормонозависимых тканях является нарушение нормального ритма образования и количественного содержания эстрогенов и прогестерона. Длительная стимуляция пролиферативных процессов возникает при условии абсолютной или относительной недостаточности стероидных гормонов — антагонистов эстрогенов, андрогенов, глюкокортикоидов, но, главным образом, прогестерона. Если функция гипофиза, вырабатывающего ЛГ, остается без изменений, то функция клеток, вырабатывающих ФСГ, находится на высоком

уровне, что должно привести к возникновению множества фолликулов, которые с другой стороны стимулируются физиологическими концентрациями пролактина.

Кроме того, можно с большой уверенностью предположить, что ни сами эстрогены, а модуляторы их действия, в качестве которых выступают различные гормоны, факторы роста, липидные медиаторы, цитокины, биогенные амины и др., обуславливают конечный итог действия эстрогенов на матку и либо направляют это действие в физиологическое русло, либо приводят к развитию гиперплазии и злокачественных опухолей матки. Для выяснения всех механизмов развития ГЭ требуются дополнительные исследования.

#### ВЫВОДЫ

- ◆ Основными клиническими проявлениями ГПЭ у женщин репродуктивного возраста являются нарушения менструального цикла, преимущественно в виде менометроррагии, меноррагии, сопровождающиеся бесплодием, на фоне высокой частоты экстрагенитальной патологии и сопутствующих заболеваний репродуктивной системы.
- ◆ Гиперпластические процессы без атипичической трансформации эндометрия у женщин протекают на фоне гипоэстрогении, но при прогестерондефицитном состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Чепик О. Ф. Морфогенез гиперпластических процессов эндометрия / О. Ф. Чепик // Практическая онкология. — 2004. — № 1. — С. 9–15.
2. Чернуха Г. Е. Состояние процессов пролиферации в гиперплазированной ткани эндометрия у женщин репродуктивного возраста / Г. Е. Чернуха, Г. Т. Сухих, В. П. Сметник и др. // Проблемы репродуктологии. — 2004. — Т. 10. — № 4. — С. 30–34.
3. Clark T. J. The management of endometrial hyperplasia: an evaluation of current practice / T. J. Clark, D. Neelakantan, J. K. Gupta // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. — 2006. — Vol. 125. — P. 259–264.
4. Пашков В. М. Современные представления об этиологии и патогенезе гиперпластических процессов эндометрия / В. М. Пашков, В. А. Лебедев, М. В. Коваленко // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2006. — № 3. — С. 51–59.
5. Венедиктова М. Г. Современные аспекты патогенетически обоснованной фармакологической коррекции гиперпластических процессов в эндометрии / М. Г. Венедиктова, Ю. Э. Доброхотова, Ю. Н. Задонская // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2008. — № 1. — С. 30–37.
6. Кузнецова И. В. Гиперпластические процессы эндометрия / И. В. Кузнецова. — М.: Издательство Российской мед. академии последипломного образования, 2009. — 50 с.
7. Шарапова О. В. Гормональный статус женщин с гиперпластическими процессами эндометрия / О. В. Шарапова, А. А. Осипова, А. В. Самойлова и др. // Проблемы репродуктологии. — 2006. — Т. 12. — № 3. — С. 31–36.
8. Brosens J. J. Death or survival-progesterone-dependent cell fate decisions in the human endometrial Stroma / J. J. Brosens, B. Gellersen // J. of Molec. Endocrinol. — 2006. — Vol. 36. — P. 389–398.
9. Ryan A. J. Endometrial cancer / A. J. Ryan, B. Susil, T. W. Jobling, M. K. Ochler // Cell Tissue Res. — 2005. — Vol. 322. — P. 53–61.

© Масыбаева Альбина Актанбековна ( dr.albisha@mail.ru ), Атыканов Арыстанбек Орозалыевич ( a.atykanov@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ПРОГЕСТЕРОНА НА СОСТОЯНИЕ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У БЕРЕМЕННЫХ

## PROGESTERONE AND ENDOTHELIAL SYSTEM AT PREGNANT WOMEN

**A. Mironov  
M. Umahanova  
N. Bogacheva**

*Summary.* The research included 174 pregnant women: the basic group was made by 66 patients taking the therapy by progesterone, the control group was made by 108 pregnant women. At all patients calculation of endothelial cells of peripheral blood is made and also the computer morphometry of circulating endotheliocytes is carried out. At 84 pregnant women in the studied groups assessment of a biochemical marker of endothelial dysfunction of hsCRP is carried out. The received results showed the beneficial effect of therapy by progesterone medicines on a condition of endothelial system at pregnant women.

*Keywords:* pregnancy, endothelium, progesteron.

**Миронов Алексей Валентинович**

К.м.н., ассистент, ГБОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова; ГБУЗ Городская клиническая больница № 13 ДЗМ  
Mironov75av@gmail.com

**Умаханова Мадина Мусаевна**

Д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова

**Богачева Наталья Сергеевна**

ГБУЗ Городская клиническая больница № 13 ДЗМ

*Аннотация.* В исследование включено 174 беременных: основную группу составили 66 пациенток, принимавшие препараты прогестерона, контрольную группу составили 108 беременных, у которых не проводилась терапия препаратами прогестерона. У всех пациенток произведен подсчет десквамированных эндотелиальных клеток периферической крови, а также проведена компьютерная морфометрия десквамированных эндотелиоцитов. У 84 беременных в исследуемых группах проведена оценка биохимического маркера эндотелиальной дисфункции высокочувствительного С-реактивного белка. Полученные результаты показали благоприятное влияние терапии препаратами прогестерона на состояние эндотелиальной системы у беременных.

*Ключевые слова:* беременность, эндотелий, прогестерон.

### Актуальность

Эндотелиальная дисфункция на сегодняшний день представляется одним из ключевых моментов, объединяющих основные механизмы гомеостаза на уровне микроциркуляции в фетоплацентарном комплексе [1–7]. Нарушение баланса факторов ангиогенеза приводит к дисфункции эндотелия и клинически проявляется гестационными осложнениями (эклампсия, синдром задержки роста плода, преждевременные роды и др.) [8–10]. Следует отметить, что нарушения плацентации инициируются на ранних сроках беременности, протекая обычно бессимптомно либо с клиникой угрожающего самопроизвольного выкидыша [11]. В результате дефекты фетоплацентарного комплекса часто имеют клиническое проявление только в III триместре беременности, когда применяемая терапия оказывается малоэффективной [11, 12]. Концепция патогенеза эндотелиальной дисфункции включает воспалительный компонент поражения эндотелиоцитов. Медиаторы воспаления повышают проницаемость эндотелия, а также увеличивают экспрессию молекул адгезии [13]. Кроме того, провоспалительное воздействие на эндотелий затрагивает молекулярную ар-

хитектуру гликокаликса, что проявляется в десквамацией эндотелиоцитов и появлением их в периферической крови [14]. Биохимической основой дисфункции эндотелия является увеличение продукции тромборегуляторов (фактор Виллебранда, тромбоцитарный ростовой фактор PDGF, ингибитор активатора плазминогена, ангиотензин, эндотелин и т.п.), маркеров воспаления (IL-1, IL-6, IL-8, TNF-альфа, С-реактивный белок и т.п.), молекул адгезии (Е-селектина, ICAM-1 и т.п.), а также ускорение процессов апоптоза эндотелиоцитов [15].

Одним из ингибиторов воспалительной реакции во время беременности является прогестерон, оказывающий воздействие на систему цитокинов. Прогестерон выступает одним из основных гормонов, который ингибирует опосредованную через Т-лимфоциты реакцию отторжения плода, воздействуя на синтез прогестерониндуцированного блокирующего фактора (PIBF), который направляет иммунный ответ матери через Т-хелперы II типа (IL-4, IL-6, IL-10 и др), тем самым индуцируя увеличение продукции асимметричных антител и предотвращая разрушение антигенов плодного яйца [16]. При низком содержании прогестерона иммунный

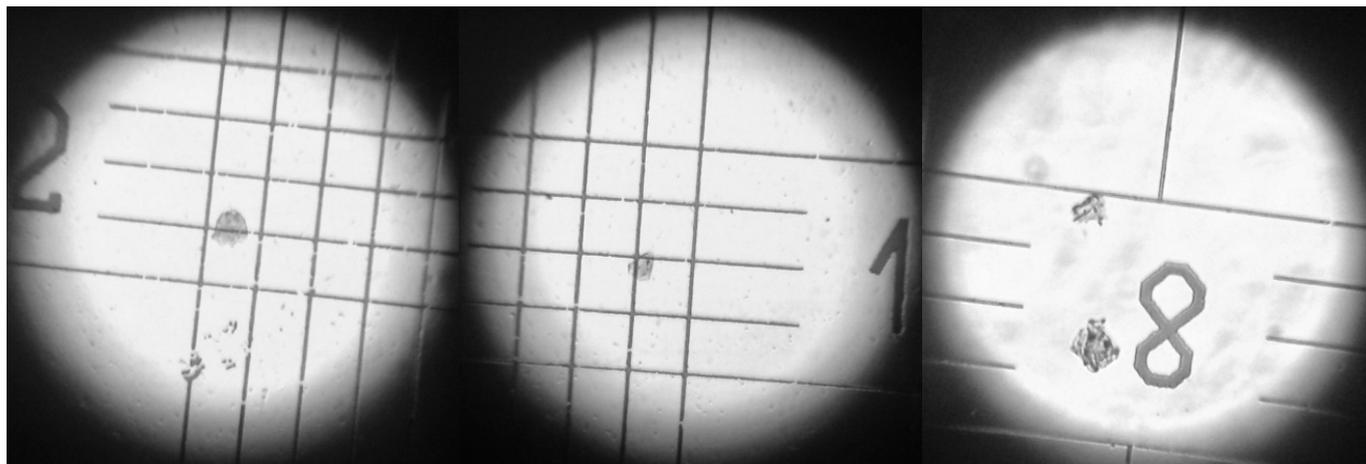


Рис. 1. Десквамированные эндотелиоциты в камере Горяева. Окраска метиленовой синей. Увеличение СМ х600.

ответ матери на трофобласт сдвигается в сторону более активного ответа через Т-хелперы I типа (TNF $\alpha$ , IL2, IL12, IFN $\gamma$  и др) с продукцией в основном провоспалительных цитокинов. Таким образом, прогестерон представляет собой мощный иммуносупрессор, влияющий на систему провоспалительных цитокинов во время беременности [17]. Помимо этого, в процессе подготовки к имплантации под влиянием прогестерона в эндометрии происходит повышение содержания ингибитора активации плазминогена типа 1 (PAI-1), тканевого фактора (TF), а также вазоконстриктора — эндотелина-1 [18]. Эта физиологическая регуляция гемостаза и сосудистого тонуса дифинирует влияние прогестерона на эндотелий во время беременности.

Целью нашего исследования стало изучение влияния терапии препаратами прогестерона на состояние эндотелиальной системы у беременных.

#### Пациенты и методы исследования

В исследование включено 174 беременных. Все пациентки были госпитализированы в гинекологическое отделение ГБУЗ ГКБ№ 13 ДЗ г. Москвы с диагнозом угрожающего или начавшегося самопроизвольного выкидыша. В зависимости от применения гестагенных препаратов беременные были разделены на две группы. Основную группу составили 66 пациенток с прогрессирующей беременностью, принимавшие препараты синтетического или микронизированного прогестерона. Контрольную группу составили 108 беременных, у которых на момент исследования не проводилась терапия препаратами прогестерона.

У всех пациенток в исследуемых группах произведена компьютерная морфоцитометрическая диагности-

ка эндотелиальной дисфункции. Согласно методике J. Hladovec (1978) [19] произведен подсчет десквамированных эндотелиальных клеток (ДЭК) периферической крови. Принцип метода базируется на сепарации эндотелиоцитов вместе с тромбоцитами с последующим осаждением тромбоцитов при помощи АДФ. Венозная кровь в объеме 4–5 мл отбирается в пробирки, в качестве стабилизатора используется 3,8% раствор цитрата натрия из расчета 1:9. Тромбоциты отделяются путем добавления раствора АДФ (из расчета 0,4 мл раствора АДФ на 1 мл супернатата), перемешивания смеси в течение 10 мин и центрифугирования (1000 оборотов, 10–15 мин). Бестромбоцитарная плазма осторожно отделяется от осажденных тромбоцитов и повторно центрифугируется (1000 оборотов, 20 мин). Полученная надосадочная жидкость сливается, и к осадку добавляется 0,1 мл 0,9% раствора натрия хлорида. Определение количества циркулирующих ДЭК проводился при помощи фазово-контрастного микроскопа Leika DM 1000 в камере Горяева (10 мкл). У каждой пациентки подсчитано десять проб по 10 мкл плазмы (всего 100 мкл), суммированы данные о количестве ДЭК во всех десяти пробах и установлено их общее количество, которое выражается в единицах на 100 мкл плазмы.

Микроскопически эндотелиальные клетки представляют плоские структуры толщиной 1–2 мкм и диаметром 10–50 мкм и обладают выраженной морфологической неоднородностью. При десквамации эндотелиоциты фиксируются при микроскопии как в неизменном виде, так и в виде клеточных фрагментов — так называемых, апоптических телец. Доказано, что поражение эндотелиальных клеток сопряжено с апоптозом [19]. Морфологическая картина апоптоза представляется как сморщивание цитоплазмы, уменьшение объема клетки, конденсация и последующий распад ядра на части,

фрагментация клетки на мембранные везикулы с внутриклеточным содержимым — апоптозные тельца [21]. У всех беременных проводилась фотофиксация циркулирующих эндотелиоцитов и компьютерная обработка изображения. Цитологические препараты исследовали под микроскопом Leika DM 1000 с компьютерной видеопроставкой для обработки и анализа изображений Leika Application Suite LAZ EZ Version 2.1.0. (2012). У каждой пациентки в автоматическом режиме проведено исследование 100 цитообъектов ДЭК и определен средний диаметр изучаемых клеток (см. рис. 1).

