

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА :  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 12 2015 (декабрь)

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

- А.В. Царегородцев** – д.т.н., профессор Российский государственный гуманитарный университет
- Ю.Б. Миндлин** – к.э.н., доцент Московский государственный машиностроительный университет
- М.М. Безрукова** – д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
- Н.Н. Грачев** – профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),
- А.И. Гусева** – д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.Я. Качанов** – д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
- А.И. Квасов** – д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- С.М. Надежкин** – д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
- Б.А. Прудковский** – д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА",
- С.Э. Саркисов** – д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
- В.В. Сергиевский** – д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.П. Симоненков** – д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

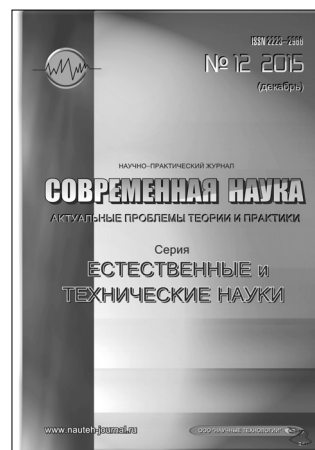
**Издатель:**

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научные технологии»  
Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел/факс: 8(495) 755-1913  
E-mail: redaktor@nauteh.ru  
http://www.nauteh-journal.ru  
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.

Scientific and practical journal

**В НОМЕРЕ:**

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

Журнал издается с 2011 года

**Редакция:**

Главный редактор

**А.В. Царегородцев**

Выпускающий редактор

**Ю.Б. Миндлин**

Верстка

VIP Studio ИНФО ( <http://www.vipstd.ru> )Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» – 80016

В течение года можно произвести  
подписку на журнал непосредственно в редакции.

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

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

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

Подписано в печать 25.12.2015 г.  
Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

**В.В. Гассиева** – Изменчивость спинных левых и правых Микро- и Макромеров зародышей гребенчатого тритона Triturus Cristatus Laur в естественных и искусственных магнитных условиях  
*V. Gassieva* – The variability of the spinal left and right micro- and macromere of triturus cristatus laur embryo in national and artificial magnetic conditions .....4

**Л.В. Нестерук, Г.Р. Свищева, Ю.А. Столповский** – Анализ ассоциаций между хозяйственно-полезными признаками романовских овец и ISSR-PCR маркерами  
*L. Nesteruk, N. Makarova, G. Svishcheva* – Analysis of associations between economic useful traits of Romanov sheep and ISSR-PCR markers .....8

**Г.Г. Яфарова, Е.Ю. Кадышева, Т.В. Балтина** – Эффекты использования местной гипотермии при травме спинного мозга у собак  
*G. Yafarova, E. Kadyшева, T. Baltina* – Effects of local hypothermia on spinal cord injury in dogs .....14

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

**И.Ш. Миспахов** – Результаты экспериментальных исследований термоэлектрической системы для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала  
*I. Mishpakhov* – Results experimental research thermoelectric systems for short-term storage and transportation of biological material .....19

**С.Г. Пугачева** – Исследования гравитационного поля луны космическими зондами Grail  
*S. Pugacheva* – The study of the gravitational field of the moon, space probes to Grail .....23

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников, А.Р. Насыбуллин, Н.В. Рябова, В.А. Иванов** – Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля  
*D. Vedenkin, Yu. Sedelnikov, A. Nasybullin, N. Ryabova, V. Ivanov* – Features of three-dimensional random antenna arrays focused in the near radiated field zone .....30

**А.Р. Насыбуллин, О.Г. Морозов, Д.А. Веденькин, Н.В. Рябова, В.А. Иванов** – Радиофотонный синтез сложных радиосигналов с линейной частотной модуляцией  
*A. Nasybullin, O. Morozov, D. Vedenkin, N. Ryabova, V. Ivanov* – Radio photonic synthesis of complex radio signals with linear frequency modulation .....35

**А.В. Сучков** – Характеристики и практическое применение технологичной конструкции волноводного T-щелевого направленного ответвителя  
*A. Suchkov* – Technological design of the waveguide t-slot directional coupler: characteristics and practical application .....40

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**В.Ф. Габдулхаев** – Математическое моделирование течений вязкого теплопроводного газа между неподвижной и подвижной горизонтальными стенками  
*V. Gabdulkhayev* – Mathematical modeling of viscous heat-conducting gas between the fixed and movable horizontal wall .....44

**В.С. Гавришенко, М.С. Королев** – Динамика изменения основных характеристик газовой скважины при ее эксплуатации  
*V. Gavrishenko, M. Korolev* – Dynamics of the essential characteristics of a gas well in its operation .....53

**С.В. Кратов, О.Д. Соколова** – Система информационной поддержки разработчиков ПО  
*S. Kratov, O. Sokolova* – The system of information support of software developers .....59

**Ф.И. Кушназаров** – Модель организации повторных передач в каналах, подверженных воздействию помех  
*F. Kushnazarov* – Model of repeated channel transmission, against interference .....62

**И.И. Лавреш, А.В. Трифонов** – Разработка технологии раннего диагностирования изменений социально-экономических и политических условий в интересах государственного управления  
*I. Lavresh, A. Trifonov* – Development of technology of early detection of changes in the socio-economic and political conditions for public administration .....68

**О.Ю. Лепихина, А.Ю. Богданова** – Разработка модели базы данных информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "Городское Управление Инвентаризации и Оценки Недвижимости"  
*O. Lepikhina, A. Bogdanova* – Development of the information system of ensuring activities of the state unitary enterprise database model "municipal government of inventory and assessment of real estate" of St. Petersburg .....71

**Е.А. Макарова, Э.Р. Габдуллина, Е.Ш. Закиева** – Регрессионный и кластерный анализ региональных производственных процессов  
*E. Makarova, E. Gabdullina, E. Zakieva* – Regression and cluster analysis of regional productions .....78

**С.А. Олейникова, О.Я. Кравец** – Структура программного комплекса для оптимизации функционирования сложных обслуживающих систем со стохастическими параметрами  
*S. Oleinikova, O. Kravets* – The structure of the software complex to optimize the functioning of complex service systems with stochastic parameters .....84

**Я.А. Ромашевская, И.А. Степановская** – Стратегическое управление природоохранной деятельностью посредством реализации информационно-коммуникационной системы экологического аудита на основе методов анализа сингулярного спектра и интросубъектного анализа  
*Y. Romashevskaya, I. Stepanovskaya* – Strategic environmental management using the implementation of information and communication system of environmental audit based on singular spectrum analysis and intersubjective analysis .....90



**Г.В. Сироткин** – Система интегральной оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности ВУЗ-а  
*G. Sirotkin* – The system of integral evaluation (rating) of quality of education and efficiency of University activity .....99

**Г.В. Сироткин** – Методика расчета величины качества образования ВУЗ-а  
*G. Sirotkin* – The method for estimating relative magnitude the education quality of the University .....116

**Ю.В. Штефан, И.А. Докучаев, М.И. Полтавский** – Проблемы контроля качества строительных конструкций при экспертизе объектов газораспределения и газопотребления  
*J. Shtefan, I. Dokuchaev, M. Poltavskiy* – Problems of quality control of building structures in the examination of gas distribution and gas facilities .....123

#### КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

**В.Д. Архипов, А.В. Архипов, В.Я. Архипов** – Обезболивание зубов нижней челюсти с учетом индивидуальных особенностей строения челюстно-лицевой области  
*V. Arkhipov, A. Arkhipov, V. Arkhipov* – Anesthesia mandibular teeth taking into account individual features of the structure of the maxillofacial region .....127

**Р.Р. Бериханова, И.А. Миненко** – Тиреоидный статус женщин с метаболическим синдромом на фоне негормональной коррекции климактерических расстройств  
*R. Berihanova, I. Minenko* – The thyroid status of women with metabolic syndrome during non-hormonal treatment of climacteric disorders .....130

**И.А. Бутюгин, И.И. Долгушин** – Оценка эффективности применения иммуномодулирующих препаратов в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита  
*I. Butyugin, I. Dalgushin* – The estimation of immunostimulated agents application efficiency in the complex treatment of chronic generalized parodontitis .....133

**М.В. Жучков, Н.П. Ермошина, Д.Р. Ракита, М.А. Тарасова** – Онихомикоз и бронхиальная астма: анатомия взаимоотношений  
*M. Zhuchkov, N. Yermoshina, D. Rakita, M. Tarasova* – Onychomycosis and bronchial asthma: anatomy of relationships .....140

**Т.Г. Котова, А.В. Гурин** – Новейшие исследования в области криохирургии новообразований лёгких  
*T. Kotova, A. Gurin* – The latest researching in the field of cryosurgery of tumors of the lungs .....145

**А.Ш. Магомедова, Н.С.-М. Омаров** – Перинатальные аспекты близкородственных браков  
*A. Magomedova, N. Omarov* – Perinatal aspects closely related marriage .....148

**В.Л. Рыжков, Д.М. Батухтин, Н.Н. Митракова, Р.Р. Фурина, М.О. Гремякина, Е.А. Голодюк, С.Н. Юрьева** – Метод дифференциации метапластических изменений желудка на основе количественного анализа эндоскопических узкоспектральных изображений слизистой оболочки  
*V. Ryzhkov, D. Batukhtin, N. Mitrakova, R. Furina, M. Gremyagina, E. Goloduk, S. Yuryeva* – Differentiation method of a stomach meta-plastic changes on the basis of the quantitative analysis endoscopic the narrowband mucous membrane images .....157