У 84 беременных в исследуемых группах проведена оценка биохимического маркера эндотелиальной дисфункции высокочувствительного С-реактивного белка — проводилось количественное определение параметра методом иммуноферментного анализа.

Результаты исследования подвергались статистическому анализу. Статистическая обработка материала осуществлялась с помощью программ Excel (Microsoft Office Excel 2003) и Statistica (for Windows release 6.0 компании StatSoft.Inc., 2002). Определялись средняя арифметическая величина ( $M$ ), ошибка средней арифметической ( $m$ ), отклонение варианты ( $v$ ). Вычислялся критерий Стьюдента ( $t$ ), и определялась достоверность двух средних величин ( $p$ ). В исследовании учитывались только достоверные различия исследуемых признаков ( $p \leq 0,05$ ).

## Результаты и их обсуждение

Основную группу составили 66 пациенток, принимавшие препараты синтетического или микронизированного прогестерона во время беременности не менее 3 суток до начала исследования. Средний срок беременности в этой группе составил  $9,74 \pm 4,3$  недели. Диагноз угрожающего самопроизвольного выкидыша выявлен у 11 беременных основной группы (16,67%). Начавшийся самопроизвольный выкидыш диагностирован у 55 пациенток этой группы (83,33%). Терапия дидрогестероном проводилась у 35 беременных (53,03%). Дозировка препарата варьировала в зависимости от выставленного диагноза. При угрозе самопроизвольного выкидыша дидрогестерон принимался в дозировке 10 мг 2–3 раза в сутки. При начавшемся самопроизвольном выкидыше доза дидрогестерона составляла от 40 мг/сутки. В дальнейшем при положительном эффекте дозировка снижалась до 20 мг дидрогестерона в сутки.

Терапия микронизированным прогестероном проводилась в основной группе у 32 беременных (48,48%). При угрожающем самопроизвольном выкидыше доза препарата составляла 200–400 мг/сутки. При начавшемся самопроизвольном выкидыше терапия микронизированным прогестероном проводилась в дозе до 800 мг/сутки

в сутки с постепенным снижением дозировки до 200–400 мг/сутки. Введение препарата осуществлялось вагинальным или оральным путем.

Дополнительно всем пациенткам этой группы проводилась по показаниям гемостатическая, спазмолитическая, витаминотерапия. У 3 пациенток основной группы проводилась терапия таблетированным дексаметазоном в дозировке 0,125–0,250 мг.

Контрольную группу составили 108 беременных, страдавшие угрожающим или начавшимся самопроизвольным выкидышем, у которых на момент исследования не проводилась терапия препаратами прогестерона. Средний срок беременности в контрольной группе составил  $9,37 \pm 3,7$  недель. Диагноз угрожающего самопроизвольного выкидыша выставлен 25 беременным этой группы (23,15%). У 83 пациенток контрольной группы выставлен диагноз начавшегося самопроизвольного выкидыша (76,85%). У 32 (29,63%) беременных проводилась по показаниям спазмолитическая, гемостатическая, седативная и витаминотерапия. 1 пациентка (0,93%) принимала таблетированный дексаметазон в дозировке 0,125 мг/сутки. У 76 (70,37%) беременных контрольной группы не проводилось медикаментозное лечение на момент проведения данного исследования.

Средний возраст женщин в основной группе составил от 20 до 41 года, средний показатель  $30,5 \pm 5,7$  лет. В контрольной группе возраст беременных на момент исследования колебался от 20 до 43 лет, средний показатель возраста в контрольной группе составил  $30,02 \pm 5,5$  лет. Работало и училось в основной группе 39 человек (59,09%). Малоактивный образ жизни был у 33 пациенток (50%). В контрольной группе выявлено 58 женщин занятых на работе или учебе (53,7%), малоактивный образ жизни отмечен в этой группе у 40 человек (37,04%).

При исследовании вредных привычек следует выделить никотиновую зависимость. В контрольной группе этот показатель составил 9,26% (10 чел.). В основной же группе курили 9,09% беременных (6 чел.). Алкогольной и наркотической зависимости в исследуемых группах выявлено не было.

Индекс массы тела в основной группе составил  $23,57 \pm 4,4$  кг/м<sup>2</sup>, из них беременных с избыточной массой тела зафиксировано 27,27% (18 чел.). Избыточная масса тела (ИМТ составляет от 25 до 29,9 кг/м<sup>2</sup>) выявлена у 12 пациенток (18,2%), ожирение I степени (ИМТ составляет от 30 до 34,9 кг/м<sup>2</sup>) обнаружено у 3 пациенток (4,5%), ожирение II степени (ИМТ составляет от 35 до 39,9 кг/м<sup>2</sup>) выявлено у 3 пациенток (4,5%). Средний показатель индекса массы тела в контрольной группе составил

22,79±3,6 кг/м<sup>2</sup>. Излишняя масса тела выявлена в этой группе у 22 человек (20,37%). Предожирение выявлено у 17 беременных (15,74%), ожирение I степени у 4 человек (3,7%), ожирение II степени выявлено у 1 беременной контрольной группы (0,91%).

Заболевания желудочно-кишечного тракта в стадии компенсации встречались у 9,1% беременных основной группы (6 чел.) и у 5,6% контрольной группы (6 чел.). Заболевания мочевыделительной системы — у 4 человек основной группы (6,1%), и у 12 человек контрольной группы (11,1%). Заболевания щитовидной железы выявлены у 6,1% женщин основной группы (4 чел.), и у 5,6% (6 чел.) контрольной группы. Хронические заболевания сердечно-сосудистой системы в стадии компенсации: 2 человека (1,9%) в контрольной группе и 1 человек (1,5%) — в основной группе. Сахарный диабет и гипертоническая болезнь не выявлены ни у одной пациентки в группах, так как эти заболевания являлись критериями исключения в дизайне исследования. При заболеваниях, сопряженных с атеросклеротическим поражением сосудов, эндотелий представляет орган-мишень, поскольку эндотелиальная выстилка сосудов участвует в регуляции сосудистого тонуса и гемостаза. Увеличение вазоконстрикции, снижение эластичности сосудистой стенки, прогрессирование атеротромбоза формируют хроническую ишемию органов и тканей, которая является индуктором апоптоза клеток не только органов и тканей, в которых создаются условия для образования дисбаланса между потребностью в кислороде и его доставкой, но и самих эндотелиоцитов, инициируя их деструкцию [22–24]. По основным факторам риска эндотелиальной дисфункции — ожирению, гиподинамии, курению — исследуемые группы пациенток были сопоставимы.

При изучении акушерско-гинекологического анамнеза получены следующие результаты. У 26 человек основной группы (39,4%) данная беременность была первой. В контрольной группе этот показатель составил 44,4% (48 чел.). Невынашивание в анамнезе встречалось у 23 женщин (34,8%) в основной группе. При этом у 15 (22,7%) пациенток прерывание беременности произошло до 8 недель беременности, у 6 женщин (9,1%) на сроке 8–12 недель. А у 2 пациенток (3%) в анамнезе выявлено самопроизвольное прерывание беременности на сроке более 12 недель. У 3 беременных основной группы (4,5%) диагностировано привычное невынашивание.

В контрольной группе самопроизвольное прерывание беременности в анамнезе выявлено у 23 беременных (21,3%): у 11 человек на сроке до 8 недель беременности (10,2%), у 10 пациенток — на сроке 8–12 недель (9,3%), и у 2 человек — самопроизвольный выкидыш в анамнезе произошел на сроке более 12 недель бере-

менности (1,9%). Привычное невынашивание диагностировано в этой группе у 5 пациенток (4,6%). Количество женщин, у которых в анамнезе был искусственный аборт до 12 недель, составило в основной группе 7,6% (5 чел.) и 23,1% — в контрольной группе (25 чел.). Бесплодие в анамнезе диагностировалось в основной группе у 3 пациенток (4,5%), в контрольной группе — у 4 пациенток (3,7%). Таким образом, при исследовании акушерского анамнеза, в первую очередь наличия спорадического и привычного невынашивания — исследуемые группы не имели достоверных отличий. В литературе описывается отрицательное влияние эндотелиальной дисфункции на невынашивание беременности. Исследование функции эндотелия спиральных артерий показало, что у большинства женщин с ранними репродуктивными потерями на момент обследования обнаруживается снижение производных оксида азота в сыворотке крови [25].

При исследовании гинекологической патологии получены следующие результаты. Гиперпластические процессы эндометрия диагностированы до настоящей беременности у 4 женщины в основной группе (6,1%) и у 2 — в контрольной (1,9%). Миома матки выявлена у 6,1% пациенток основной группы (4 чел.) и у 7 человек контрольной группы (6,5%). Эндометриоз в анамнезе выявлен у 6,1% женщин основной группы (4 чел.), и у 4 женщин контрольной группы (3,7%). Диагноз хронического эндометрита фиксировался только при наличии гистологического подтверждения данной патологии и выявлялся у 5 пациенток основной группы (7,6%), и у 5 женщин контрольной группы (4,6%). Дисфункциональные кровотечения ювенильного или репродуктивного периода диагностировались до настоящей беременности у 4 женщин основной группы (6,1%), и у 6 женщины контрольной группы (5,6%). Перенесенный острый сальпингоофорит или хронический сальпингоофорит в стадии ремиссии выявлялся у 2 человек основной группы (3%) и у 8 человек контрольной группы (7,4%). Выявление ИППП до настоящей беременности выявлено у 22,7% женщин основной группы (15 чел.), и у 24,1% — в контрольной группе (26 человек). Эктопия шейки матки выявлялась у 19 человек основной группы (28,8%), и у 23 человек контрольной группы (21,3%). Воспаление является основным звеном патогенеза эндотелиальной дисфункции. Провоспалительные медиаторы повышают проницаемость стенки сосудов микроциркуляторного русла и увеличивают экспрессию молекул адгезии, потенцируя прогрессирование деструкции эндотелиоцитов [13, 23, 26]. В нашем исследовании сравниваемые группы были сопоставимы по данному признаку. Таким образом, при изучении анамнеза пациентов с учетом факторов риска развития эндотелиальной дисфункции, сравниваемые группы были статистически сопоставимы.



Рис 2. Диаграмма среднего количества ДЭК в исследуемых группах.



Рис. 3. Диаграмма среднего диаметра десквамированных эндотелиоцитов в исследуемых группах.

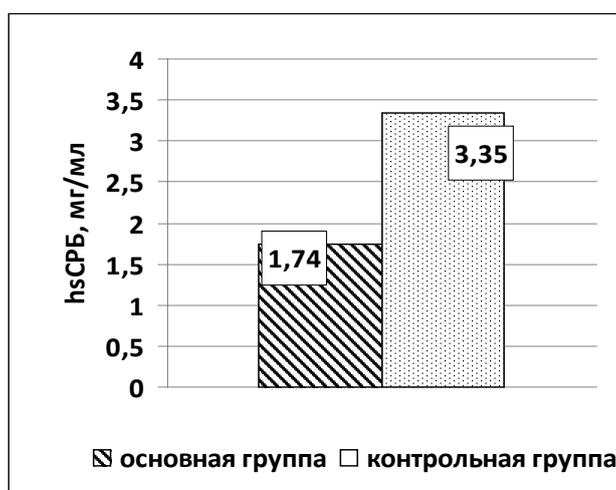


Рис. 4. Диаграмма концентрации высокочувствительного С-реактивного белка в исследуемых группах.

При подсчете количества ДЭК периферической крови по методике J. Hladovec (1978) получены следующие результаты. Среднее количество десквамированных эндотелиоцитов в основной группе составило  $9,92 \times 10^4$  клеток/100мл. Диапазон колебаний среднего количества клеток составил от 5 до  $27 \times 10^4$  клеток/100 мл. Стандартное отклонение данного показателя составило 5,05 клеток/100мл. В контрольной группе показатель количества ДЭК был выше и составил  $11,79 \times 10^4$  клеток/100 мл ( $p < 0,001$ ;  $t = 4,16$ ). Диапазон колебаний среднего количества десквамированных эндотелиоцитов в 100 мл периферической крови составил от 3 до  $29 \times 10^4$  клеток/100 мл. Стандартное отклонение этого параметра от среднего значения составило 5,7 клеток/100 мл (см. рис. 2).

При компьютерном морфоцитометрическом исследовании средний диаметр ДЭК в основной группе составил 32,70 мкм. Диапазон колебаний данного значения составил от 17,5 до 49 мкм. Стандартное отклонение среднего диаметра циркулирующих эндотелиоцитов основной группы составило 7,6 мкм. В контрольной группе средний диаметр ДЭК был меньше и составил 29,03 мкм ( $p < 0,001$ ;  $t = 5,11$ ). Колебание данного показателя составило от 11 до 49 мкм. Стандартное отклонение данного показателя в контрольной группе составило 8,1 мкм (см. рис. 3).

С целью подтверждения результатов морфоцитометрической диагностики эндотелиальной дисфункции произведено определение в исследуемых группах высокочувствительного С-реактивного белка. В клинической практике определению этого маркера отводят важное место наряду с интерлейкином-6 и фактором некроза опухолей. [27]. Во многих клинических ситуациях определение уровней hsCRP дополняет прогностическую ценность факторов-триггеров сосудистых нарушений. С-реактивный белок может служить индикатором эндотелиальной дисфункции. В настоящее время накоплено достаточно сведений о взаимосвязи высокочувствительного СРБ с поражением сосудистой стенки и его непосредственном участии в этом процессе [28].