#### ИНФОРМАЦИЯ

Наши Авторы / Our Authors .....164  
 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....166

# CONTENTS

№ 12 2015 (декабрь)

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ СПИННЫХ ЛЕВЫХ И ПРАВЫХ МИКРО- И МАКРОМЕРОВ ЗАРОДЫШЕЙ ГРЕБЕНЧАТОГО ТРИТОНА TRITURUS CRISTATUS LAUR В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МАГНИТНЫХ УСЛОВИЯХ

Гассиева Валентина Васильевна  
Соискатель  
СОГУ им. К.Л.Хетагурова

## THE VARIABILITY OF THE SPINAL LEFT AND RIGHT MICRO- AND MACROMERE OF TRITURUS CRISTATUS LAUR EMBRYO IN NATIONAL AND ARTIFICIAL MAGNETIC CONDITIONS

V. Gassieva

### Annotation

The article deals with the effect of different magnetic fields on the early embryogenesis of Triturus Cristatus Laur. Considered the vertical sizes of left and right spinal micromeres and left and right spinal macromeres in natural geomagnetic field and in artificially created magnetic conditions (hypomagnetic field, vertical constant magnetic field) have been considered. The first division of blastomeres and their morphometry on the stage of the third division of fragmentation of caudate amphibians have not been studied enough in comparison with tailless amphibians. Modern studies of amphibians' cell – division morphology are an extension of classical studies and are aimed not only on identifying blastomeres symmetrical relations, but also at study of individual blastomeres descendants' fate. Their morphological variability has been examined in artificially modified magnetic conditions compared with the magnetic field of the Earth. Despite two hundred year history of magnetobiological research, this field of knowledge in its development does not correspond to the theoretical and practical significance of the issue. This is probably explained by the fact that, despite extensive material about effects of magnetic fields of different nature on live systems, primary mechanisms of their action are not investigated. Of great interest is the influence of magnetic fields on cell division in embryonic development. Morphological research, including the study of morphogenesis of early development, are fundamental, because the variability of the morphology of embryo blastomeres lays in the basis of the variability of future tissues, organs, organ systems, and finally, biodiversity of mature organisms. The influence of the magnetic environment on the early embryo development of caudate amphibians, in addition to fundamental importance, indicate that the magnetic environment and its variability are effective environmental factor.

**Keywords:** The degree of variability, blastomere, the left and right spinal micromere, the left and right spinal macromere, triturus cristatus laur, biodiversity, geomagnetic, hypomagnetic and rotation of the embryos in vertical constant magnetic field.

### Аннотация

Классические исследования процесса дробления земноводных имеет продолжение в современной науке. Современные опыты направлены на выявление симметричных отношений blastomeres и выяснение судьбы потомков отдельных blastomeres. С целью изучения морфологической изменчивости последних исследования проводились в искусственно измененных магнитных условиях по сравнению с геомагнитным полем Земли.

Хотя магнитобиологическим исследованиям около двухсот лет, по своему развитию эта область знания отстает от теоретической и практической значимости вопроса. Причиной этому, вопреки обширному материалу о влиянии магнитных полей различной природы на живые системы, является то, что недостаточно исследованы первичные механизмы их действия. Большой научный интерес представляет воздействие магнитных полей на деление клеток в эмбриональном развитии. Морфологические исследования, в том числе исследования морфогенеза раннего развития, являются фундаментальными для науки, потому что изменчивость морфологии blastomeres зародышей лежит в основе изменчивости будущих тканей, организмов, систем органов и био-разнообразия зрелых организмов.

Первые деления blastomeres и их морфометрия на стадии третьего деления дробления у хвостатых амфибий по сравнению с бесхвостыми изучены недостаточно, поэтому в данной работе исследовано влияние различных магнитных полей на ранний эмбриогенез гребенчатого тритона. Рассмотрены вертикальные размеры спинных левых и правых микро – и макромеров в естественной геомагнитной среде и в искусственных магнитных условиях (в гипомангнитном поле, при вращении эмбрионов в постоянном магнитном поле).

### Ключевые слова:

Степень вариации, blastomere, спинные левый и правый микромеры, спинные левый и правый макромеры, биоразнообразие, гребенчатый тритон, геомагнитный, гипомангнитный, вращение эмбрионов в вертикальном постоянном магнитном поле.

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение изменчивости морфологии ранних blasto-

меров, в частности их высоты, дает представление об их морфофункциональной изменчивости.



На основании изменчивости вертикальных размеров blastomeres, можно судить о том, что изменчивость структуры цитоплазмы приводит к асимметричному делению клеток, являющуюся причиной того, дочерние blastomeres могут оказаться разными по морфологии: разноразмерными и функционально различными [Б.Албертс и др., 1987].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ состояла в исследовании биоразнообразия хвостатых амфибий на ранних стадиях эмбрионального развития в естественных геомагнитных и искусственно измененных магнитных условиях. В качестве объектов исследования были выбраны эмбрионы гребенчатого тритона, развивавшиеся в естественном, гипомагнитном и при вращении эмбрионов в постоянном магнитном полях. В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

1. исследовать изменчивость морфологических признаков восьмиклеточных зародышей гребенчатого тритона в естественных и искусственно измененных магнитных условиях;

2. дать оценку влияния искусственно полученных магнитных полей как одного из экологических факторов на степень устойчивости естественного биоразнообразия у эмбрионов гребенчатого тритона.

#### Материал и методы исследования

Весь исследованный эмбриологический материал был получен в лаборатории. Для этого отловленная в природных водоемах в период сезона размножения пара тритонов (самка с самцом) содержалась в трехлитровой банке в отстоявшейся водопроводной воде, где они возобновили икрометание, прерванное по причине отлова и транспортировки их в лабораторию. Икринки откладывались на дно сосуда. Оттуда их на стадии зиготы перенесли в четыре чашки Петри с отстоявшейся водопроводной водой. Три чашки поместили в искусственно измененные геомагнитные условия, а одну оставили в качестве контроля в магнитных условиях Земли. В этих условиях зародыши развивались до третьей борозды дробления включительно. После чего они фиксировались в 10% растворе формалина в течение 7 – 10 суток. По истечении этого срока эмбрионы подвергались морфометрии под микроскопом МБС – 9. Всего было исследовано 102 зародыша гребенчатого тритона.

*Изменения магнитных условий в опытах достигла следующим образом:*

1. Гипомагнитные условия (гипомагнитное поле, ГпМП или ослабленное геомагнитное поле) созданы в деревянном контейнере, обложенном со всех сторон полосоками из низкоуглеродистой электротехнической стали марки [М – 350] толщиной 0,35 см. Размеры контейнера 20,5 × 17 × 9 см. Снаружи контейнер покрыт оболочкой из листовой меди, предназначенной для экранирования от электромагнитных полей.

2. чашка Петри с икринками ставилась на вращающуюся в горизонтальной плоскости платформу с частотой вращения 12 оборотов в минуту, где развивавшиеся зародыши оказывались в условиях постоянного магнитного поля, благодаря расположению постоянных магнитов относительно друг друга вертикально на расстоянии 9 см – это вращение в вертикальном постоянном магнитном поле (в – е. в ПМП).

После фиксации в 10% растворе формалина зародыши подвергались морфометрии, а полученные данные обрабатывались с помощью статистической программы "Stadia".

#### Результаты исследований и их обсуждение

Вертикальные размеры спинных левых микромеров у эмбрионов гребенчатого тритона, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле изменчивы в слабой степени ( $C_v=10,57\%$ ). Распределение частот значений рассматриваемого признака отличается от статистически нормального. В этих условиях, в соответствии с критериями сдвига положения выборок Вилкоксона ( $W=937,5$ ,  $P<0,001$ ) и Ван – дер – Вардена ( $X=-11,95$ ,  $P<0,01$ ) установлены достоверные различия в распределении медиан спинных левых микромеров с контрольными эмбрионами. В то же время, достоверных различий по критериям Ансари – Бредли и Клотца в широте варьирования спинных левых микромеров у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле и зародышей из геомагнитной среды не обнаружено. В соответствии с интегральным критерием Колмогорова – Смирнова ( $K - S=0,6176$ ,  $P<0,001$ ) установлены достоверные различия в распределении частот высот спинных левых микромеров у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле с контрольными зародышами (табл. 1).

В гипомагнитном поле данные blastomeres вариabельны в средней степени ( $C_v=13,83\%$ ). Распределение частот значений спинных левых микромера соответствует статистически нормальному. В соответствии с критериями Фишера и Стьюдента достоверных различия между значениями выборочных дисперсий и средних арифметических величин спинных левых микромеров у зародышей из гипомагнитного и геомагнитного условий не установлено (табл. 2).

Размеры высот спинных правых микромеров варьируют в средней степени у вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле зародышей ( $C_v=11,75\%$ ).

Распределение частот значений рассматриваемого признака отличается от статистически нормального. Установлены достоверные различия между контрольными и опытными зародышами в распределении медиан спинных правых микромеров по критериям сдвига положения Вилкоксона ( $W=940$ ,  $P<0,01$ ) и Ван – дер – Вардена ( $X=-11,74$ ,  $P<0,01$ ). Достоверных различий в масштабе варьирования спинных правых микромеров в соответствии

с критериями Ансари – Бредли и Клотца у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле и контрольных зародышей не обнаружено. В соответствии с интегральным критерием Колмогорова–Смирнова [K. - C.=0,6176, P<0,001] установлены достоверные различия в распределении высот спинных правых микромеров у эмбрионов в указанном магнитном поле и зародышей из геомагнитной среды (табл. 1).