Определение концентрации высокочувствительного С-реактивного белка также показало достоверное отличие в исследуемых группах:  $3,35 \pm 2,5$  мг/мл в контрольной группе и  $1,74 \pm 1,5$  мг/мл в основной группе ( $p < 0,001$ ;  $t = 4,49$ ) (см. рис. 4).

Таким образом, прием препаратов прогестерона во время беременности улучшал состояние эндотелиальной системы, о чем свидетельствуют достоверные отличия исследованных маркеров дисфункции эндотелия. Прогестерон, обладая противовоспалительным эффектом, а также корректируя систему гемостаза, профилактировал развитие эндотелиальной дисфункции и улучшал показатели поражения эндотелиоцитов во время беременности

### Заключение

В исследовании группы пациентов были статистически сопоставимы по возрасту, вредным привычкам, антропометрическим параметрам, общему и акушерско-гинекологическому анамнезу, соматической патологии, то есть в исследовании не выявлено дополнительных факторов риска развития эндотелиальной дисфункции до настоящей беременности. Количество циркулирующих десквамированных эндотелиоцитов и концентрация высокочувствительного С-реактивного белка — как традиционные маркеры эндотелиальной дисфункции — были достоверно выше в контрольной группе. Разработанный нами метод диагностики эндотелиальной дисфункции с помощью определения среднего диаметра десквамированных эндотелиоцитов также показал информативное отличие в группах исследования. Прием препаратов прогестерона во время беременности благоприятно влияет на состояние эндотелиальной системы и снижает частоту развития дисфункции эндотелия у беременных. Полученные данные открывают новые возможности коррекции эндотелиальной дисфункции во время беременности, а также дают новый вектор поиска путей профилактики акушерской и перинатальной патологии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко А.Е., Калинина Н.И., Алексеенкова М.В., Панина О.Б., Савельева Г.М. Биохимические маркеры угрожающих преждевременных родов. // Акуш. и гинекол. — 2013. — № 3. — С. 43–47.
2. Кошухов Р.Х., Волкова Е.В., Макаров О.В., Кожаткина М.А. Диагностическое и прогностическое значение микроальбуминурии у беременных группы риска по преэклампсии. // Вестник РГМУ. — 2009. — С. 51–56.
3. Бицадзе В.О., Макацария А.Д., Хизроева Х.Д., Яшенина Е.В. Тромбофилия как важнейшее звено патогенеза осложнений беременности. // Практическая медицина. — 2012. — 60(5). — С. 22–29.
4. Wang A. Preeclampsia: role of angiogenic factors in its pathogenesis. // Physiology (Bethesda). — 2009. -№ 24. P. 147–158.
5. Медведев Б.И., Сюндюкова Е.Г., Сашенков С.Л. Клинико-биохимические предикторы развития преэклампсии. // Акуш и гинекол. — 2013. — № 5. С. 30–35.
6. Сидорова И.С., Кирыщенко А.П., Вартанова А.О. Иммуногено-нетические методы как критерии прогнозирования исходов беременности и родов у пациенток с острым гестационным пиелонефритом. // Акушерство и гинекология. — 2010 -№ 4- С. 23–27.

7. Saleem Alkasiy K., Al-Habib M. F., Abdulshaheed N. A. Electron microscopic study of the effect of preeclampsia on the placental endothelial cells ultra structures during pregnancy. // *Al-Kindy Col Med J.* — 2010. — № 6 (1). P. 39–44.
8. Banek C.T., Bauer A. J., Gingery A., Gilbert J. S. // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* — 2012. — Vol. 303, N6. — P. 658–664.
9. Soto E., Romero R., Kusanovic J. P. et al. // *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* — 2012. — Vol. 25, N5. — P. 498–507.
10. Straughen J.K., Kumar P., Misra V. K. // *J. Matern. Fetal Neonatal Med.* — 2012. — Vol. 25, N10. — P. 1879–1883
11. Дивакова Т.С., Фомина М. П. Особенности влияния дидрогестерона и ацетилсалициловой кислоты на плацентарный ангиогенез при осложненной беременности. // *Медицинские новости.* — № 2. — 2014. С. 67–72.
12. Yamada T., Atsuki A., Wakasaya M. et al. // *J. Obstet. Gynaecol. Res.* — 2012. — Vol. 38, N1. — P. 180–184.
13. Рудимов Е. Г. Гравичувствительность эндотелия: роль цитоскелета и молекул адгезии / Е. Г. Рудимов, Л. Б. Буравкова // *Физиология человека*, 2016. Т. 42, N № 6. — С. 116–123.
14. Зиганшина М.М., Шилова Н. В., Хасбиуллина Н. Р., Новаковский М. Е. и др. Аутоантитела к антигенам эндотелия при преэклампсии // *Акушерство и гинекология*, — 2016.-№ 3. — С. 24–31.
15. Петрищев Н.Н., Васина Л. В., Луговая А. В. Содержание растворимых маркеров апоптоза и циркулирующих аннексин V-связанных апоптотических клеток крови больных острым коронарным синдромом. // *Вестник Санкт-Петербургского университета.* — 2008, — Вып. 1. — С. 14–23.
16. Kalinka J., Radwan M. The impact of dydrogesterone supplementation on serum cytokine profile in women with threatened abortion // *Am. J. Reprod. Immunol.* — 2006. — Vol. 55. — P. 115–121.
17. Радзинский В.Е., Миронов А. В., Запертова Е. Ю. Прогнозы лечения невынашивания в I триместре беременности прогестагенами // *Гинекология.* — 2006. — № 4. — Т. 8. — С. 15–19.
18. Шаховская Е. Натуральный прогестерон в акушерской практике. *Врач: Научно-практический и публицистический журнал / М-во здравоохранения Рос. Федерации, Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, Издательский дом «Русский врач».* — 2011. — № 7, июль. — С. 49–52.
19. Hladovec J. Circulating endothelial cells in acute myocardial infarction and angina pectoris. // *Klin. Wochenschr.* — 1978. -Vol.56, 20. — P. 1033–36.
20. Феоктистова В. С. Новый подход к оценке дисфункции эндотелия: определение количества циркулирующих эндотелиальных клеток методом проточной цитометрии / Феоктистова В. С., Т. В. Вавилова, О. В. Сироткина, С [и др] // *Клиническая лабораторная диагностика.* — 2015 — Т. 60, № 4. — С. 23–27.
21. Мнихович М. В. Оценка апоптоза при раке молочной железы по данным изучения полутонких срезов и электронной микроскопии // *Морфология.* — 2011. — Т. V, № 2. — С. 45–48.
22. Барсук А. Л. Регуляторная роль эндотелия и некоторые аспекты влияния фармакотерапии на его функцию. / Барсук А. Л., Обухов Л. Р., Малинок Е. В. [и др.] // *Современные технологии в медицине.* — 2011. — № 3. — С. 142–146.
23. Дегтярь Н.И., Герасименко Н. Д., Расин М. С. Эндотелий и системное воспаление: роль ядерных транскрипционных факторов и терапевтические возможности (обзор литературы). // *Артериальная гипертензия 2016*, — № 4 (48). — С. 21–25.
24. Huang N. L. Metformin inhibits TNF-alpha-induced IκappaB kinase phosphorylation, IκappaB-alpha degradation and IL-6 production in endothelial cells through PI3K-dependent AMPK phosphorylation/ Huang N. L., Chiang S. H., Hsueh C.H and al. // *Int. J. Cardiol.* — 2009, May 15. — 134(2). — P. 169–75.
25. Айени Даниель Олусола., Туре Пенго Эльвира Д. Ф. Особенность эндотелиальной функции сосудов матки у женщин с ранними репродуктивными потерями. // *Сборник IV международной научной конференции «science 4 health» РУДН.-Москва* — 2012., — С. 20
26. Punder K., Pruijboom L. Stress Induces Endotoxemia and Low-Grade Inflammation by Increasing Barrier Permeability // *Front. Immunol.* — 2015. — 6. — P. 223.
27. Bell DM. Markers for progression of coronary disease. // *Pharmacotherapy.* — 2001. — 21(9). — P. 190–194
28. Willcox B.J. // *Cardiovasc Rev. Rep.* — 2007. — Vol. 25. № 6. — P. 66–69.

© Миронов Алексей Валентинович ( Mironov75av@gmail.com ),

Умаханова Мадина Мусаевна, Богачева Наталья Сергеевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# МОРФОЦИТОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПАТОЛОГИИ ФЕТОПЛАЦЕНТАРНОГО КОМПЛЕКСА

## MORFOCITOMETRIC DIAGNOSIS OF PATHOLOGY OF A FETOPLACENTAL COMPLEX

A. Mironov

*Summary.* Purpose: determination of diagnostic value of a morphometry of the circulating endotheliocytes in prediction of the complicated course of pregnancy.

*Research techniques.* At 163 pregnant women selected by a kogortny method in the I trimester the computer morphometry of circulating endotheliocytes of peripheral blood is carried out. Depending on effective diameter of the circulating endotheliocytes 3 groups of patients are created. The research of a course of pregnancy and a perinatal outcome taking into account results of morfocitometric diagnosis of endothelial dysfunction is conducted.

*Results.* On somatic pathology the studied groups were comparable. The menacing spontaneous abortion is diagnosed with a frequency of 24,3% in the I group, 44,4% — in the II group, and 90,9% — in the III group. ( $p < 0,001$ ;  $t = 10,2$ ). Frequency of a fetoplacental failure was 10,8% in the I group, 31,1% — in the II group ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,6$ ) and 70,5% — in the III group ( $p < 0,001$ ;  $t = 7,7$ ). A preeclampsia developed at 10,8% of women of the I group, 15,6% — the II group, and 61,4% — the III group ( $p < 0,001$ ;  $t = 6,2$ ). Assessment on a scale Apgar in the fifth minute less than 8 points at newborns: 2,7% in the I group, 26,7% — in the II group ( $p < 0,001$ ;  $t = 3,5$ ) and 13,6% — in the III group ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,1$ ).

*Conclusions.* The computer morphometry of the circulating endotheliocytes can be a recent trend of early diagnostics of violation of a fetoplacental complex.

*Keywords:* pregnancy, endothelium, morphometry.

**Миронов Алексей Валентинович**

К.м.н., ассистент, ГБОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова; ГБУЗ Городская клиническая больница № 13 ДЗМ, г. Москва  
Mironov75av@gmail.com

*Аннотация.* Цель: определение диагностической ценности морфометрии десквамированных эндотелиоцитов в прогнозировании осложненного течения беременности.

*Методы исследования.* У 163 беременных, отобранных когортным методом, в I триместре проведена компьютерная морфометрия десквамированных эндотелиоцитов периферической крови. В зависимости от среднего диаметра циркулирующих эндотелиоцитов сформировано 3 группы пациенток. Проведено проспективное исследование течения беременности и перинатального исхода с учетом результатов морфоцитометрической диагностики эндотелиальной дисфункции.

*Результаты.* По соматической патологии исследуемые группы были статистически сопоставимы. Угрожающий самопроизвольный выкидыш диагностирован с частотой 24,3% в I группе, 44,4% — во II группе, и 90,9% — в III группе. ( $p < 0,001$ ;  $t = 10,2$ ). Угроза преждевременных родов диагностировалась в I группе с частотой 23%, во II группе — 27,3%, в III группе — 56,8% ( $p < 0,001$ ;  $t = 3,8$ ). Частота фетоплацентарной недостаточности составила 10,8% в I группе, 31,1% — во II группе ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,6$ ) и 70,5% — в III группе ( $p < 0,001$ ;  $t = 7,7$ ). Преэклампсия развивалась у 10,8% женщин I группы, 15,6% — II группы, и 61,4% — III группы ( $p < 0,001$ ;  $t = 6,2$ ). Оценка по шкале Апгар на пятой минуте менее 8 баллов у новорожденных: 2,7% в I группе, 26,7% — во II группе ( $p < 0,001$ ;  $t = 3,5$ ) и 13,6% — в III группе ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,1$ ).

*Выводы.* Компьютерная морфометрия десквамированных эндотелиоцитов может являться новым направлением ранней диагностики нарушения фетоплацентарного комплекса.

*Ключевые слова:* беременность, эндотелий, морфометрия.

## Введение

Успешная гестация во многом зависит от адекватной имплантации и трансформации спиральных артерий с установлением полноценного кровотока в системе мать-плацента-плод [1, 2, 3]. Нарушения процессов инвазии трофобласта в I триместре беременности ведут к реализации поздних гестационных осложнений: задержке внутриутробного развития плода, преэклампсии, преждевременным родам, отслойке плаценты, что повышает перинатальную заболеваемость. В исследованиях последних лет все большее значение

отводится эндотелию сосудов, как фактору, способному объединить основные механизмы, обеспечивающие гомеостаз на уровне микроциркуляции в фетоплацентарном комплексе [1, 4, 5, 6].

Одним из методов диагностики эндотелиальной дисфункции является изучение циркулирующих десквамированных эндотелиальных клеток (ДЭК) в периферической крови с помощью микроскопии. Циркулирующие десквамированные эндотелиоциты — это клетки, которые отделяются от стенки кровеносного сосуда в процессе его повреждения [7] и являются прямым клеточным

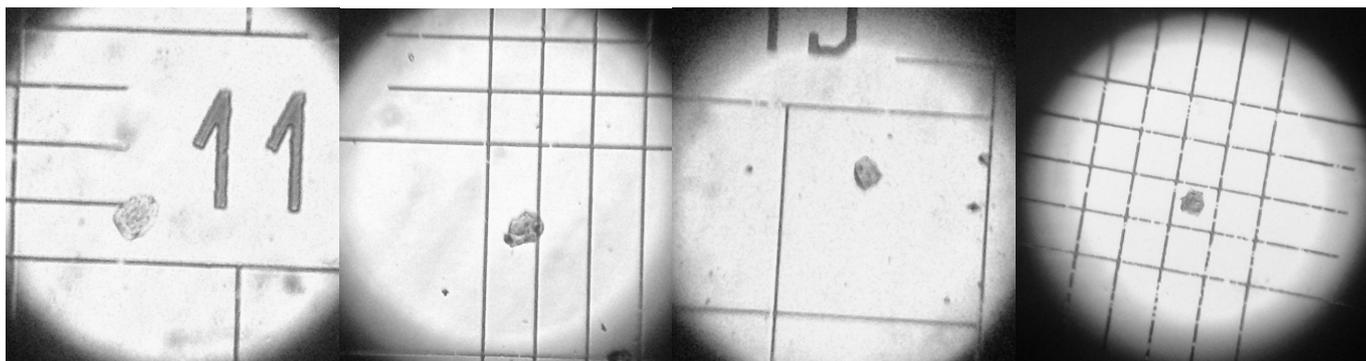


Рис. 1. Десквамированные эндотелиоциты в камере Горяева. Окраска метиленовой синий. Увеличение СМ х600.

маркером дисфункции эндотелия [8]. Результаты большого количества исследований показали, что уровень циркулирующих десквамированных эндотелиоцитов в периферической крови повышается при заболеваниях, связанных с поражением сосудов [9]. Эндотелиоциты — это клетки толщиной 1–2 мкм и диаметром 10–50 мкм, имеющие плоскую форму, вытянутое, расположенное в центре ядро, и характеризующиеся выраженной морфологической неоднородностью. Эндотелиальные клетки могут отсоединяться от стенки сосуда как в неизменной форме, так и в виде клеточных фрагментов. Апоптоз является основным механизмом повреждения клеток при эндотелиальной дисфункции [8, 10, 11, 12]. Морфологическая картина апоптоза проявляется в уменьшении объема клетки, сморщивании цитоплазматической мембраны и фрагментации клетки на мембранные везикулы [13]. При выраженной степени эндотелиальной дисфункции большая часть десквамированных эндотелиоцитов фиксируется при морфометрии в стадии блеббинга и апоптотных телец, что отражается на геометрии пораженных клеток. В нашем исследовании разработан новый подход в цитодиагностике эндотелиальной дисфункции у беременной, основанный на анализе морфологии десквамированного эндотелиоцита с помощью метода компьютерной цитометрии.

Цель: определение диагностической ценности морфометрии десквамированных эндотелиоцитов в прогнозировании осложненного течения беременности.

#### Материалы и методы исследования

В исследование включено 163 пациентки с одноплодной беременностью, отобранных когортным методом. В I триместре у всех беременных была проведена оценка состояния эндотелиальной системы на основе морфометрического исследования циркулирующих эндотелиоцитов периферической крови. Проводилось выделение ДЭК из периферической крови по методи-

ке, предложенной в 1978 г. J. Hladovec [14]. Принцип метода основан на сепарации центрифугированием эндотелиоцитов вместе с тромбоцитами с последующим осаждением тромбоцитов при помощи АДФ. Венозная кровь в объеме 4–5 мл отбирается в пробирки, в качестве стабилизатора используется 3,8% раствор цитрата натрия из расчета 1:9. Тромбоциты отделяются путем добавления раствора АДФ (из расчета 0,4 мл раствора АДФ на 1 мл супернатата), перемешивания смеси в течение 10 мин и центрифугирования (1000 оборотов, 10–15 мин). Бестромбоцитарная плазма осторожно отделяется от осажденных тромбоцитов и повторно центрифугируется (1000 оборотов, 20 мин). Полученная надосадочная жидкость сливается, и к осадку добавляется 0,1 мл 0,9% раствора натрия хлорида. У всех беременных проводилась фотофиксация циркулирующих эндотелиоцитов и компьютерная обработка изображения: в автоматическом режиме у каждой пациентки проведено исследование 100 цитообъектов ДЭК и определен средний диаметр изучаемых клеток. Цитологические препараты исследовали под микроскопом Leika DM 1000 с компьютерной видеоприставкой для обработки и анализа изображений Leika Application Suite LAZ EZ Version 2.1.0. (2012).

Согласно полученным данным исследуемый контингент был разделен на 3 группы. I группу составили 74 женщины, у которых в первом триместре беременности средний диаметр ДЭК периферической крови составил более 40 мкм (рис. 1).

Во II группу вошли 45 женщин, у которых средний диаметр ДЭК составил 30–40 мкм. III группу составили 44 женщины, у которых средний диаметр ДЭК был менее 30 мкм. Анализу подвергнуты следующие показатели: возраст, профессиональные вредности и вредные привычки, соматическое здоровье пациенток. Проведено проспективное исследование течения беременности и своевременных родов в исследуемых группах, а также проанализировано состояние их 163 новорожденных детей.

Таблица 1. Структура экстрагенитальной заболеваемости в исследуемых группах

Показатель		Заболевание мочевыделительной системы	Болезни сердечно-сосудистой системы	Болезни желудочно-кишечного тракта	Ожирение	Заболевания щитовидной железы
		1 группа, n=74	абс.	11	21	4
	%	14,9	28,4	5,4	13,5	6,7
2 группа, n=45	абс.	8	17	5	12	8
	%	17,8	37,8	11,1	26,7	16
3 группа, n=44	абс.	11	13	1	6	4
	%	25	29,5	2,3	13,6	8

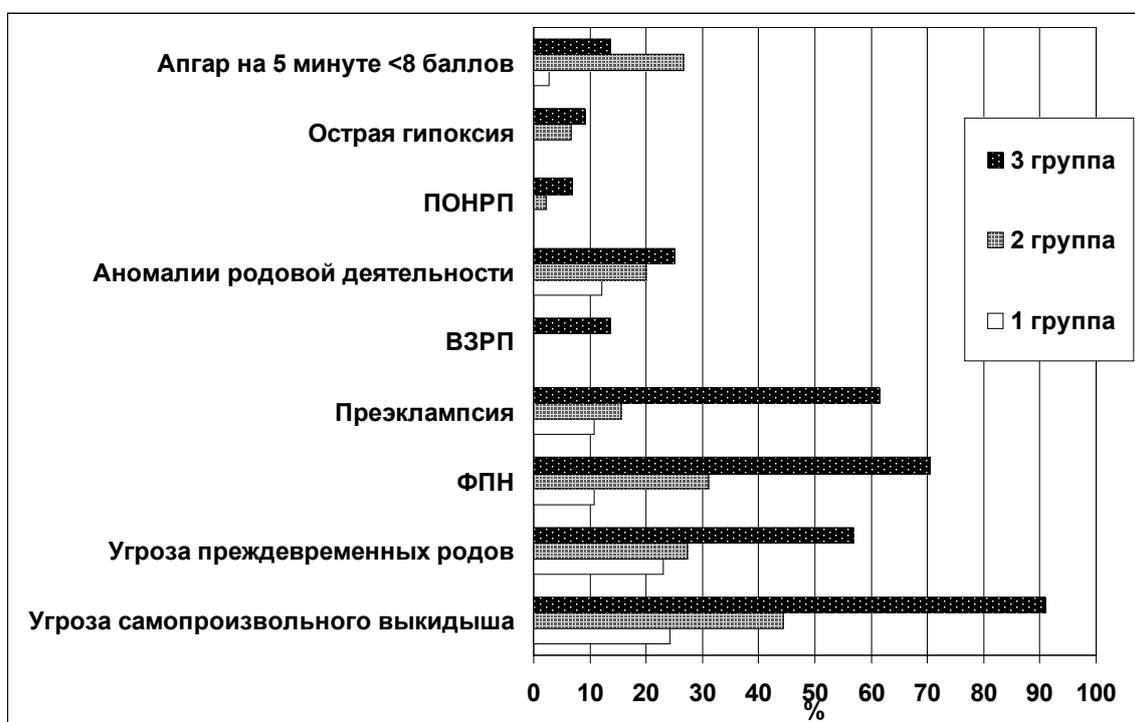


Рис. 2. Диаграмма показателей акушерской и перинатальной патологии в исследуемых группах

Статистический анализ материала осуществлялся с помощью программ Excel (Microsoft Office Excel 2003) и Statistica (for Windows release 6.0 компании StatSoft.Inc., 2002). Определялись средняя арифметическая величина (M), ошибка средней арифметической (m), отклонение варианты (v). Вычислялся критерий Стьюдента (t), и определялась достоверность двух средних величин (p). В исследовании учитывались только достоверные корреляционные связи (p<0,05).

### Результаты и их обсуждение

Средний возраст женщин I группы составил 26,02±5,2 лет, во II группе — 28,24±5,3 лет, в III группе —

26,3±4,6 лет. Вредные привычки и производственные вредности не имели достоверных отличий в исследуемых группах. Табакокурение зафиксировано в I группе у 9,5% пациенток (7 чел.) и 15,6% женщин II группы (7 чел.) и у 6,8% беременных III группы (3 чел.). По соматической патологии исследуемые группы также были статистически сопоставимы (табл. 1)

Все соматические заболевания, выявленные у беременных в исследуемых группах, были в состоянии компенсации. Гипертоническая болезнь и сахарный диабет были критериями исключения в исследовании, так как являются самостоятельными предикторами развития эндотелиальной дисфункции.

Перспективное исследование течения беременности показало следующие результаты (рис. 2). Частота угрожающего самопроизвольного выкидыша во II и III группах превысила показатель I группы в 1,5 и 3 раза. Угрожающий самопроизвольный выкидыш диагностирован с частотой 24,3% в I группе (18 чел.), 44,4% — во II группе (20 чел.), и 90,9% — в III группе (40 чел.) ( $p < 0,001$ ;  $t = 10,2$ ). Угроза преждевременных родов диагностировалась в III группе в 1,5 раза чаще, чем в первой. Угроза преждевременных родов встречалась в I группе с частотой 23% (17 чел.), во II группе — 27,3% (12 чел.), в III группе — 56,8% (25 чел.) ( $p < 0,001$ ;  $t = 3,8$ ). В литературе описывается отрицательное влияние эндотелиальной дисфункции на невынашивание беременности. Исследование функции эндотелия спиральных артерий показало, что у большинства женщин с ранними репродуктивными потерями на момент обследования обнаруживается снижение производных оксида азота и других маркеров эндотелиальной дисфункции [15]. Многоводие диагностировано в нашем исследовании у 5,4% беременных I группы (4 чел.), 6,7% — (3 чел.) II группы, и 4,5% — III исследуемой группы (2 чел.). Крупный плод: 17,6% в I группе (13 чел.), 4,4% — во II группе (2 чел.), 18,2% — в III исследуемой группе (8 чел.). Гипохромная анемия диагностировалась с частотой 27% в I группе пациенток (20 чел.), 42,2% — во II группе (19 чел.) и 43,2% — в III группе исследования (19 чел.). Диагноз фетоплацентарной недостаточности (ФПН) устанавливался по данным ультразвуковой фето- и плацентометрии, а также ретроспективно по результатам гистологического исследования последа. Частота ФПН во II и III группах превысила аналогичный показатель I группы в 3–6 раз: частота ФПН составила 10,8% в I группе (8 чел.), 31,1% — во II группе (14 чел.) ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,6$ ) и 70,5% — в III группе (31 чел.) ( $p < 0,001$ ;  $t = 7,7$ ). Эндотелиальная дисфункция лежит в основе патологии фетоплацентарного комплекса. Нарушение целостности эндотелия при его поражении, появление в интиме участков дезэндотелизации приводит к тому, что нейrogормоны непосредственно взаимодействуют с гладкомышечными клетками [16, 17, 18]. Преэклампсия в нашем исследовании развивалась в III группе в 5 раз чаще, чем в I группе пациенток: у 10,8% женщин I группы (8 чел.), 15,6% — II группы (7 чел.), и 61,4% — III группы (27 чел.) ( $p < 0,001$ ;  $t = 6,2$ ). Эндотелиальную дисфункцию рассматривают как предиктор развития преэклампсии [19]. На ультраструктурном уровне морфологические изменения в сосудах плаценты при эклампсии сопровождаются истончением базальной мембраны эндотелия и повреждением интимы сосудов, отложением фибрина и коллагена в стенке сосудов, внутрисосудистой агрегацией тромбоцитов, гиалинизацией и апоптозом клеток трофобласта, что приводит к нарушению проницаемости сосудистой стенки, развитию гипоксии и ишемии ткани плаценты [20]. По некоторым данным, признаки эндотелиальной дисфункции выявляются у всех беременных с преэклампсией [21]. Синдром задержки внутриу-

тробного роста плода диагностирован только в третьей группе с частотой 13,6% (6 чел.) ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,6$ ).

По течению своевременных родов получены следующие результаты. Аномалии родовой деятельности встречались во II и III группах в 1,5–2 раза чаще, чем в I группе: 12,2% (9 чел.), 20% (9 чел.) и 25% (11 чел.) — соответственно. Преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты (ПОНРП) встречалась только во II и III группах: 2,2% — во II группе (1 чел.), и 6,8% пациенток — в III группе (3 чел.). Острая гипоксия плода в родах выявлялась во II группе с частотой 6,7% (3 чел.), 9,1% — в III группе (4 чел.) ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,1$ ).