Статистические сравнения вертикальных размеров blastomeres зародышей гребенчатого тритона, развивавшихся в норме и гипермагнитных условиях (опыт 3). РЮО, г. Цхинвал, 2010.

В гипомагнитном поле размеры этих blastomeres изменчивы в средней степени (Cv=14,58%). Распределение частот значений спинных правых микромеров соответствует статистически нормальному. В соответствии с критериями Фишера и Стьюдента достоверных различий между значениями выборочных дисперсий и средних арифметических величин спинных правых микромеров у зародышей из гипомагнитного и геомагнитного условий не установлено (табл. 2).

Статистические сравнения вертикальных размеров blastomeres зародышей гребенчатого тритона, разви-

вавшихся в норме и гипомагнитных условиях (опыт 4). РЮО, г. Цхинвал, 2010.

У эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле размеры спинных левых макромеров варьируют в слабой степени (Cv= 7,48%). Распределение частот значений рассматриваемого признака отличается от статистически нормального. В соответствии с критериями Вилкоксона и Ван – дер – Вардена, а также Ансари – Бредли и Клотца достоверных

различий в распределении медиан и в широте варьирования спинных левых макромеров у зародышей, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле и зародышей из геомагнитного поля не установлено. Установлены достоверные различия в распределении частот вертикальных размеров спинных левых макромеров у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле с зародышами из геомагнитной среды в соответствии с интегральным критерием Колмогорова – Смирнова [K. - C.=0,5, P<0,001] (таблица 1).

Размеры высот этих же blastomeres в гипомагнитном поле изменчивы в слабой степени (Cv=6,43%). Распределение частот значений рассматриваемого признака отличается от статистически нормального. Установлены

Таблица 1.

Сравниваемые пары blastomeres	Критерий Фишера	Критерий Стьюдента	Критерий Сдвига (положения)		Критерий масштаба (рассеяния)		Интегральный критерий Колмогорова - Смирнова
			Критерий Вилкоксона	Критерий Ван - дер - Вардена	Критерий Ансари- Бредли	Критерий Клотца	
Спинные левые микромеры			W=937,5 P<0,001	X= - 11,95 P<0,01	Za=541,5 P>0,05	K=27,9 P>0,05	K.-C.= 0,6176 P<0,001
Спинные правые микромеры			W=940 P<0,01	X= - 11,74 P<0,01	Za=555 P>0,05	K=27,67 P>0,05	K.-C.= 0,6176 P<0,001
Спинные левые макромеры			W=1063 P>0,05	X= - 5,951 P>0,05	Za=546,5 P>0,05	K=33,57 P>0,05	K.-C.=0,5 P<0,001
Спинные правые макромеры			W=1048 P>0,05	X= - 6,7 P<0,05	Za=553 P>0,05	K=32,26 P>0,05	K.-C.= 0,5 P<0,001

Таблица 2.

Сравниваемые пары blastomeres	Критерий Фишера	Критерий Стьюдента	Критерий Сдвига (положения)		Критерий масштаба (рассеяния)		Интегральный критерий Колмогорова - Смирнова
			Критерий Вилкоксона	Критерий Ван - дер - Вардена	Критерий Ансари- Бредли	Критерий Клотца	
Спинные левые микромеры	F=0,8446 P>0,05	T=1,67 P>0,05					
Спинные правые микромеры	F=0,7531 P>0,05	T=1,64 P>0,05					
Спинные левые макромеры			W=543,5 P<0,05	X= - 6,084 P<0,05	Za=327,5 P>0,05	K=18,89 P>0,05	K.-C.= 0,52 P<0,01
Спинные правые макромеры			W=537,5 P<0,05	X= - 6,47 P<0,05	Za=333,5 P>0,05	K=18,37 P>0,05	K.-C.= 0,52 P<0,01

достоверные различия в соответствии с критериями сдвига положения выборок Вилкоксона ( $W=543,5$ ,  $P<0,05$ ) и Ван – дер – Вардена ( $X= - 6,084$ ,  $P<0,05$ ) в распределении медиан спинных левых макромеров у зародышей из геомагнитной среды с таковыми у контрольных зародышей. Достоверных различий в соответствии с критериями Ансари – Бредли и Клотца в широте варьирования спинных левых макромеров у зародышей из гипомагнитного и геомагнитного полей не установлено. В соответствии с интегральным критерием Колмогорова – Смирнова ( $K - C.=0,52$ ,  $P<0,01$ ) установлены достоверные различия в распределении частот спинных левых макромеров у эмбрионов из гипомагнитного и геомагнитного условий (таблица 2).

У зародышей, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле, вертикальные размеры спинных правых макромеров варьируют в слабой степени ( $C?=7,88\%$ ). Распределение частот значений рассматриваемого признака отличается от статистически нормального. В указанных условиях установлены достоверные различия в соответствии с критерием Ван – дер – Вардена ( $X= - 6,7$ ,  $P<0,05$ ), но нет различий по критерию Вилкоксона в распределении медиан спинных правых макромеров у контрольных и опытных зародышей. Не установлено достоверных различий в соответствии с критериями

Ансари – Бредли и Клотца в широте варьирования спинных правых макромеров у зародышей из данных условий в сравнении с контрольными эмбрионами. В соответствии с интегральным критерием Колмогорова – Смирнова ( $K - C.=0,5$ ,  $P<0,001$ ) установлены достоверные различия в распределении частот высот спинных правых макромеров у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле с зародышами из геомагнитной среды (табл. 1).

Размеры высот этих же blastomeres в гипомагнитном поле изменчивы в слабой степени ( $C?=6,7\%$ ). Распределение частот значений спинных правых макромеров отличается от статистически нормального. В этих условиях в соответствии с критериями различия в сдвиге положения выборок Вилкоксона ( $W=537,5$ ,  $P<0,05$ ) и Ван – дер – Вардена ( $X= - 6,47$ ,  $P<0,05$ ) установлены достоверные различия в распределении медиан спинных правых макромеров у зародышей из гипомагнитного и геомагнитного полей. Достоверных различий в соответствии с критериями Ансари – Бредли и Клотца в широте варьирования спинных правых макромеров у эмбрионов из гипомаг-

нитной среды в сравнении с контрольными зародышами не установлено. В соответствии с интегральным критерием Колмогорова – Смирнова ( $K - C.=0,52$ ,  $P<0,01$ ) установлены достоверные различия в распределении частот вертикальных размеров спинных правых макромеров у зародышей из гипомагнитного и геомагнитного условий (таблица 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средней степени вариации подвержен спинной правый микромер в геомагнитном, вертикальном постоянном магнитном и гипомагнитном условиях, спинной левый микромер вариабелен в средней степени у контрольных зародышей и зародышей из гипомагнитного поля, а у зародышей, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле данный blastomer вариабелен в слабой степени. Согласно данным статистических сравнений в соответствии с критериями различия сдвига положений выборок Вилкоксона, Ван – дер – Вардена и Колмогорова – Смирнова установлены достоверные различия в распределении центральных тенденций (медиан) спинных левых и правых микромеров у эмбрионов, вращавшихся в вертикальном постоянном магнитном поле. Также в гипомагнитной среде установлены достоверные различия в распределении медиан спинных левых и правых макромеров по критериям различия сдвига положений выборок Вилкоксона, Ван – дер – Вардена и Колмогорова – Смирнова. Таким образом: влияние вертикального постоянного магнитного поля на развитие зародышей гребенчатого тритона стабилизирует вертикальные размеры спинных левых микромеров. Перечисленные blastomeres разноразмерны и функционально различны (Албертс Б., и др., 1987).

Из сказанного следует, что искусственные магнитные условия усиливают изменчивость процесса дробления зародышей гребенчатого тритона путем дестабилизации вертикальных размеров спинных левых и правых микромеров в геомагнитном и гипомагнитном полях. Изменчивость и абсолютные размеры дочерних микромеров и макромеров взаимосвязаны, причем изменчивость их одинаковая, а относительные размеры могут быть разными. То есть изменчивость дробления является механизмом создания и сохранения внутрисибсового и внутривидового биологического разнообразия (разнокачественности особей), большая часть которой регулируется на последующих стадиях онтогенеза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. Изд-во "Мир", 1987. том 3, стр.296.
2. Калабеков А.Л., Доева А.Н. Регуляторы механизма межклеточных взаимодействий. Владикавказ "Ир", 1993.
3. Кулаичев А.П. Методы и средства анализа данных в среде Windows Stadia. М., Информатика и компьютеры, 2002, 341с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., Высшая школа, 1990, 352 с.

# АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ МЕЖДУ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫМИ ПРИЗНАКАМИ РОМАНОВСКИХ ОВЕЦ И ISSR-PCR МАРКЕРАМИ

## ANALYSIS OF ASSOCIATIONS BETWEEN ECONOMIC USEFUL TRAITS OF ROMANOV SHEEP AND ISSR-PCR MARKERS

*L. Nesteruk  
N. Makarova  
G. Svishcheva  
Yu. Stolpovsky*

### Annotation

The article presents the results of the analysis of association between the economic useful traits and ISSR-PCR markers of Romanov sheep breed. For the first time, the impact of the genetic structure represented by anonymous sequences flanked by inverted repeats of microsatellite loci on the variability of phenotypic traits is found. Using F-test, reliable relationship with several ISSR-PCR markers was determined for 9 traits of productivity. In addition, correlations between of selected economic useful traits and the influence of factors such as sex, population origin and breeding line were studied. Using the method of Pearson's correlation coefficient, significant correlation between productivity characters (live weight, wool yield, wool density, average fertility and others) is identified.

**Keywords:** Romanov breed, ISSR-PCR, sheep genetics, genetic structure, economic useful traits, F-test, Pearson's test.

*Нестерук Любовь Викторовна  
Н.с., ФГБУН Институт общей генетики  
им. Н.И. Вавилова РАН, Москва  
Макарова Наталья Николаевна  
Директор по животноводству  
ООО "АгриВолга", Углич  
Свищева Гульнара Рустамовна  
К.б.н., с.н.с., ФГБУН  
Институт общей генетики  
им. Н.И. Вавилова РАН, Москва  
Столповский Юрий Анатольевич  
Д.б.н., зав. лаборатории  
сравнительной генетики животных,  
ФГБУН Институт общей генетики  
им. Н.И. Вавилова РАН, Москва*

### Аннотация

Выполнен анализ ассоциаций между хозяйственно-полезными признаками и ISSR-PCR маркерами у романовской породы овец. Впервые установлено влияние генетической структуры, представленной анонимными последовательностями, фланкированными инвертированными повторами микросателлитных локусов, на изменчивость фенотипических признаков. С помощью критерия Фишера были выявлены достоверные ассоциации с несколькими ISSR-PCR маркерами для 9 признаков продуктивности. Кроме того, были изучены корреляционные связи между селекционируемыми хозяйственно-полезными признаками и влияние таких факторов как пол, популяционная принадлежность и заводская линия. С использованием метода Пирсона выявлена достоверная высокая взаимосвязь между признаками продуктивности (живая масса, настриг шерсти, густота шерсти, средняя плодовитость и другие).

### Ключевые слова:

Романовская порода, ISSR-PCR, генетика овец, генетическая структура, хозяйственно-полезные признаки, критерий Фишера, тест корреляции Пирсона.

## ВВЕДЕНИЕ

Романовская порода овец – это уникальная отечественная порода. Она относится к грубошерстным породам шубного направления продуктивности и сочетает в себе ряд ценных продуктивных качеств, таких как высокая плодовитость, великолепное качество овчины и скороспелость. Романовские овцы всегда были и остаются гордостью российского животноводства.

Стремления повысить продуктивность сельскохозяйственных животных существовали всегда. Селекционно-племенная работа направлена на отбор фенотипических признаков, характеризующих продуктивность, жизнеспособность и экстерьер. В дополнение к традиционной селекционной работе по количественным признакам необходимо познание наследственной основы их продуктивности. В последние десятилетия произошло стремительное развитие молекулярно-генетических методов по

выявлению и оценки ДНК полиморфизма. Использование ДНК-макеров в селекционном процессе позволяет успешно решать ряд задач, связанных с отбором и подбором, воспроизводством необходимых генотипов, выявлением хозяйственно-ценных и породоспецифических ассоциаций генов, сохранением генофондов животных и т.д. Информация на молекулярном уровне поможет оценить потенциальную продуктивность животных и повысить точность селекции, а следовательно и селективный ответ (Ерохин, Ерохин, 2004; Абонеев и др., 2006; Глазко и др., 2014; Марзанов и др., 2012). Поиск данных маркеров и построение на их основе генных карт уже привели к существенным положительным результатам по некоторым видам сельскохозяйственных животных. Так например, для крупного рогатого скота и свиньи достигнуто значительное насыщение генных карт маркерными локусами (Глазко, Глазко, 2001; Юдин, Воевода, 2015). Однако генная карта овцы исследована в меньшей степени и требует дальнейших насыщения, доработок и изучения взаимосвязи "фенотип-генотип". В настоящее время по программе международного консорциума секвенированы геномы двух особей породы тексель, но продолжается работа по улучшению текущей сборки и ее аннотации (Jiang et al., 2014; <http://www.sheepmap.org/>).

В многочисленных работах отечественных ученых, в том числе и по романовской породе, изучалось влияние различных факторов на фенотип и генотип животных и исследовалась взаимосвязь этих признаков между собой, в результате чего установлено, что изменчивость одного из селекционных признаков зависит от изменчивости других признаков (Арсеньев, Арсеньева, 1976; Арсеньев, 1989; Ерохин, 2000; 2005; Эрнст, Зиновьева, 2008; Канева и др., 2013). Таким образом, чтобы разрабатывать эффективные методы селекции необходимы знания о взаимосвязи между хозяйственно-полезными признаками, то есть умелое использование закона соотносительной (коррелятивной) изменчивости.

С учетом современного состояния генофонда романовской овцы, ее уникальных качеств и относительно небольшой численности (64.9 тыс. голов на конец 2013 г.

(Фураева и др., 2015; Ежегодник по племенной работе ..., 2014)) разработка генетико-селекционных программ по ее сохранению и совершенствованию остается весьма актуальной задачей (Москаленко и др., 2014). Для достижения этой цели необходима комплексная оценка генетического потенциала и внедрение новых методологий селекционной работы по совершенствованию изучаемой породы.

Ранее с использованием ISSR-фингерпринтинга нами была исследована генетическая структура генофонда романовской породы овец из хозяйств Ярославской области с помощью двух динуклеотидных праймеров ((AG)<sub>9</sub>C и (GA)<sub>9</sub>C) (Столповский и др., 2008; Макарова и др., 2013).

Целью данного исследования являются анализ влияния выявленной генетической структуры (AG- и GA-ISSR-маркеры) на изменчивость хозяйственно-полезных признаков романовских овец и оценка взаимосвязи анализируемых признаков продуктивности овец романовской породы.

#### Материалы и методы

Исследование выполняли на объединенной выборке романовских овец из 5 ведущих племенных и генофондных хозяйств Угличского района Ярославской области (табл. 1). Материалом послужили данные индивидуальных карточек, бонитировок и продуктивности, предоставленные из компьютерных баз данных хозяйств. В анализ вошли данные по 268 особям, которые были измерены по всем исследуемым фенотипическим признакам.

Для обнаружения ассоциаций между хозяйственно-полезными признаками и генетическими маркерами использовали критерий Фишера, основанный на F-статистике. Для проверки значимости устанавливали нулевую гипотезу ( $H_0: \gamma=0$ , эффект генотипов равен 0) против альтернативной ( $H_1: \gamma \neq 0$ ). Для отклонения или принятия гипотез вычисленные p-значения сравнивали с номинальным значением 0.05.

Таблица 1.

Исследованные популяции романовской породы овец

Популяция	Объем выборки, гол.	Место отбора проб
Авангард	78	ООО "Агрофирма Авангард"
Земледелец	30	ООО "Агрофирма Земледелец"
Дружба	39	ООО "Дружба"
Заречье	98	ООО "Заречье"
Красный Перекоп	23	ООО "Красный Перекоп"

Все анализируемые показатели были условно разделены на основные признаки и ковариаты. В качестве основных признаков были взяты 11 хозяйственно-полезных признаков: "живая масса" (кг), "настриг шерсти" (кг/год), "уравненность шерсти", "густота шерсти", "соотношение ости и пуха (по количеству)", "оброслость брюха", "комплексный класс", "соотношение ости и пуха (по длине)", "средняя плодовитость", "максимальное число ягнят (за один окот)" и "наличие мертворожденных (м/р) ягнят", а в качестве ковариат – показатели, неменяющиеся во времени: "пол", "популяционная принадлежность", "заводская линия" и "тип рождения". Все основные признаки были поправлены на ковариаты.

Генетические маркеры представлены ISSR-PCR маркерами – анонимными последовательностями, фланкированными инвертированными повторами микросателлитных локусов (по 38 локусов по праймерам (AG)<sub>9</sub>C и (GA)<sub>9</sub>C).

В качестве модели наследования каждого изучаемого признака использовали регрессионную линейную модель фиксированных эффектов, с помощью которой осуществляется поиск ассоциаций между *i*-ым признаком и *j*-ым локусом:

$$y_i = X\alpha + G_j\beta + g_j\gamma + e$$

где

$y_i$  - ( $n \times 1$ ) вектор значений *i*-ого признака;

$n$  – число особей ( $n=268$ );

$X$  - ( $n \times c$ ) матрица ковариат;

$c$  – число ковариат ( $c=5$ );

$\alpha$  - ( $c \times 1$ ) вектор регрессионных коэффициентов, показывающий эффект с ковариат;

$G_j$  - ( $n \times (m-1)$ ) матрица генотипов  $m-1$  локусов ( $m=76$ ), исключая *j*-ый локус;

$\beta$  - ( $m \times 1$ ) вектор регрессионных коэффициентов, показывающий эффект генотипов  $m-1$  локусов;

$g_j$  - ( $n \times 1$ ) вектор генотипов *j*-ого локуса,  $\gamma$  – эффект генотипов *j*-ого локуса;

$e$  - ( $n \times 1$ ) вектор случайных эффектов, обусловленных внешней средой.

Предполагается, что каждый анализируемый признак  $y_i$  распределен мультиномально с вектором математических ожиданий и ковариационной матрицей соответственно:

$$E(y_i) = X\alpha + G_j\beta + g_j\gamma$$

$$Cov(y_i) = \sigma^2 I$$

где

$I$  – единичная матрица (диагональные элементы равны 1, а недиагональные – 0) и  $\sigma^2$  – общая дисперсия признака.

Корреляционную связь между пятнадцатью анализируемыми признаками вычисляли параметрическим методом Пирсона. Для оценки достоверности отличия коэффициента корреляции от нуля вычисляли *p*-значения теста корреляции Пирсона. Для анализируемых показателей "пол", "популяционная принадлежность", "заводская линия" в силу их категориальных значений не оценивалось направление корреляционной связи.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Microsoft Excel и специально разработанных программ в среде R (<http://www.R-project.org/>).