При изучении состояния доношенных новорожденных были получены следующие результаты. Вес и рост детей практически не различался в исследуемых группах. Средний вес детей составил  $3662 \pm 443$  г. в I группе,  $3469 \pm 354$  г. во II группе и  $3393 \pm 692$  г. в III группе. Средний рост новорожденных в исследуемых группах, соответственно:  $52,3 \pm 2,08$  см.,  $50,8 \pm 2,16$  см. и  $51 \pm 3,7$  см. При исследовании оценки по шкале Апгар выявлены более низкие результаты в III исследуемой группе. Средняя оценка по шкале Апгар у доношенных новорожденных в I группе составила на первой минуте  $7,76 \pm 0,71$  балла, на пятой минуте  $8,41 \pm 0,55$  балла. Во II группе этот показатель составил  $7,2 \pm 0,66$  и  $7,89 \pm 0,65$  баллов, в III группе  $7,3 \pm 0,63$  и  $8,11 \pm 0,63$  баллов. При учете тех случаев, когда на пятой минуте оценка по Апгар была меньше 8 баллов, получены следующие результаты: 2,7% в I группе (2 чел.), 26,7% — во II группе (12 чел.) ( $p < 0,001$ ;  $t = 3,5$ ) и 13,6% (6 чел.) — в III группе ( $p < 0,05$ ;  $t = 2,1$ ). В литературе описывается влияние эндотелиальной дисфункции у матери на состояние новорожденных. Выявление маркеров эндотелиальной дисфункции у беременной коррелирует с хронической гипоксией плода и развитием синдрома задержки развития плода [22, 23]. Поражение эндотелия ассоциируется с развитием церебральной ишемии у новорожденных, нарушениями сердечно-сосудистой системы [24]. Таким образом, поражение эндотелиальной системы, диагностированное в I триместре, явилось маркером нарушений развития фетоплацентарного комплекса, повлиявших на дальнейшее течение беременности, роды, а также состояние новорожденных.

## Выводы

Морфометрия циркулирующих эндотелиоцитов может являться перспективным направлением ранней диагностики нарушения эндотелиальной системы у человека. Введенный метод компьютерной морфоцитометрии повышает информативность оценки нарушений эндотелиальной системы, позволяет оптимизировать раннюю диагностику сосудистых нарушений, профилактировать развитие акушерских и перинатальных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бицадзе В.О., Макацария А. Д., Хизроева Х. Д., Яшенина Е. В. Тромбофилия как важнейшее звено патогенеза осложнений беременности//Практическая медицина. — 2012. — 60(5). — С. 22–29.
2. Руководство по амбулаторно-поликлинической помощи в акушерстве и гинекологии / под ред. В. Н. Серова, Г. Т. Сухих, В. Н. Прилепской, В. Е. Радзинского [и др.] — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 1136 с.
3. Сидорова И.С., Кирющенко А. П., Вартанова А. О. Прогнозирование и исходы беременности и родов у пациенток с острым гестационным пиелонефритом//Акушерство и гинекология. — 2010. — № 4. — С. 37–40.
4. Тирская Ю.И., Рудакова Е. Б., Новиков, А. И. Семенкин А. А. Результаты оценки функционального состояния эндотелия и иммунологического статуса у женщин с синдромом привычной потери плода вирусной этиологии//Материалы международной научно-практической конференции «Иммунологические аспекты репродукции человека». — Новосибирск, 2008 — С. 15–16.
5. Макаров О.В., Волкова Е. В., Кушхов Р.Х. Микроальбуминурия у беременных высокого риска по развитию гестоза//Перспектива –2011: материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — Нальчик, Кабардино-Балкарский государственный университет. — 2011. — Том II. — С. 291–295.
6. Патент «Способ раннего прогнозирования плацентарной недостаточности»/Макаров О.В., Волкова Е. В., Кушхов Р.Х. Регистрационный номер 2009126253/14(036524) от 07.06.2010 г.
7. Chao Li, Yue-Min Xu, Rong Chen, Chen-Liang Deng. An effective treatment for penile strangulation//Molecular Medicine Reports. — 2013, Vol. 8 (1). — P. 201–204.
8. Новый подход к оценке дисфункции эндотелия: определение количества циркулирующих эндотелиальных клеток методом проточной цитометрии/Феоктистова В.С., Вавилова Т. В., Сироткина О. В. [и др.]//Клиническая лабораторная диагностика. — 2015 — Т. 60, № 4. — С. 23–27.
9. Fadini G. P., Avogaro A. Cell-based methods for ex vivo evaluation of human endothelial biology//Cardiovascular research. — 2010. — 87(1). — P. 12–21.
10. Попова А.А., Березикова Е. Н., Маянская С. Д., Яковлева Н. Ф. Эндотелиальная дисфункция и механизмы ее формирования// Сибирское медицинское образование. — 2010. — Том 4, № 64. — С. 18–22.
11. Неразвивающаяся беременность: тромбофилические и клинико-иммунологические факторы [руководство] / Доброхотова Ю. Э., Джобова Э. М., Озерова Р.И. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 133 с.
12. Герилович Л.А., Бази́на М. И., Егорова А. Т., Моргу́н А. В., Салмина А. Б. Эндотелин-1 у пациенток с различными формами бесплодия в программах вспомогательных репродуктивных технологий. Медицина и образование в Сибири. — 2013. — № 6.
13. Мнихович М. В. Оценка апоптоза при раке молочной железы по данным изучения полутонких срезов и электронной микроскопии// Морфология. — 2011. — Т. V, № 2. — С. 45–48.
14. Hladovec J. Circulating endothelial cells in acute myocardial infarction and angina pectoris//Klin. Wochenschr. — 1978. — Vol. 56 (20). — P. 1033–1036.
15. Айени Даниель Олуосола., Туре Пенго Эльвира Д. Ф. Особенность эндотелиальной функции сосудов матки у женщин с ранними репродуктивными потерями. // Тезисы IV международной научной конференции «Science 4 health» РУДН.-Москва. — 2012. — С. 20
16. Моисеева, И.В., Мансур-Хассан С. Х. Функциональные показатели эндотелия в динамике физиологической беременности у женщин (по данным реактивной пробы плечевой артерии)//Аспирантский вестник Поволжья.-2015. — № 3–4. — С. 78–82.
17. Газиева И.А., Г. Н. Чистякова Современный взгляд на проблему нарушения иммунологической регуляции плодово-материнских взаимодействий с ранних сроков беременности//Уральский мед. журнал — 2010. — № 3 (68). — С. 5–15.
18. Karthikeyan, V.J., Lip G. Y., Karthikeyan V. J. Endothelial damage/dysfunction and hypertension in pregnancy//Front. Biosci. (Elite Ed). — 2011 — № 3. — P. 1100–1108
19. Speer P.D., Powers R.W., Frank M. P. Elevated asymmetric dimethylarginine concentrations precede clinical preeclampsia, but not pregnancies with small-for-gestational-age infants//Am J Obstet Gynecol. — 2008. — 198(1). — P. 112–117.
20. Saleem Alkasiy K., Al-Habib M. F., Abdulshaheed N. A. Electron microscopic study of the effect of preeclampsia on the placental endothelial cells ultra structures during pregnancy//Al-Kindy Col Med J. — 2010. — 6 (1). P. 39–44.
21. Применение протеомного анализа мочи в диагностике состояния новорожденных детей / Стародубцева Н. Л., Кононихин А. С., Бугрова А. Е. [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2015. — № 12. — С. 166–169
22. Михаленко И.В., Михалев Е. В. Гуморальные показатели состояния системы сосудистого эндотелия и гемостаза у недоношенных новорожденных детей с гипоксическим поражением ЦНС//Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2014. — № 2. — С. 61–65.
23. Lanir N., Aharon A., Brenner B. Haemostatic mechanisms in human placenta//Best Pract Res Clin Haematol. — 2010. — 16(2). — P. 183–195.
24. Чистякова Г.Н., Ремизова И. И., Газиева И. А., Устьянцева Л. С. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы детей, родившихся от женщин с хронической артериальной гипертензией//Педиатрия. Журнал имени Г. Н. Сперанского. — 2015. — 94(2). С. 8–12.

© Миронов Алексей Валентинович ( Mironov75av@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗОЛЯЦИИ (ЭКСПЕРИМЕНТ SIRIUS-17)<sup>1</sup>

## INVESTIGATION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM REGULATORY MECHANISMS IN ISOLATION (SIRIUS-17 EXPERIMENT)

V. Rusanov  
R. Baevsky

*Summary.* The daily electrocardiogram records were analyzed under conditions of 17-day isolation. During the analysis of diurnal dynamics of heart rate variability indices, the relationship between neurovegetative and metabolic-energy processes in the cardiovascular system was studied. The role of autonomic regulation of blood circulation in ensuring adequate functioning of the heart during isolation in the hermetic object was studied.

*Keywords:* cardiovascular system, electrocardiogram, vegetative regulation of blood circulation, isolation.

**Русанов Василий Борисович**

К.б.н., доцент, ФГУН ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН  
vasilyrusanov@gmail.com

**Баевский Роман Маркович**

Д.б.н., г.н.с., ФГУН ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН

*Аннотация.* В исследовании проанализированы суточные записи электрокардиограммы в условиях 17-и дневной изоляции. В ходе анализа суточной динамики показателей variability сердечного ритма была изучена взаимосвязь между нейровегетативными и обменно-энергетическими процессами в сердечно-сосудистой системе. Изучалась роль вегетативной регуляции кровообращения в обеспечении адекватной работы сердца во время изоляции в гермообъекте.

*Ключевые слова:* сердечно-сосудистая система, электрокардиограмма, вегетативная регуляция кровообращения, изоляция.

## Введение

Последствиями пребывания человека в условиях изоляции являются истощение и астенизация регуляторных систем, что, как правило, приводит к нарушениям гомеостаза и развитию патологических состояний. Адаптационные возможности организма поддерживаются, в большинстве случаев, за счет функциональных резервов механизмов регуляции. Поэтому, важной задачей является разработка прогностических критериев для раннего распознавания снижения функциональных резервов как одного из факторов срыва адаптации. В современной космической медицине важность этого факта обусловлена планированием межпланетных перелетов в самое ближайшее время.

Активные исследования, связанные с подготовкой пилотируемых межпланетных полетов обусловили цель настоящего исследования, которая заключалась в изучении функционального резерва механизмов регуляции кровообращения в условиях изоляции, имитирующей полет на космическом корабле к ближайшим планетам. Исследование выполнено в рамках проекта SIRIUS, кото-

рый проводится в ГНЦ РФ ИМБП РАН с 2017 г. [1]. Представлены данные, полученные в ходе 17-и дневной изоляции (SIRIUS-17).

Для изучения различных уровней системы управления кровообращением использовался метод анализа variability сердечного ритма (BCP). В настоящее время этот метод используется как прогностический для оценки и прогноза ранних этапов наступления срыва в системе кровообращения и оценки рисков патологических процессов в этой системе [2,3]. Космическая медицина была одной из первых областей науки и практики, где анализ BCP был использован для получения новой научной информации и решения задач медицинского контроля за человеком, выполняющим свою работу в экстремальных условиях [4]. Новый шаг в изучении вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы в условиях невесомости был сделан в течение последнего времени в результате проведения на борту Международной космической станции (МКС) научного эксперимента «Космокард». «Космокард» — методика, включенная в программу долговременных исследований на МКС. Методика позволяет: изучать возможности раннего выявления вероятных донозологических (пред-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках базовой темы РАН 64.1 на 2013–2020 гг.

патологических) отклонений на основе анализа вариабельности сердечного ритма [5].

## Материал и методы

В ходе исследования проведены суточные записи электрокардиограммы (холтеровское мониторирование) в условиях 17-и суточной изоляции в гермообъекте у 3-х добровольцев-мужчин (возраст  $36,7 \pm 3,7$  лет). Исследования проводились за 7 суток до изоляции, в изоляции в 6-е и 12-сутки, после изоляции на 3-е. Изучалась роль вегетативной регуляции кровообращения в обеспечении адекватного уровня функционального состояния сердечно-сосудистой системы. В ходе анализа суточной динамики показателей вариабельности сердечного ритма была изучена взаимосвязь между нейровегетативными и обменно-энергетическими процессами кровообращения. При анализе полученных сигналов ЭКГ проводился анализ вариабельности сердечного ритма (BCP) по 5-минутным интервалам времени. Вычислялись разностные значения (утро-вечер) для различных показателей BCP, характеризующих уровни автономной и центральной регуляции [6]. Уровень автономной регуляции отражается показателем SD (стандартное отклонение) и RMSSD (сумма квадратов разностей длительности кардиоинтервалов). Состояние центрального контура регуляции, активность симпатического отдела вегетативной регуляции характеризовалось индексом напряжения регуляторных систем (ИН). Активность сосудистого центра отражалось мощностью низкочастотной части спектра сердечного ритма (медленные волны 1-го порядка — MB-1). Для оценки надсегментарных уровней регуляторного механизма (высшие вегетативные центры) анализировались мощность очень низкочастотных колебаний сердечного ритма (медленные волны 2-го порядка — MB-2).

Программа исследований рассмотрена и одобрена комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ — ИМБП РАН.

При статистической обработке данных вычислялись средние значения и ошибки средних, достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента.

## Результаты

Данные холтеровского мониторирования показывают, что уже на 6-е сутки пребывания в изоляции среднесуточные значения частоты пульса и индекса напряжения регуляторных систем снижаются, а среднеквадратичное отклонение растут. Это указывает на смещение вегетативного баланса в сторону снижения симпатических и усиления парасимпатических влияний. Однако, как видно из рисунка 1 наблюдается снижение

относительной мощности дыхательных волн (B %), что отражает ослабление влияния дыхательного центра на кровообращение через ядра блуждающего нерва. Подобная картина, в целом, сохраняется в течение всего 17-и дневного эксперимента.

В таблице 1 представлены средние значения частоты пульса, и некоторых показателей вариабельности сердечного ритма. Поскольку, наблюдаемые изменения, носили индивидуальный характер, рассмотрим в отдельности реакцию каждого испытуемого.

У испытуемого В в изоляции наблюдалось некоторое напряжение регуляторных систем с учащением пульса, увеличением ИН, снижением среднего квадратичного отклонения (СКО) и относительной мощности дыхательных волн в вечернее время. Сравнение этих данных с их утренними значениями указывает на сохранение хорошего функционального резерва. После изоляции признаки напряжения регуляторных систем сохранились, но при более низком функциональном резерве.

Испытуемый А отличался тем, что в гермообъекте у него отмечался четкий сдвиг вегетативного баланса в сторону усиления тонуса парасимпатического отдела. Это сопровождалось достоверным уменьшением частоты пульса и дыхания, ростом СКО и мощность дыхательных волн, снижением ИН. Однако, отсутствие значимых различий между вечерними и утренними величинами показателей указывает на снижение функциональных резервов регуляции. В конце эксперимента урежение пульса сохранилось на фоне роста вечерне-утренних различий всех показателей, что можно считать признаком увеличения резервных возможностей.

Стратегия адаптации испытуемого С характеризовалась отсутствием существенных отличий от исходного состояния. К концу пребывания в гермообъекте и после выхода из него у этого испытуемого в вечерние часы наблюдались явления функционального напряжения, которые к утру нормализовались.

Таким образом, несмотря на выраженную индивидуальность реакций испытуемых, общим для них было наличие функционального напряжения в изоляции. Только у испытуемого А отмечался сдвиг вегетативного баланса в сторону усиления парасимпатического тонуса. Функциональные резервы регуляторных механизмов к концу эксперимента не снижались, а имели тенденцию к росту.

Реакция напряжения регуляторных систем может сопровождаться увеличением относительной мощности медленных волн 1-го либо 2-го порядка. В первом случае это связано с ростом сосудистого тонуса и обычно, с подъемом артериального давления. Чаще всего при-

Таблица 1. Изменения частоты пульса и некоторых показателей variability сердечного ритма в эксперименте

Испытатель	Этап	Время суток	ЧП, уд/мин.	СКО, мс.	ИН, у.е.	ДВ,%	МВ-1,%	МВ-2,%
В	Фон	Вечер	59,7±0,6	66±0,4	49±1,1	50±0,3	21±0,1	29±1,5
		Утро	67,3±0,1	51±0,1	95±3,8	40±1,7	24±0,8	36±0,7
	6-е сутки	Вечер	73,6±0,1	38±0,5	158±0,2	27±1,1	36±1,2	37±1,3
		Утро	54,5±0,9	90±0,1	29±0,7	46±1,0	24±0,9	30±1,4
	12-е сутки	Вечер	63,1±0,3	39,2±2	131±12	43,1±2	29,7±3	27,2±3
		Утро	60,2±0,1	59,5±1	45,3±2	41,8±3	35,8±4	22,4±2
А	Фон	Вечер	73,7±0,1	21±0,4	422±18,1	18±1,0	20±1,2	62±1,7
		Утро	65,5±0,1	32±0,9	218±6,9	24±1,4	20±0,7	57±1,7
	6-е сутки	Вечер	56,0±0,1	55±0,7	69±2,3	29±2,0	28±1,2	43±2,3
		Утро	55,0±0,1	55±0,7	65±1,3	25±1,8	41±1,5	34±1,9
	12-е сутки	Вечер	61,2±0,1	35±1,3	136±8,8	28±3,7	29±2,1	43±2,8
		Утро	57,5±0,2	60±2,4	54±3,7	15±2,7	25±4,6	60±7,2
С	Фон	Вечер	61,3±0,1	65±0,5	51±1,0	5±0,1	81±1,4	14±1,4
		Утро	48,7±0,1	93±1,7	26±1,0	15±0,4	34±1,2	51±1,4
	6-е сутки	Вечер	54,2±0,1	68±1,0	46±1,4	11±0,6	59±1,6	30±1,4
		Утро	49,2±0,1	80±0,9	30±0,8	19±1,3	46±2,8	34±2,4
	12-е сутки	Вечер	68,9±0,2	40±0,8	116±5,6	17±2,5	42±2,3	41±2,3
		Утро	49,5±0,3	92±8,0	26±3,6	11±2,1	53±4,6	36±6,1

чиной такой реакции является длительный стресс или утомление. При увеличении относительной мощности медленных волн 2-го порядка речь может идти о психоэмоциональном стрессе, связанном с возбуждением коры головного мозга с соответствующей активацией энергетических и метаболических процессов. Примером такой реакции служат фоновые данные испытуемого А, который перед началом эксперимента находился в состоянии выраженного функционального напряжения. Однако, усиление энергетических процессов может быть обусловлено и мобилизацией функциональных резервов в ходе реадaptации при воздействии восстановительных процедур либо во время ночного сна или отдыха [7]. Такие реакции связаны с активным восстановлением израсходованных функциональных резервов, если их запас достаточен и регуляторные механизмы не истощены. Такие реакции наблюдались

у испытуемого А в изоляции и у испытуемого С в фоновый период.

Разностные значения показателей ВСР отражают характер и выраженность восстановительных процессов, которые являются важным компонентом ночного отдыха [8]. При анализе этих разностных значений нами была выявлена индивидуальная динамика колебаний. При этом, колебания различных показателей не синхронизированы. На основании анализа особенностей наблюдаемых колебаний мы попытались оценить индивидуальные особенности работы механизмов регуляции кровообращения.

У испытуемого В увеличение разностных значений всех показателей на момент первого исследования (6-е сутки изоляции) может указывать на относительный

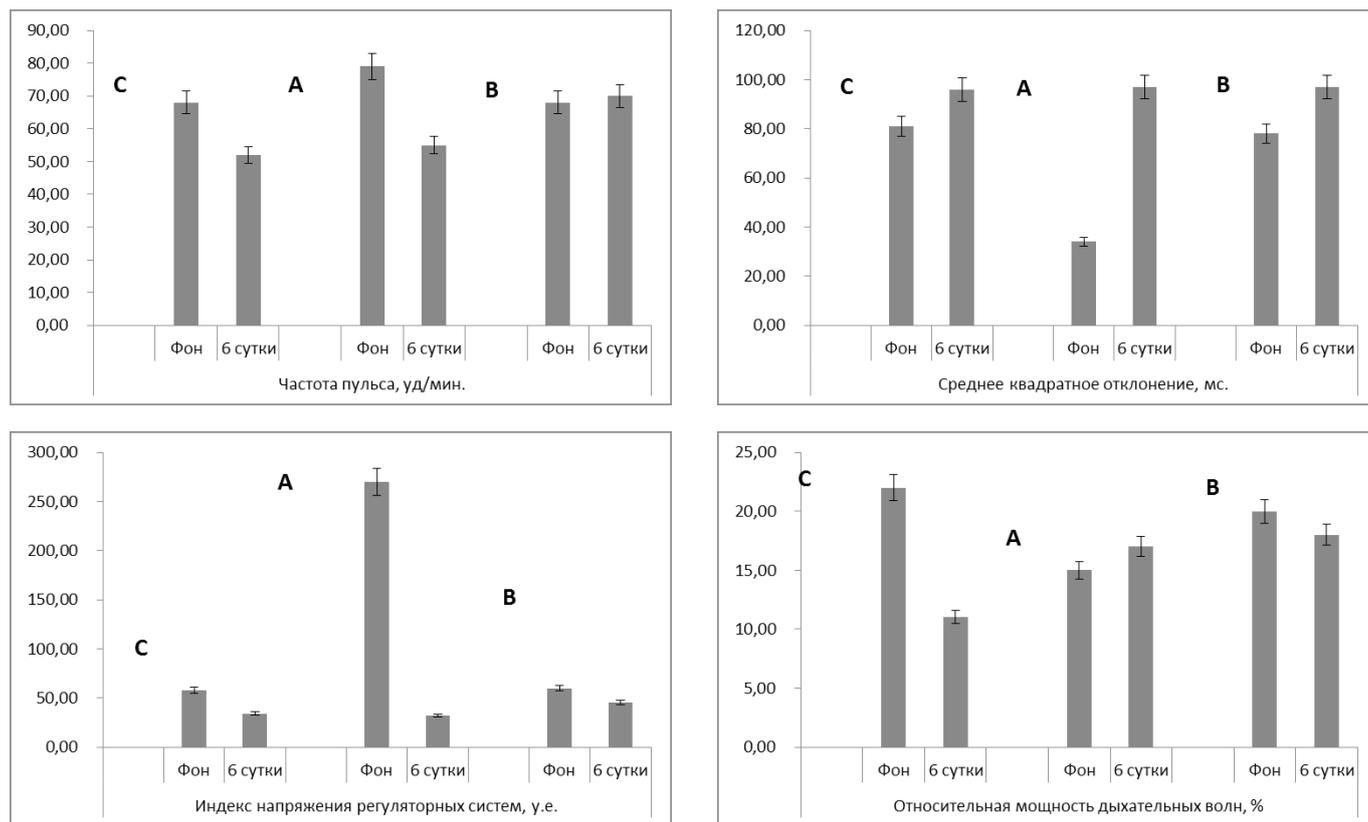


Рис 1. Изменения частоты пульса и некоторых показателей variability сердечного ритма в условиях изоляции

рост функциональных резервов (активацию восстановительных процессов) по сравнению с фоном. Некоторое снижение адаптационных возможностей наблюдалось во время второго исследования (12-е сутки изоляции).

У испытуемого А, судя по разностным значениям ИН, адаптационные возможности организма в течение всего эксперимента были снижены. Наблюдались компенсаторные реакции со стороны пульса и механизмов регуляции сосудистого тонуса (МВ-1). При этом, изменения сосудистого тонуса были вторичными по отношению к частоте пульса.

Испытуемый С отличался наличием нескольких фаз активации адаптационных механизмов (6-е, 12-е сутки изоляции и 3-е сутки после нее). При этом вторая фаза (12-е сутки в гермообъекте) может рассматриваться как компенсаторная реакция на снижение активности механизмов регуляции сосудистого тонуса. Вместе с этим у испытуемого была выявлена глубокая отрицательная фаза после выхода из гермообъекта. Можно предположить, что это связано с истощением функциональных резервов. Такая интерпретация подтверждается данными холтеровского монитори-

рования, где дизадаптация проявляется нарушениями суточной периодики функций. В ночное время частота пульса увеличивается, variability снижается, мощность дыхательных волн уменьшается. Все это является признаками снижения функциональных резервов и ухудшения восстановительного процесса в ночной период [9].

Таким образом, адаптационные реакции организма на факторы изоляции весьма индивидуальны. Можно предполагать, что отсутствие существенных отклонений жизненно важных параметров, в том числе показателей функционирования кровообращения, обеспечивается соответствующими адаптационными и компенсаторными реакциями, активной деятельностью механизмов регуляции [10].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Проведенные исследования показали, что предложенный подход к изучению функциональных резервов регуляции системы кровообращения с анализом variability различных показателей в вечерние и утренние часы суток является достаточно эффективным и информативным. Дополнительную информацию для оценки функциональных резервов регуляции кро-

вообращения позволяет получить холтеровское мониторирование. На основе результатов проведенных в изоляции исследований могут быть предложены следующие критерии для оценки уровня снижения функциональных резервов:

1) Уменьшение разности между вечерними и утренними значениями показателей variability сердечного ритма, особенно показателей, отражающих активность симпатического звена вегетативной регуляции;

2) Нарушение суточной периодики функций, в частности, отсутствие ночного снижения частоты пульса.

Периодические изменения активности регуляторных механизмов можно отнести к числу фундаментальных закономерностей процесса адаптации организма к новым условиям. Возможно, эти периодические изменения связаны со временем накопления и расходования функциональных резервов в различных системах и на разных уровнях регуляции. Речь идет о регулятор-

ных, метаболических и энергетических резервах. Использованная нами в эксперименте с изоляцией методология позволяет исследовать функциональные резервы механизмов регуляции кровообращения достаточно простым способом по показателям variability кардиологических показателей, измеряемых вечером и утром для оценки процессов восстановления. Этот подход представляется перспективным для различных областей прикладной физиологии. Особенно он важен для космической медицины, учитывая ограниченные возможности проведения сложных исследований в условиях космического полета. Описанные выше исследования в условиях изоляции с использованием образцов бортовой аппаратуры и схемы одного из бортовых экспериментов показали, что разработанные методологические подходы вполне адекватны задаче изучения и оценке функциональных резервов организма у экипажей МКС. В связи с этим, полученные результаты будут использоваться в качестве базовой информации при разработке оценочных критериев применительно к космическим экипажам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://sirius.imbp.info/>
2. Hillebrand S, Gast KB, de Mutsert R, Swenne CA, Jukema JW, Middeldorp S, Rosendaal FR, Dekkers OM. Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose-response meta-regression. *Europace*. 2013;15:742–9.
3. Thayer JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int. J. Cardiol*. 2010; 141:122–131.
4. Orlov O., Pougachev V., Baevsky R., Chernikova A. Spase medicine, telemedical ecology and telemedicine: prospects for cooperation and development. . *Med@Tel. Global Telemedicine and eHealth updates; Luxembourg; Luxembourg*; 2013.
5. Rusanov, V., Bersenev, E., Cherrikova, A., Ivanov, G., Baevsky, R. The electrofisiological changes in the myocardium and heart rate variability during spaceflight (Preliminary Data). *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC, 2015, c. 313–317.*
6. Heart rate variability. Standards of mesurement, physiological interpretation and clinical use//*Circulation*. — 1996. — Vol.93. — P. 1043.
7. Baevsky RM, Chernikova AG, Funtova II, Tank J. Assessment of Individual Adaptation to Microgravity during long term space flight based on stepwise Discriminant Analysis of Heart Rate Variability Parameters. *Acta Astronautica* 69 (2011) pp. 1148–1152.
8. Baevsky R.M., Moser M., Funtova I.I, Nikulina G. A. et al. Autonomic regulation of circulation and cardiac contractility during a 14-month space flight, *Acta astronautica*, 1998, vol. 42, p. 159–173.
9. Baevsky RM, Baranov VM, Funtova II, Diedrich A, Pashenko AV, Chernikova AG, Drescher J, Jordan J, Tank J. Autonomic cardiovascular and respiratory control during prolonged spaceflights aboard the International Space Station.// *J Appl Physiol*. 2007 Jul;103(1):156–61. Epub 2007 Apr 19.
10. Baevsky R.M., Berseneva A. P., Slepchenkova I. N., Chernikova A. G. Issues of health evaluation during simulated space mission to Mars. Assessment of adaptation reactions in the participants of the long-term medical and ecological investigations during the experiment Mars-500 // *Cardiometry*, 2013, № 2, p. 74–88.