## Результаты и обсуждение

В настоящем исследовании выявленный ранее полиморфизм по AG- и GA-ISSR-фрагментам рассматривается как фактор влияния генетической структуры на продуктивные качества овец романовской породы. Для 268 животных романовской породы выполнен поиск возможных ассоциаций данных по генетическому полиморфизму с результатами бонитировок из баз данных исследуемых хозяйств.

Анализ был осуществлен с помощью построения модели наследования признака как регрессионной линейной модели и применения критерия Фишера. Достоверная взаимосвязь с генетическими маркерами была определена для 9 признаков продуктивности (табл. 2). Данные признаки представлены в основном показателями, характеризующими шубные качества романовских овец и плодовитость. Шесть признаков связаны с двумя и более ISSR-PCR маркерами. Например, с признаками "настриг шерсти" и "число мертворожденных ягнят" достоверно ассоциированы по пять ISSR-PCR маркеров (табл.2).

Для некоторых ISSR-PCR маркеров установлена связь с несколькими фенотипическими признаками. Так, например, для фрагмента A6 определена достоверная взаимосвязь с показателями воспроизводства (средняя плодовитость и наличие мертворожденных ягнят), для фрагмента G28 – с признаками шерстной продуктивности (настриг шерсти и соотношение ости и пуха (по количеству)), а фрагмент A12 достоверно ассоциирован наряду с признаками шерстной продуктивности (настриг шерсти и соотношение ости и пуха (по количеству)) с показателем "максимальное число ягнят", также как и G36 наряду с признаком "густота шерсти" связан с показателем воспроизводства "наличие мертворожденных ягнят". Объяснить данные факты можно, предположив существование плейотропного эффекта или ассоциаций генов, влияющих на фенотипическое проявление данных признаков. При плейотропном действии имеет место полная коррелятивная связь признаков между собой (Дубинин, 1986). В наших примерах мы наблюдаем данную связь только между признаками, связанными с фраг-

Таблица 1.

Достоверные ассоциации между признаками продуктивности романовских овец и генетическими локусами (значения  $p < 0.05$ )

Признак	ISSR-PCR маркеры ( $p$ -значения)
Настриг шерсти	A12 (0.0029), A29 (0.0156), A32 (0.0047), G12 (0.0177), G28 (0.0300)
Уравненность шерсти	A34 (0.0283?10-5), G29 (0.0397)
Густота шерсти	A34 (0.0073), A36 (0.0392), G36 (0.0034)
Соотношение ости и пуха (по количеству)	A12 (0.0264), G3 (0.0385), G8 (0.0319), G28 (0.0363)
Оброслость брюха	A23 (0.0214)
Комплексный класс	A24 (0.0225), A31 (0.0307)
Средняя плодовитость	A6 (0.0329)
Максимальное число ягнят	A12 (0.0462)
Наличие мертворожденных ягнят	A6 (0.0057), A21 (0.0049), A30 (0.0470), G27 (0.0292), G36 (0.0005)

\* Примечание. В скобках указаны вычисленные  $p$ -значения.

ментами A6 и G36. В случае, когда "ген одновременно вызывает и полезные и вредные для особи признаки, перед селекционерами, желающими использовать данный полезный признак и ликвидировать вредный, встают очень трудные задачи" (Дубинин, 1986). В нашей работе фрагмент G36 является подобным примером, но "полезный" признак (густота шерсти) и "вредный" признак (наличие мертворожденных ягнят) имеют слабую отрицательную корреляцию (см. табл. 3). Таким образом знание направления корреляционной связи, вероятно, облегчит селекционную работу по данному комплексу признаков, дав возможность в полной мере использовать "полезный" признак, одновременно уменьшая действие "вредного" признака.

Полученные данные являются результатом одного из первых этапов настоящего исследования генетической природы изменчивости хозяйственно-полезных признаков романовских овец. Следующим этапом работы является локализация в геноме ISSR-фрагментов, для которых была установлена достоверная ассоциация с признаками продуктивности, а также дальнейшие исследования по изучению природы влияния отдельных ISSR-фрагментов на хозяйственно-полезные признаки романовских овец. Полиморфизм ассоциированных генетических структур может маркировать изменчивость конкретных структурных генов, связанных напрямую с фенотипическим проявлением признака, или локусов, тесно сцепленных с ними. Таким образом, возможно выявление новых генов-кандидатов, а также в дальнейшем определение способности полиморфных вариантов ДНК в этих генах влиять на интересующий селекционеров фенотип.

В данной работе нами также была изучена взаимосвязь между 15 анализируемыми признаками романов-

ских овец с помощью параметрического метода Пирсона. Коэффициенты корреляции Пирсона  $r$  и вычисленные  $p$ -значения для теста корреляции Пирсона представлены в табл. 3. Наглядно взаимосвязь признаков представлена на рис. 1 в виде теплокарты, где степень насыщенности цвета соответствует степени сопряженности.

Для всех 15 признаков романовских овец отмечены достоверные ( $p < 0.05$ ) корреляции разной направленности и степени с одним или несколькими анализируемыми признаками. Большинство выявленных взаимосвязей подтвердили ранее известные селекционерам зависимости, например положительная корреляция живой массы с большинством хозяйственно-полезных признаков (Арсеньев, Арсеньева, 1976; Ерохин и др., 2005; Москаленко, Филинская, 2014) или положительные корреляции между показателями шубной продуктивности (настриг шерсти, густота шерсти, уравненность шерсти, соотношение ости и пуха (по количеству), соотношение ости и пуха (по длине)), а также между показателями воспроизводства (средняя плодовитость, максимальное число ягнят, наличие мертворожденных ягнят).

На признаки "настриг шерсти" (0.616) и "живая масса" (0.481) овец значительно влияет пол. Данный факт является закономерным с учетом биологии (полового диморфизма) вида *Ovis aries*. Связь признака принадлежности к популяции/хозяйству с живой массой и густотой шерсти можно предопределить как паратипический фактор (влияние внешних условий в хозяйстве) на продуктивные качества овец.

Знание направления и степени корреляции между признаками поможет решать вопросы о методах отбора и подбора родительских пар при селекции по комплексу признаков.

Таблица 3.

Корреляционные коэффициенты Пирсона между признаками (над диагональю) и их р-значения (под диагональю)

Признак	Пол	Популяция	Заводская линия	Тип рождения	Комплексный класс	Живая масса	Настриг шерсти	Уравненность шерсти	Густота шерсти	Соотношение ости и пуха (по оличеству)	Оброслость брюха	Соотношение ости и пуха (по длине)	Средняя плодовитость	Максимальное число ягнят	Наличие м/р ягнят
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1.		0.103	0.116	0.033	0.184	0.481	0.616	0.185	0.130	0.072	0.044	0.129	0.000	0.000	0.000
2.	0.094		0.068	0.070	0.060	0.292	0.112	0.143	0.236	0.055	0.017	0.024	0.084	0.067	0.126
3.	0.058	0.268		0.047	0.097	0.013	0.113	0.027	0.137	0.014	0.060	0.052	0.051	0.047	0.035
4.	0.591	0.256	0.448		0.107	-0.022	-0.039	-0.009	-0.178	-0.020	-0.106	-0.003	0.003	0.007	0.092
5.	0.002	0.328	0.114	0.081		0.053	0.138	0.192	-0.004	0.111	0.141	0.089	-0.121	-0.052	-0.032
6.	0.000	0.000	0.838	0.724	0.390		0.600	0.032	0.223	-0.007	0.044	0.025	0.080	0.088	0.026
7.	0.000	0.067	0.066	0.526	0.023	0.000		0.226	0.292	0.093	0.055	0.066	-0.020	0.001	0.005
8.	0.002	0.019	0.658	0.887	0.002	0.603	0.000		-0.078	0.329	-0.051	0.152	0.039	-0.051	0.055
9.	0.033	0.000	0.025	0.003	0.946	0.000	0.000	0.204		-0.043	0.048	-0.013	-0.066	-0.138	-0.238
10.	0.237	0.366	0.823	0.748	0.069	0.907	0.128	0.000	0.479		-0.044	0.253	-0.050	-0.085	0.059
11.	0.472	0.776	0.327	0.083	0.021	0.472	0.366	0.406	0.437	0.473		0.063	-0.010	-0.037	-0.053
12.	0.035	0.701	0.392	0.960	0.147	0.682	0.282	0.013	0.828	0.000	0.302		-0.067	-0.127	-0.133
13.	1.000	0.172	0.406	0.956	0.047	0.194	0.740	0.530	0.284	0.414	0.870	0.273		0.675	0.269
14.	1.000	0.271	0.440	0.907	0.399	0.152	0.981	0.401	0.024	0.165	0.549	0.038	0.000		0.326
15.	1.000	0.039	0.570	0.132	0.606	0.669	0.932	0.370	0.000	0.335	0.386	0.029	0.000	0.000	



Рисунок 1. Корреляционные связи между признаками романовских овец.



## ВЫВОДЫ

В данной работе на основании результатов анализа ассоциаций впервые установлено влияние генетической структуры, представленной ISSR–PCR маркерами, на изменчивость фенотипических признаков романовских овец. Достоверная взаимосвязь с одним или более ISSR–PCR маркерами была определена для 9 признаков продуктивности. Дальнейшие исследования по ISSR–фрагментам, ассоциированным с фенотипическим проявлением признаков романовских овец, может способствовать выявлению и уточнению вклада потенциальных генов–кандидатов в изменчивость количественных признаков овец.