© Русанов Василий Борисович (vasilyrusanov@gmail.com), Баевский Роман Маркович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОЛНЫМ ОТСУТСТВИЕМ ЗУБОВ НА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВНУТРИКОСТНЫХ МИНИ ИМПЛАНТАТОВ

## CLINICAL RESULTS OF DENTAL ORTHOPEDIC TREATMENT OF PATIENTS WITH COMPLETE ABSENCE OF TEETH ON THE LOWER JAW WITH THE USE OF INTRAOSSEOUS MINI IMPLANTS

**D. Shevchenko**  
**N. Pergatyy**  
**O. Kostenko**  
**I. Djambrovskay**

*Summary.* The material presented in this paper allows an assessment of the results of clinical studies of orthopedic treatment of 59 patients with a complete lack of teeth in order to determine the effectiveness of miniimplants the lower jaw to secure full dentures in elderly and senile patients [7]. We used clinical and radiological (orthopantomogram and CT scan of the lower jaw) survey methods. [1] These results indicate a high degree of integration of intraosseous miniimplants the elderly, the virtual absence of complications, excellent fixation of full dentures, short term rehabilitation. [6] Introduction of Prosthodontics miniimplants [5] to retain complete dentures for edentulous, complicated by severe atrophy [4], and the lower jaw to the elderly and old age, can significantly improve the efficiency of prosthetics, and hence the quality of life of these patients [7].

*Keywords:* Intraosseous miniimplant, absence of teeth, the lower jaw, a removable dental prosthesis.

**Шевченко Дмитрий Павлович**

Д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО Красноярский  
государственный медицинский университет  
им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого  
shevchenkodp@mail.ru

**Пергатый Никита Александрович**

К.м.н., врач-стоматолог, ГБОУ ВПО Красноярский  
государственный медицинский университет  
им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого  
pergatyy@mail.ru

**Костенко Оксана Юрьевна**

К.м.н., ассистент, врач-стоматолог, ГБОУ  
ВПО Красноярский государственный медицинский  
университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого  
burckut2016@yandex.ru

**Джамбровская Ирина Владимировна**

К.м.н., врач-стоматолог, КГБУЗ «Красноярская  
городская стоматологическая поликлиника № 4»  
irina1981d@mail.ru

*Аннотация.* В статье отражены результаты клинического исследования ортопедического лечения 59 пациентов с полным отсутствием зубов с целью определения эффективности использования миниимплантатов на нижней челюсти для фиксации полных съемных протезов в пожилом и старческом возрасте [7]. Применялись клинические и рентгенологические (ортопантомограмма и компьютерная томограмма нижней челюсти) методы обследования [1]. Представлены результаты, свидетельствующие о высокой степени интеграции внутрикостных миниимплантатов у пожилых людей, низким процентом осложнений, отличной фиксацией полных съемных протезов, короткими сроками реабилитации [6]. Введение в практику ортопедической стоматологии миниимплантатов [5] для удержания полных съемных протезов на нижней челюсти при полной адентии, осложненной резкой атрофией [4] в пожилом и старческом возрасте, позволяет значительно повысить эффективность протезирования, а значит и качество жизни данных пациентов [7].

*Ключевые слова:* внутрикостные миниимплантаты; полное отсутствие зубов; нижняя челюсть; съемное зубное протезирование.

**Б**ольшинство пациентов с полным отсутствием зубов не пользуются съемными зубными протезами, даже если протезы качественно изготовлены [7], что, как правило, обусловлено наличием общих соматических заболеваний [4], сложными анатомо-топографическими условиями полости рта [3]. Это подтверждается многими зарубежными авторами

[8]. Наиболее частыми причинами, не позволяющими адаптироваться к съемным пластиночным протезам, является отсутствие у них стабилизации и неудовлетворительная фиксация.

Существует достаточно методов фиксации съемных протезов на беззубых челюстях: механические: пружин-



ны, утяжеление базисов протезов на нижнюю челюсть, биомеханические, физические, биофизические способы.

Одним из наиболее эффективных методов улучшения фиксации и стабилизации протеза является установка имплантатов. Сегодня в практике стоматологов имеется много систем имплантации для удержания полных съемных протезов на челюстях: внутрикостные, субпериостальные, и др.

В последние годы для улучшения фиксации съемных протезов на беззубых челюстях предложено использовать специальные миниимплантаты [5]. Миниимплантаты имеют ряд преимуществ: одноэтапная операция значительно упрощает лечебный процесс, конденсация костной ткани внутри альвеолярной части имплантатом, позволяет ускорить остеоинтеграцию и ввести миниимплантаты в функцию, абатмент представлен шаровидной головкой, поэтому матрица имеет большую степень свободы по сравнению с балкой, это предохраняет имплантат от критических нагрузок без ущерба для функции съемного протеза.

#### Цель исследования

Определить эффективность использования миниимплантатов на нижней челюсти для фиксации полных съемных протезов в пожилом и старческом возрасте.

В качестве объекта исследования послужили 59 пациентов с полным отсутствием зубов на нижней челюсти, обоего пола в возрасте от 63 до 78 лет, которым проведено протезирование полными съемными пластиночными протезами 5 лет назад. Пациенты были разделены на 2 группы — основную и контрольную. Основную группу

составили 30 пациентов обоего пола в возрасте от 64 до 78 лет, которым в качестве дополнительных опор применяли внутрикостные миниимплантаты. В качестве контрольной группы выступили пациенты в количестве 29 человек, обоего пола в возрасте от 63 до 77 лет, которым проведено ортопедическое лечение полными съемными пластиночными протезами без применения внутрикостных миниимплантатов. Применялись клинические и рентгенологические (ортопантомограмма и компьютерная томограмма верхней челюсти) методы обследования.

По результатам исследования установлено, что 98,6% больных основной группы были довольны протезами, в то время как 79,8% больных контрольной группы предъявляли следующие жалобы: на неудовлетворительную фиксацию: 14% при откусывании пищи, 23% при разговоре. В основной группе поломки протезов не наблюдались, в контрольной группе поломки протезов составили 8%.

Все пациенты основной группы после установки миниимплантатов отмечали улучшение фиксации протезов, возможность принимать любую пищу, широко открывать рот, свободно разговаривать, не боясь, что протез расфиксируется. Субъективная оценка всеми без исключения пациентами качества жизни при применении внутрикостных миниимплантатов для дополнительных опор и фиксации полных съемных зубных протезов на нижней челюсти очень высокая.

В основной группе при исследовании в динамике средних показателей устойчивости миниимплантатов с помощью прибора «Периотест-С» четко прослеживается повышение устойчивости миниимплантатов к 45 сут-



Миниимплантаты введены в функцию.



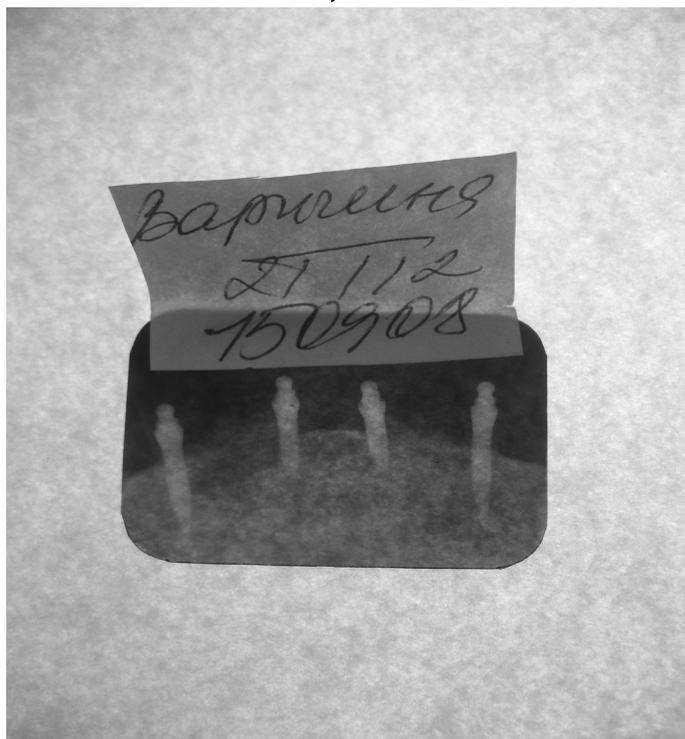
кам наблюдения. К 45 суткам показатели всех исследуемых миниимплантатов не превысили нулевую отметку, что свидетельствует об их хорошей устойчивости. При исследовании устойчивость имплантатов к 1 году наблюдения составила 98%, к 3 году — 92%, к 5 году — 87%.

Рентгенологические методы показали следующее: деструкция костной ткани и резорбция кости в 90% случаев проявляется к пятому году использования внутрикостных миниимплантатов, на уровне 1/4–1/5 от общего

объема альвеолярного гребня. В 2% случаев наблюдается слабо выраженная регенерация костной ткани на всем протяжении костного ложа.

Рассмотрим клинический случай: Пациентка П. 75 лет с диагнозом «потеря всех зубов на нижней челюсти» (МКБ-10 К 08.1). Провести лечение с применением внутрикостных миниимплантатов для обеспечения фиксации и стабилизации полного съемного протеза на нижней челюсти, было решено после изучения диа-

Результат:



гностических моделей. Установлено, что альвеолярный отросток нижней челюсти у данной больной, всего 3мм, а площадь протезного ложе 14 квадратных см, (данные измерения были проведены экспериментально на моделях челюстей пациентки). На КТ была диагностирована плотность костной структуры на нижней челюсти как D2, ширина альвеолярного гребня составила 4,5мм и высота тела челюсти 18мм в подбородочной области соответственно. Для имплантации были выбраны миниимплантаты «ЗМ» IMTEC длиной 13мм и диаметром 1,8 мм. Под инфильтрационной анестезией «убистезин форте 4%», было произведено пелотное сверление на нижней челюсти в подбородочной области с отступом медиально 4–6мм от ментальных отверстий. Специальным дрилем, диаметром 1,1мм, закрепленным в угловом наконечнике, на 1000 оборотах в минуту с охлаждением стерильной дистиллированной водой, установлены миниимплантаты в область отсутствующих 43, 42, 32, 33 зубов.

В работе были задействованы три установочных ключа: пальцевая отвертка, крыловидный ключ и храповый. Усилие на пальцевой отвертке составляет не более 10 Ncm, на крыловидном 15 Ncm, на храповом до 45 Ncm. Все миниимплантаты, были установлены в одно посещение с минимальным отклонением в 5–7 градусов. Абатмент миниимплантатов представлен шаровидным аттачментом на который фиксируется титановая матрица с резиновым запрессованным о-образным кольцом. Такая матрица имеет большую степень свободы, чем

крепление на балке или рельсе, поэтому реально допустимая конусность между миниимплантатами, может составлять примерно 20 градусов. Установка миниимплантатов проходила без разрезов, без отслаивания лоскута и наложения швов, в одно посещение. Пациентке был назначен прием лекарственного препарата «Цифран СТ» для профилактики осложнения, полоскание антисептическим раствором «хлоргексидинбиглюконат 0,05%» в течении 5 дней. На контрольной рентгенограмме патологии в костной структуре не выявлено. После имплантации пациентка была назначена на осмотр на следующий день. Перкуссия мини имплантатов, установленных в область 43,42, 32, 33 зубов, безболезненная, подвижность отсутствует, отек мягких тканей слабо выражен, слизистая незначительно гиперемирована. При повторном осмотре через 7 дней, отек мягких тканей отсутствует, гиперемии нет, перкуссия миниимплантатов безболезненная, подвижность отсутствует. Было принято решение укрепить на установленных внутрикостных миниимплантатах прежний полный съемный пластиночный протез по отработанному протоколу, сроком на 6 месяцев. Такое решение объясняется тем, что старый протез полностью адаптирован в полости рта и привычен для пациентки П. Через 6 месяцев старый протез будет заменен на новый.

Второй клинический случай: Пациент Н. 65лет, с диагнозом «потеря всех зубов на нижней челюсти» (МКБ-10 K 08.1). Атрофия альвеолярного отростка резко выраже-

на в боковых отделах, позади молярные бугорки атрофированы, выражены тяжи, уздечка языка имеет высоко прикрепление. Полным съемным пластиночным протезом пользуется более 7 лет, фиксация протеза неудовлетворительная. Анализ компьютерной томограммы показал, что атрофия костной ткани значительная, плотность костной ткани D3. Достаточный объем костной ткани сохранился во фронтальном отделе, где составил 22мм, в области отсутствующих 44, 43, 42, 41, 31, 32, 33, 34 зубов, в области 47, 46, 45, 35, 36, 37, ширина альвеолярного гребня составила 2–4мм., в области фронтальных зубов 5мм. Для решения проблемы были выбраны миниимплантаты диаметром 2,4мм и длиной 10мм «3М» IMTEC без фланцев.

На диагностической модели была произведена разметка для установки миниимплантатов, шаблон не изготавливался. Под инфильтрационной анестезией «убистезин форте 4%» было произведено перфорационное сверление специальным дрелем диаметром 1,1мм закрепленным в угловом наконечнике на 1000 оборотах в минуту с охлаждением стерильной дистиллированной водой на нижней челюсти в подбородочной области с отступом медиально 4 мм от ментальных отверстий. Установлены миниимплантаты (все крыловидным ключом с усилием в 15 Нсм) в область отсутствующих 43, 42, 32, 33 зубов. Протокол установки стандартный для миниимплантатов, все назначения лекарственных препаратов традиционны. Сроки протезирования (изготовления нового съемного зубного протеза), были сдвинуты у данного пациента на 6 месяцев. Прежний съемный протез был использован в качестве временного, т.к. атрофия костной ткани значительна и плотность кости низкая, было принято решение не устанавливать титановые матри-

цы с о-образными удерживателями. В базисе прежнего съемного протеза были сделаны выемки под миниимплантаты и заполнены мягкой подкладкой «Unifil Gel», данная методика позволяет оказать щадящую нагрузку на мини имплантаты и повысить их выживаемость. Пациенту была разъяснена клиническая ситуация и были даны соответствующие рекомендации. Периодичность осмотров составляла 1,5 месяца. Подвижность миниимплантатов отсутствовала, перкуссия безболезненная. Через 6 месяцев старый протез был заменен на новый.

Вывод: Проведя клинические исследования по использованию внутрикостных миниимплантатов в качестве долговременной дополнительной опоры для фиксации и стабилизации полных съемных протезов при значительной атрофии на нижней челюсти в пожилом и старческом возрасте, мы уверенно можем рекомендовать данный метод ортопедического лечения для широкого внедрения в практику. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени интеграции внутрикостных миниимплантатов у пожилых людей, малым процентом осложнений в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения, высокой степенью фиксации и стабилизации полных съемных протезов, короткими периодами адаптации больных к данным конструкциям, меньшей степенью атрофии костной ткани альвеолярных отростков челюстей. Широкое внедрение в практику ортопедической стоматологии внутрикостных миниимплантатов, для удержания полных съемных протезов при значительной атрофии на нижней челюсти в пожилом и старческом возрасте, позволяет значительно повысить эффективность протезирования, и качество жизни пожилых пациентов страдающих полным отсутствием зубов на нижней челюсти.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архаров С. Л., Исследование эффективности компьютерной томографии и других методик рентгенологического обследования при планировании операций дентальной имплантации — Дисс. кандидата мед. наук –Кемерово 1999.
2. Заблоцкий Я. В. Временные или транзитные (переходные) имплантаты для временной реабилитации. // Современная ортопедическая стоматология.— 2004. -№2.обозрение. //Стоматология. — 1891.
3. И. Ю. Лебедеенко., Э. С. Каливрадзиян., Ортопедическое лечение больных с использованием имплантатов. // Ортопедическая стоматология. — 2011.
4. Иванов С. Ю. Стоматологическая имплантология // С. Ю. Иванов, Э. А. Базилян, А. Ф. Бизяев, — Медицина, 2004.
5. Иоффе Е. Зубоврачебные заметки.-2004–2007. // Имплантаты доступные всем.
6. Кирюшин М. А. Ортопедическое лечение больных с полным отсутствием зубов на нижней челюсти пластиночными протезами с дополнительной фиксацией на внутрикостных мини имплантатах-Дисс. кандидата наук Москва-2007.
7. Чижов Ю. В., Цимбалитов А. В., Новиков О. М. Методика комплексной оценки состояния стоматологического здоровья людей пожилого и старческого возраста. — Красноярск, СПб: КрасГМА-МАПО, 2005
8. Ричард Б. Винтер, Модернизируемая стоматология // Современная ортопедическая стоматология. — 2011. № 15.

© Шевченко Дмитрий Павлович ( shevchenkodp@mail.ru ), Пергатый Никита Александрович ( pergatyu@mail.ru ), Костенко Оксана Юрьевна ( burckut2016@yandex.ru ), Джамбровская Ирина Владимировна ( irina1981d@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## НАШИ АВТОРЫ

**Afanasyev G.** — Ph.D., Assistant Professor, Bauman Moscow State Technical University

**Aishanov Sultan Katayevich** — Doctor of medicine, professor of the Clinical research Institute, Academy of Sciences of Russia, Grozny  
k-a201@mail.ru

**Aishanov Sultan Sultanovich** — Senior research fellow, Academy of Sciences of the Czech Republic, Grozny

**Alekseev S.** — Doctor of technical Sciences, senior researcher at the St. Petersburg University of the Ministry of internal Affairs of Russia

**Alexandrova M.** — Specialist, St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great  
mariya\_mariya00@inbox.ru

**Andreeva Ekaterina** — Postgraduate student, Stavropol State Medical University  
ek-andr@yandex.ru

**Andreeva Elena** — Candidate of medical Sciences, associate professor, Stavropol State Medical University  
eandreeva-doctor@yandex.ru

**Antropova A.** — Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs»

**Atykanov A.** — Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin (Bishkek city)  
a.atykanov@gmail.com

**Baevsky R.** — MD, State scientific center of Russian Federation – Institute of biomedical problems of RAS

**Barsegyan G.** — FSBI «Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology» Ministry of Healthcare of the Russian Federation  
2390990@rambler.ru

**Biktasheva G.** — Graduate student, Bashkir state University  
gbiktashieva@mail.ru

**Bogacheva N.** — City clinical hospital №13

**Bulatov I.** — The postgraduate student, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics  
bulatov.vanek@mail.ru

## OUR AUTHORS

**Burdjalieva A.** — Applicant of the Moscow State Sechenov University; Psychotherapist in clinic «Doctor SAN», Saint Petersburg  
dr.adb@mail.ru

**Bushuev R.** — Bauman Moscow State Technical University  
prof-roman@bk.ru

**Butakova S.** — Irkutsk National Research Technical University  
5962svetlana.butakova@mail.ru

**Chickrin D.** — Kazan Federal University  
dmitry.kfu@gmail.com

**Darvin V.** — Doctor of Medical Sciences, professor, Surgut State University

**Djambrovskaya I.** — PhD, dentist, KGBUZ «KGSP №4»  
irina1981d@mail.ru

**Ermakov D.** — Kazan Federal University  
aginum0@gmail.com

**Eryomin D.** — laboratory assistant researcher, FSBI «United Administration of the Lazovsky State Reserve n.a. L.G. Kaplanov and National Park «Zov of the tiger»

**Fedin F.** — Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
nidef@mail.ru

**Frolov P.** — Moscow City Pedagogical University  
paul.frolov.fi@yandex.ru

**Gerbali O.** — Assistant, The Crimean federal university of a name of V. I. Vernadsky

**Glavatskiy N.** — Kazan Federal University  
hanouchh@gmail.com

**Glushenko D.** — Graduate student, Far Eastern Federal University  
deglush@gmail.com

**Goltsov A.** — The postgraduate student, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics  
gas06081992@yandex.ru

**Golousov S.** — Kazan Federal University  
sgolousov@gmail.com

**Gonchar A.** — Candidate of military Sciences, St. Petersburg University, Ministry of internal Affairs

**Gumenyuk L.** — Professor, The Crimean federal university of a name of V. I. Vernadsky  
lesya\_gymenyuk@mail.ru

**Guseinov N.** — PhD in Veterinary Medicine and Science, Professor, Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs»

**Gusev M.** — LG Electronics Inc., St-Petersburg, Russia  
mikhail.gusev@lge.com

**Hasanshin I.** — PhD in economics, associate Professor, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara  
ildar8000@mail.ru

**Ivanova A.** — Postgraduate, FGBOU VO Bashkir State pedagogical university named M. Akmulla, Department of Bioecology and Biological Education, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia  
pavlovna-ann@mail.ru

**Kabirov R.** — Ph.D, professor, FGBOU VO Bashkir State pedagogical university named M. Akmulla, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia  
kKabirov@yandex.ru

**Kalina L.** — Intellectual property specialist, JSC Atoll Scientific Research Institute  
kalina\_ls@mail.ru

**Kalin V.** — Senior researcher, The Pipeline Transport Institute (PTI, LLC) Transneftneft

**Khaziakhmetov R.** — Doctor of biology, Professor Bashkir state University  
eco3110@rambler.ru

**Kocherygina E.** — Irkutsk National Research Technical University

**Kokunin P.** — Kazan Federal University  
PAKokunin@kpfu.ru

**Kolcherin D.** — Postgraduate student, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg  
kol4er.dv@gmail.com

**Kolesnikov V.** — District state inspector, FSBI «United Administration of the Lazovsky State Reserve n.a. L.G. Kaplanov and National Park «Zov of the tiger»

**Konchakovskiy Aleksandr** — Doctor dentist-orthopedist, assistant Novgorod State University named after Yaroslav the Wise  
aldental@gmail.com

**Konchakovskiy Artem** — FSBEI HE I.P. Pavlov SPbSMU MOH Russia  
Dr.Konchakovskiy@gmail.com

**Kostenko O.** — PhD, assistant, dentist, GBOU VPO Krasnoyarsk State Medical University Professor V.F. Voyno-Yasenetsky  
burckut2016@yandex.ru

**Kotorov V.** — The postgraduate student, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics  
kotorov@live.com

**Krasnov E.** — Candidate of Medical Sciences, Surgut State University

**Ladygin P.** — Senior Lecturer, Altai State University  
pavel-ladygin@yandex.ru

**Lomadze S.** — Postgraduate, FGBOU VO Bashkir State pedagogical university named M. Akmulla, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia  
salolomi92@gmail.com

**Mansurov A.** — Ph.D. in Technical Sciences, Assistant Professor, Altai State University  
mansurov.alex@gmail.com

**Marchenko A.** — Bauman Moscow State Technical University  
mart0n@mail.ru

**Masybaeva A.** — Kyrgyz Scientific Center for Human Reproduction (Bishkek city)  
dr.albisha@mail.ru

**Mironov A.** — PhD, assistant, A.I. Evdokimov MSUMD, City clinical hospital №13  
Mironov75av@gmail.com

**Mitrashchuk V.** — Siberian State University of Science and Technologies named after academician M. F. Reshetnev  
rtimidalv@gmail.com

**Pahomov M.** — LG Electronics Inc., St-Petersburg, Russia

**Parfenov N.** — Candidate of technical Sciences, associate Professor of St. Petersburg University of the Ministry of internal Affairs

**Pecherkin S.** — Postgraduate student, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg  
pecherkin.sa@gmail.com

**Pergatyy N.** — PhD, dentist, GBOU VPO Krasnoyarsk State Medical University Professor V.F.Voyno-Yasenetsky  
pergatyy@mail.ru

**Purina E.** — Ph.D. of Biological Sciences, Senior Lecturer, Birk affiliate of the Bashkir State university, Birk, Republic of Bashkortostan, Russia  
elenapurina@rambler.ru

**Radchenko I.** — Candidate of technical Sciences, associate Professor, Saint-Petersburg Scientific Research Institute of Information Technologies, Mechanics and Optics

**Romashkova O.** — Moscow City Pedagogical University  
ox-rom@yandex.ru

**Rozhnov V.** — LG Electronics Inc., St-Petersburg, Russia

**Rusanov V.** — PhD of biology, State scientific center of Russian Federation – Institute of biomedical problems of RAS  
vasilyrusanov@gmail.com

**Ryabukha A.** — Nizhnevartovsk State University  
anatoly.ryabukha@gmail.com

**Safullina L.** — Ph.D. of Biological Sciences, Docent, FGBOU VO Bashkir State pedagogical university named M. Akmulla, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia  
safilya@mail.ru

**Salkina G.** — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, FSBI «United Administration of the Lazovsky State Reserve n.a. L.G. Kaplanov and National Park «Zov of the tiger»  
tpsrus@mail.ru

**Sergeeva Ju.** — Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs»

**Shapovalov V.** — Candidate of physical and mathematical Sciences, senior researcher, Federal state budgetary institution «High-Mountain geophysical Institute»  
atajuk@mail.ru

**Shavlokhov S.** — Post-graduate student of the North Caucasus mining and metallurgical Institute (state technological University)  
sarmat-shavlokhov@yandex.ru

**Shevchenko D.** — MD, professor, GBOU VPO Krasnoyarsk State Medical University Professor V.F. Voyno-Yasenetsky  
shevchenkodp@mail.ru

**Shvedova A.** — Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs»

**Soldatov A.** — Graduate student of the Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara  
varan\_92@mail.ru

**Stahno R.** — Candidate of technical Sciences, Department of mathematics and Informatics, St. Petersburg University of the Ministry of internal Affairs  
piter\_rus@mail.ru

**Stenin A.** — Post-graduate student of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics Science  
av.stenin@yandex.ru

**Stepanov Andrey** — Kazan Federal University  
pk-kzsol@mail.ru

**Stepanov Alexandr** — Postgraduate student, Surgut State University  
olesyp2006@yandex.ru

**Storchak T.** — Nizhnevartovsk State University  
tatyanaorchak@yandex.ru

**Sukhanov A.** — SPC “Technological Center”, Zelenograd, Russia  
aksernar@yandex.ru

**Sultimova T.** — Cand. Of Biol. Science, Associated Prof., East Siberia State University of Technology and Management  
tsultimova@mail.ru

**Tran Van Hieu** — Post-graduate student of the Vladimir State University, Vladimir city  
sevasvn@gmail.com

**Umahanova M.** — Professor, A.I. Evdokimov MSUMD,

**Varakushin S.** — Graduate student, Moscow polytechnic university  
Lib.mospolytech@mail.ru

**Varlanov O.** — Dr.Tech.Sc., Professor, Bauman Moscow State Technical University

**Vasil'ev V.** — Candidate of Medical Sciences, Surgut State University

**Vershinina S.** — Irkutsk National Research Technical University

**Yarkin A.** — Postgraduate student, Saint-Petersburg Scientific Research Institute of Information Technologies, Mechanics and Optics

**Yurkin V.** — Postgraduate student, Saint-Petersburg Scientific Research Institute of Information Technologies, Mechanics and Optics  
vuy-ifmo@gmail.com

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

### **За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### **Правила оформления текста.**

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### **Правила написания математических формул.**

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### **Правила оформления графики.**

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).