С помощью корреляционных коэффициентов Пирсона были выявлены достоверные взаимосвязи между анализируемыми фенотипическими признаками. Большинство выявленных взаимосвязей подтвердили ранее известные селекционерам зависимости, а также влияние таких факторов как пол, популяционная принадлежность и заводская линия на селекционируемые хозяйственно–полезные признаки.

Полученные данные можно использовать на практике для оптимизации различных селекционных задач, и предлагается использовать для повышения эффективности селекционно–племенной работы при разведении автохтонных пород domestцированных видов животных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абонеев В.В., Чижова Л.Н., Геращенко Л.В. Биологическая разнокачественность молодняка овец разных пород и ее связь с энергией и составом прироста живой массы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2006. № 4. С. 71–74.
2. Арсеньев Д.Д., Арсеньева Т.В. Особенности разведения романовских овец. М.: Россельхозиздат, 1976. 79 с.
3. Арсеньев Д.Д. Пути совершенствования породных и продуктивных качеств романовских овец // Сборник научных трудов "Интенсивные технологии производства продуктов животноводства". Москва, 1989. С. 12–19.
4. Глазко В.И., Глазко Г.В. Введение в ДНК–технологии и биоинформатику. К.: Норадрук, 2001. С. 436.
5. Глазко В.И., Юлдашбаев Ю.А., Кушнир А.В., Салаев Б.К., Арилов А.Н. Традиционная и метаболомическая селекция овец: Монография. – М.: КУРС: ИНФРА–М, 2014. 560 с.
6. Дубинин Н.П. Общая генетика. М.: Наука, 1986. 559 с.
7. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2013) М.: Изд–во ВНИИплем, 2014.
8. Ерохин А.И. Значение соотносительной изменчивости признаков в селекции овец // Материалы межвузовской научно–методической конференции "Селекционные и технологические основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных". Ярославль, 2000. С. 7–13.
9. Ерохин А.И., Ерохин С.А. Овцеводство. М.: Изд–во МГУП, 2004. 480 с.
10. Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А. Романовская порода овец: состояние, совершенствование, использование генофонда. М.: ФГБУ "Росинформагротех", 2005. 329 с.
11. Канева Л.А., Жариков Я.А., Матюков В.С. Мясо–шерстное овцеводство на севере. Сыктывкар – Усть–Цильма, 2013. 378 с.
12. Макарова Н.Н., Нестерук Л.В., Столповский Ю.А., Москаленко Л.П., Николаева Е.А. Перспективы использования мультилокусных маркеров ДНК при сохранении и разведении романовской породы овец // Вестник АПК Верхневолжья. 2013. № 2 (22). С. 75–80.
13. Марзанов Н.С., Насибов М.Г., Девришов Д.А. и др. Использование генетических маркеров в разведении овец: учеб. пособие. М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2012. 116 с.
14. Москаленко Л.П., Филинская О.В., Костылев М.Н. Мониторинг состояния романовского овцеводства // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 2 (26). С. 28–34.
15. Москаленко Л.П., Филинская О.В. Селекционно–генетические параметры хозяйственно–полезных признаков романовских овец разных генеалогических групп // Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. № 2. С. 16–18.
16. Столповский Ю.А., Лапшин А.В., Кол Н.В., Сулимова Г.Е., Глазко В.И. Полиморфизм молекулярно–генетических маркеров у овец романовской породы // Известия ТСХА. 2008. № 2. С. 125–134.
17. Фураева Н.С., Хрусталева В.И., Соколова С.И., Григорян Л.Н., Марзанов Н.С. Состояние и перспективы романовского овцеводства в России // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 1. С. 6–9.
18. Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А. Биологические проблемы животноводства и XXI веке. М.: РАСХН, 2008, 508 с.
19. Юдин Н.С., Воевода М.И. Молекулярно–генетические маркеры экономически важных признаков у молочного скота // Генетика. 2015. Т. 51. № 5. С. 600–612. DOI: 10.7868/S0016675815050082
20. International Sheep Genomics Consortium. <http://www.sheepmap.org/>
21. Jiang Y., Xie M., Chen W., Talbot R. et al. The sheep genome illuminates biology of the rumen and lipid metabolism. Science. 2014;344(6188):1168–1173. DOI: 10.1126/science.1252806
22. R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>

# ЭФФЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОЙ ГИПОТЕРМИИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА У СОБАК

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-04-01746а)..

## EFFECTS OF LOCAL HYPOTHERMIA ON SPINAL CORD INJURY IN DOGS

*G. Yafarova  
E. Kadysheva  
T. Baltina*

### Annotation

The goal of this study was to estimate the influence of local hypothermia on spinal cord condition after contusion. In this study we investigated morphological and structural changes in dogs spinal cord 10 days after a spinal cord contusion with and without local hypothermia applied in acute period (20 minutes after contusion) and also in control animals (with laminectomy). Our results shown that local hypothermia in acute period after spinal cord contusion may have neuroprotective effect and prevent from development of secondary traumatic changes such as apoptosis and inflammation.

**Keywords:** Spinal cord injury, hypothermia, apoptosis, inflammation.

**Яфарова Гузель Гульусовна**

К.б.н., ассистент каф. физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ, вед. н.с. научно-исследовательского отдела, ГАУЗ "Республиканская клиническая больница МЗ РТ", Казань

**Кадышева Екатерина Юрьевна**

Аспирант каф. физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ

**Балтина Татьяна Валерьевна**

К.б.н, доцент каф. физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ, Казань

### Аннотация

Целью данного исследования было оценить влияние местной гипотермии на состояние спинного мозга после его контузии у собак. Исследовали морфологию структур спинного мозга собак на 10 сутки после контузионной травмы на фоне использования местной гипотермии в остром периоде после травмы (20 минут после контузии) и без нее, а также в контроле (ламинэктомия). Наши результаты показали, что использование местной гипотермии в остром периоде после контузии может иметь нейропротекторное действие и задерживать развитие вторичных процессов травмы: апоптоз и воспаление.

### Ключевые слова:

Травма спинного мозга, гипотермия, апоптоз, воспаление.

## ВВЕДЕНИЕ

На основе предыдущих исследований травма спинного мозга ТСМ может быть описана как четыре процесса: (1) основное механическое повреждение, характеризуется спазмом сосудов и гибелью клеток от прямого воздействия; (2) распространение травмы вследствие сосудистых инсультов, таких как кровотечение и ишемии; (3) иммунные/воспалительные реакции, характеризующиеся апоптозом, демиелинизацией выживших аксонов и иммуно-опосредованной клеточной смертью; (4) стабилизация, характеризующаяся центральной кавитацией и формированием хронического рубца [1–4]. В 1990–е годы, возобновились исследования по использованию умеренной гипотермии на животных моделях: были показаны положительные эффекты при остановке сердца [5], церебральной ишемии [6], и даже бактериального менингита [7]. Гипотермия была успешно применена в 1990 у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой

[8] и, как метода лечения для контроля травматического внутричерепной гипертензии [9]. Нами было показано, что использование локальной гипотермии предотвращает увеличение рефлекторной возбудимости мотонейронов [10]. Сегодня, гипотермия рассматривается как один из нейропротекторных методов терапии. Тем не менее, гипотермия не используется в клинике для лечения травматических повреждений спинного мозга. Нейропротекторные эффекты локальной гипотермии при травме спинного мозга не достаточно определены и должны быть изучены. Целью данного исследования было оценить влияние местной гипотермии на состояние структур спинного мозга после его контузии у собак.

## Материалы и методы исследования

### Объект исследования

В ходе экспериментов было обследовано 12 собак, беспородных, обоих полов, весом 15±5 кг, возрастом от 1

года. Все эксперименты были выполнены с соблюдением биоэтических норм и одобрены Локальным этическим комитетом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет". Содержание, питание, уход за животными и выведение их из эксперимента осуществлялись в соответствии с требованиями Приказа Министерства высшего и среднего специального образования СССР №742 от 13. 11. 1984 г., утвердившего "Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных", которые действуют по настоящее время. И Директивой Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2010г. по защите животных, используемых для научных целей (Directive 2010/63/UE on the protection of animals used of scientific purposes).

### Экспериментальные группы и протокол исследования

Под комбинированным внутримышечным наркозом с использованием "Zoletil 50" 1 мг/кг и ксилавета инъекционного 0,05 мл/кг – 0,10 мл/кг животным производили стандартную открытую контузионную спинномозговую травму на уровне первого поясничного позвонка по модифицированной методике А. R. Allen [11]. Результаты оценивали на 10 сутки после операции.

*Было выделено 4 экспериментальных группы:*

1. Животные с ламинэктомией без контузионной травмы спинного мозга (ТСМ) (n=4).
2. Животные с ламинэктомией с контузионной ТСМ (n=4).
3. Животные, получившие терапевтическое лечение в остром периоде – местная гипотермия 20 минут после ламинэктомии и нанесения контузионной ТСМ (n=4).

Использовался приготовленный хладагент, который на 20 минут помещался в декомпрессионном окне ламинэктомированного позвонка на твердую мозговую оболочку спинного мозга. Все процедуры проводились по авторской методике Тумакаева Р. Ф. [12] и подробно описанной в предыдущем исследовании [10].

### Гистологические методы

Морфологическое изучение и количественная оценка изменений структур спинного мозга производилась при помощи светового микроскопа. Были исследованы стандартные гистологические препараты на предметных силикатных стеклах, после депарафинирования и просветления, окрашенные гематоксилин–эозином, заключенные в полистерол.

### Иммуногистохимия

Фрагментацию ДНК оценивали с помощью TUNEL, с помощью коммерческого набора Click-iT® TUNEL Alexa Fluor кит, производства Invitrogen. Ткань фиксировали 4% параформальдегидом в течении 24 часов. Затем ткань помещали в 20% раствор сахарозы на фосфатном буфере (PBS). Далее с помощью вибротома получали срезы толщиной 20 мкм, которые помещали в холодильник при температуре –20°C. Окрашивание производили в соответствии с прилагаемой инструкцией. При этом преиммобилизация производилась в растворе (0,25% TritonR X–100 на PBS) в течении 20 минут при комнатной температуре. Затем срезы отмывали деионизированной водой. Для позитивного контроля часть срезов обрабатывали ДНКазой на прилагаемом буфере в течении 30 минут при комнатной температуре. Далее все срезы инкубировали 10 минут в TDT–реакционном буфере, а затем не промывая 60 минут при 37 °C в TDT–реакционном коктейле. После этого все срезы промывали 3% BSA на PBS 2 раза по 5 минут. Далее проводили Click-iT реакцию 30 минут в темноте при комнатной температуре (коктейль из реагентов, содержащих флуоресцентную метку Alexa 488, которая дает зеленое свечение). После этого срезы отмывали 3% BSA на PBS 2 раза по 15 минут. Ядра клеток (ДНК) подкрашивали раствором Hoechst 33342 в разведении 1:5,000 на PBS 15 минут в защищенном от света месте с последующей отмывкой PBS 2 раза по 15 минут. Срезы располагали на стекла и закрывали глицерином. Визуализация проводилась с помощью лазерного конфокального сканирующего микроскопа Carl Zeiss (Германия) LSM 510–Meta. Подсчитывали количество мотонейронов и глиальных клеток вступивших в апоптоз соответствующих экспериментальных групп животных.

Полученные результаты обрабатывали с помощью пакета прикладных программ "Biostat" с использованием критерия Уилкоксона при 95% уровне значимости (P<0,05).

### Результаты исследования и их обсуждение

*Гистопатологическое исследование структур спинного мозга*

К 10 суткам после спинномозговой травмы в спинном мозге наблюдали отсутствие оболочек, кровоизлияния в стадии резорбции–организации с преобладанием второго процесса, наличие клеточных запусений в сером и белом веществе. В передних рогах наблюдается неравномерное кровенаполнение, наличие геморрагических экстравазатов, смешанный отек, невротиты изменены по типу центральной тинкториальной ацидофилии, острого набухания, первичного раздражения, в промежуточных

ядрах – ишемические изменения нервных клеток.

В задних рогах – неравномерное кровенаполнение с преобладанием гиперемии, наличие лейкостазов, смешанный отек, нейроны изменены по типу острого набухания, в области дорсальных ядер – признаки тяжелых и ишемических изменений. Изменения затрагивали как область травмы, так и на 4 мм краниальнее и каудальнее места травмы.

При гистологическом исследовании образцов в группе с использованием местной гипотермии на 10 сутки выявлены локальные нарушения микрогемодинамики в виде спазма сосудов, отмечено их малокровие, набухание эндотелия, единичные плазмостазы, минимальное расширение периваскулярных пространств, изменение нервных клеток по типу первичного раздражения в виде увеличения размеров тел нейроцитов без их существенной деформации, ядра нейроцитов лишь увеличены в размерах, гипохромны, смещение ядер и ядрышек не выявлено.

Таким образом, изучение изменений структур спинного мозга в остром посттравматическом периоде показало типичность стадийных изменений в нем, а также эффективность применения 20 минутной гипотермии в остром периоде после травмы.

Количественное определение гибели клеток с использованием метода TUNEL

В группе животных, которым проводили дозированную контузию спинного мозга без последующего лечения, выявлено выше травмы  $61 \pm 5$  TUNEL-положительных мотонейрона, в месте травмы  $7 \pm 2$  TUNEL-положительных мотонейрона и  $25 \pm 10$  TUNEL-положительных глиальных клеток (рис.1).

Вокруг вступивших в апоптоз нейронов визуализируются полости. Некоторые полости заполнены скоплениями глиальных клеток. Плотные скопления глиальных клеток окружают также специфически окрашенные нейроны (рис.2А).

В сером веществе визуализируются тяжи глиальных клеток демонстрирующих специфическую реакцию на апоптоз (рис. 3А). Ниже травмы визуализировалась высокая степень дегенерации структур, морфологический анализ которых был сильно затруднен. Многочисленные апоптозные тельца идентифицируются в сером веществе (рис.3А). Вероятно это заключительная стадия апоптоза нейронов, когда дегенерировавшие нейроны фагоцитируются глиальными клетками и макрофагами. Таким образом, наблюдается картина активной гибели путем апоптоза нейронов, которая началась на более ранних сроках, о чем свидетельствуют многочисленные апоптозные тельца. В этой группе животных число TUNEL-положительных мотонейронов максимальное, по сравнению с другими экспериментальными группами.

Ламинэктомия сама по себе без контузии привела к

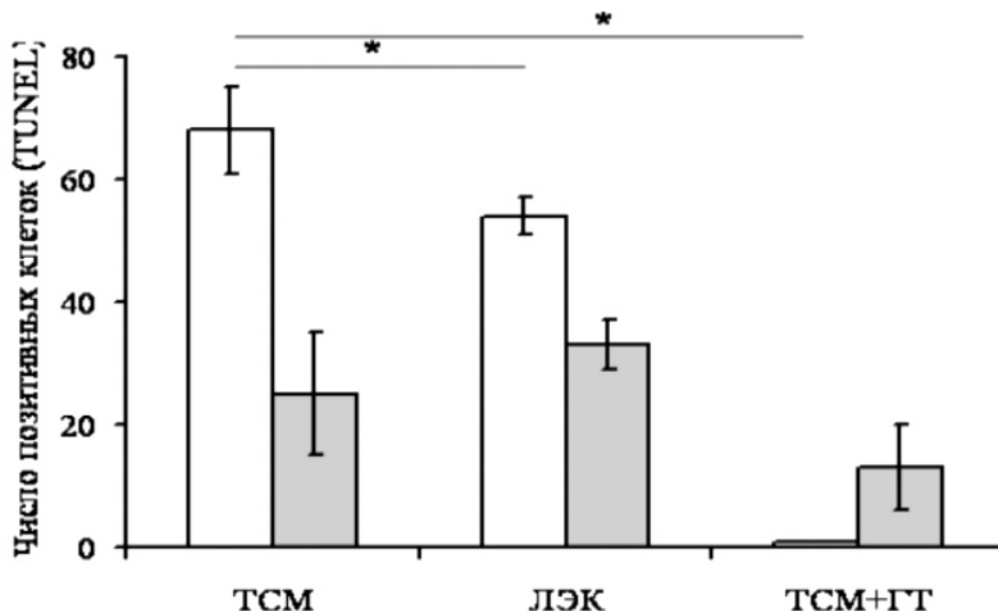


Рисунок 1. Количество TUNEL-положительных клеток в структурах спинного мозга на 10 сутки после экспериментального воздействия.

ТСМ - в группе животных с травмой спинного мозга, ЛЭК - с ламинэктомией,

ТСМ+ГТ - группа с травмой спинного мозга и локальной гипотермией;

белые столбики - количество мотонейронов, серые столбики - количество глиальных клеток; \* - уровень достоверности  $p < 0.05$ .

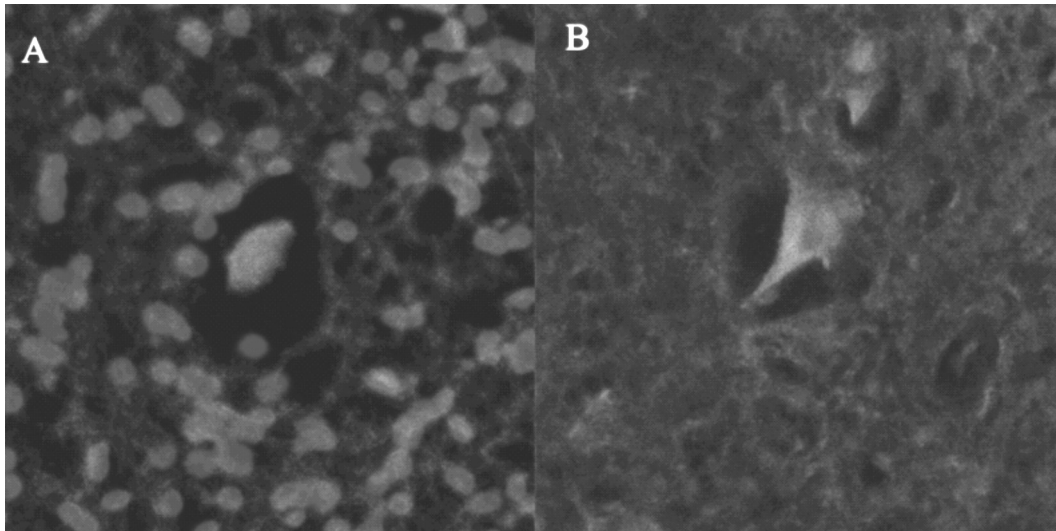


Рисунок 2. Микрофотография спинного мозга собаки (травма на уровне L1), окраска методом TUNEL, конфокальная микроскопия, увеличение об. x 100;

А - в группе животных с травмой спинного мозга,

В - с ламинэктомией. Вокруг нейронов визуализируются полости.

Некоторые полости заполнены скоплениями глиальных клеток. Плотные скопления глиальных клеток окружают специфически окрашенные нейроны.

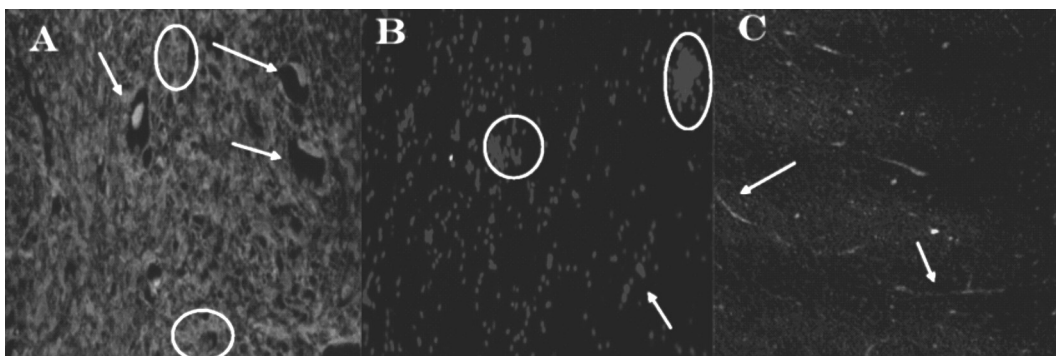


Рисунок 3. Микрофотография спинного мозга собаки (травма на уровне L1), окраска методом TUNEL, конфокальная микроскопия, увеличение об. x 10.

А - в группе животных с травмой спинного мозга,

В - с ламинэктомией, С - группа с травмой спинного мозга и локальной гипотермией.

Визуализируются большое количество скоплений глиальных клеток в виде апоптотных телец (контур) и тяжи глиальных клеток (стрелки).

В белом веществе мотонейроны показывают специфическую реакцию на TUNEL (стрелка) (А).

достаточно сильному отеку всех исследуемых областей спинного мозга. На исследуемых сроках выявлено весьма значительное количество вступивших в апоптоз мотонейронов, причем на всем протяжении исследуемого отрезка спинного мозга. Зарегистрировано  $54 \pm 3$  TUNEL-позитивных нейронов на площади поверхности среза спинного мозга (рис.1).

Тела нейронов сильно видоизменены по сравнению с нормой, цитоплазма сжата, ядро теряет целостность ка-

риоплазмы (рис.2В). Вокруг погибающего нейрона имеются большие полости. На периферию полостей мигрируют глиальные клетки. При этом ядра глиальных клеток, образующих апоптотные тельца, демонстрируют свечение в зеленом диапазоне, специфичное для TUNEL ( $33 \pm 4$  клетки) (рис.3В).

В группе с использованием локальной гипотермии выше и ниже места травмы структура спинного мозга не очень хорошо сохранилась. TUNEL-позитивных нейронов

не выявлено. Имеется небольшое количество апоптозных телец. В очаге травмы в большом количестве имеются апоптозные тельца и тяжи глиальных клеток (10±7 TUNEL-позитивных глиальных клеток) (рис.3С) TUNEL-позитивных нейронов не выявлено. Вероятно, апоптоз нейронов на стадии окрашивания TUNEL произошел на более ранних сроках после травмы.

Таким образом, наши эксперименты продемонстрировали небольшой положительный эффект использования локальной гипотермии в остром периоде после травмы на сохранность клеточных элементов спинного мозга, а также развитие вторичных изменений – воспаления и апоптоза. В целом, по литературным данным переохлаж-

дение оказывает защитное действие, запуская в головном мозге после ишемии–реперфузии или травмы некоторые процессы: на ранних этапах – это уменьшение церебрального метаболизма, митохондриальной дисфункции, нарушение работы ионных насосов, и эксайтотоксичности [13]. Вторично, переохлаждение ослабляет реперфузионное повреждение, воспаление, апоптоз, изменяет проницаемость гематоэнцефалического барьера и снижает отеки [14], гипотермия может также играть роль в регенерации нейронов и клеток глии [15].

Тем не менее, помимо нейропротекторных эффектов, в равной степени важно понять общие физиологические последствия этого лечебного воздействия и потенциальных рисков его реализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dumont R.J., Okonkwo D.O., Verma R.S., Hurlbert R.J., Boulos P.T., Ellegala D.B., Dumont A. S. Acute spinal cord injury, part I: Pathophysiologic mechanisms// Clin. Neuropharmacol. – 2001 – V.24, №5. – P. 254–264.
2. Rossignol S., Schwab M., Schwartz M., Fehlings M.G. Spinal cord injury: time to move?//J. Neurosci. – 2007. – V.27, №44. – P. 11782–92.
3. Fehlings M.G., Nguyen D.H. Immunoglobulin G: A Potential Treatment to Attenuate Neuroinflammation Following Spinal Cord Injury//J. Clin. Immunol. – 2010. – V.30, №1. – P.109–112.
4. Shin T., Ahn M., Moon C., Kim S., Sim K–B. Alternatively activated macrophages in spinal cord injury and remission: another mechanism for repair?//Mol. Neurobiol. – 2013. – V.47, №3. – P. 1011–19.
5. Leonov Y., Sterz F., Safar P., et al. Mild cerebral hypothermia during and after cardiac arrest improves neurologic outcome in dogs//J. Cereb. Blood Flow Metab. – 1990. – V.10, №1. – P.57–70.
6. Ridenour T.R., Warner D.S., Todd M.M., McAllister A.C. Mild hypothermia reduces infarct size resulting from temporary but not permanent focal ischemia in rats//Stroke. – 1992. – V.23, №5. – P.733–8.
7. Irazuzta J.E., Pretzlaff R., Rowin M., Milam K., Zemlan F.P., Zingarelli B. Hypothermia as an adjunctive treatment for severe bacterial meningitis//Brain Res. – 2000. – V. 881, №1. – P.88–97.
8. Marion D.W., Penrod L.E., Kelsey S.F., et al. Treatment of traumatic brain injury with moderate hypothermia//N. Engl. J. Med. – 1997. – V.336, №8. – P.540–6.
9. Shiozaki T., Sugimoto H., Taneda M., et al. Effect of mild hypothermia on uncontrollable intracranial hypertension after severe head injury// J. Neurosurg. – 1993. – V.79, №3. – P.363–8.
10. Iafarova G. G., Tumakaev R. F., Haziyeva A. R., and Baltina T. V. Effect of Local Hypothermia on H<sub>2</sub> and M<sub>2</sub> Responses after Spinal Cord Contusion in Dogs//Biophysics. – 2014. – V.59, №5. – P. 829–33.
11. Anderson T. E. A Controlled pneumatic technique for experimental spinal cord contusion//J. Neurosci. Methods. – 1982. – V.6, №4. – P.327–333.
12. Tumakaev R.F. Hypothermia of the spinal cord. [Article in Russian] //Zh. Vopr. Neurokhir. Im. N. N. Burdenko. – 2010. – №2. – P. 51–53.
13. Yenari M.A., Han H.S. Neuroprotective mechanisms of hypothermia in brain ischaemia//Nat. Rev. Neurosci. – 2012. – V.13, №4. – P.267–278.
14. Polderman K.H. Mechanisms of action, physiological effects, and complications of hypothermia//Crit. Care. Med. – 2009. – V. 37, Suppl 7. – P.186–202.
15. Karnatovskaia L.V., Wartenberg K.E., Freeman W.D. Therapeutic hypothermia for neuroprotection: history, mechanisms, risks, and clinical applications//Neurohospitalist. – 2014. – V.4, №3. – P. 153–63.

© Г.Г. Яфарова, Е.Ю. Кадышева, Т.В. Балтина, ( gusadila@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

Санкт-Петербургский международный книжный салон

Время читать!  
Time to read!

"Ни о чем не думает лишь тот, кто ничего не читает."  
Д.Дидро

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

### RESULTS EXPERIMENTAL RESEARCH THERMOELECTRIC SYSTEMS FOR SHORT-TERM STORAGE AND TRANSPORTATION OF BIOLOGICAL MATERIAL

*I. Mispahov*

#### Annotation

Based on the developed experimental stand, a series of experiments that make it possible to judge the adequacy of the mathematical model of thermoelectric system for short-term storage and transportation of biomaterials.

The main task during the experimental studies of the prototype system is to determine the dependence of temperature changes at different points of the object on the time for fixed values of the supply current of the thermoelectric battery (TEB), using various kinds of fillers compartments with biological material, as well as varying ambient temperatures. Important is the comparison of the experimental and theoretical data to verify the adequacy of the mathematical model.

The research results are presented as graphs of temperature changes simulated biological material in time for different values of currents of single-stage and two-stage power TEB and depending on the temperature change of a biological object in time at various ambient temperatures.

**Keywords:** storage and transport, biological material, thermoelectric battery, thermoelectric system.

*Миспахов Играмидин Шарафидинович*

*Ст. преподаватель,*

*ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный  
технический университет"*

#### Аннотация

На основе разработанного экспериментального стенда был проведен ряд опытов, дающих возможность судить об адекватности математической модели термоэлектрической системы для краткосрочного хранения и перевозки биоматериалов.

Основной задачей при проведении экспериментальных исследований опытного образца системы являлось определение зависимости изменения температуры в различных точках исследуемого объекта от времени при фиксированных значениях тока питания термоэлектрических батарей (ТЭБ), использовании различного рода наполнителей отсеков с биологическим материалом, а также изменяющихся значений температуры окружающей среды. Важным являлось сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими с целью проверки адекватности математической модели.

Результаты исследований представлены в виде графиков зависимости изменения температуры имитатора биологического материала во времени при различных значениях токов питания однокаскадной и двухкаскадной ТЭБ, а также зависимости изменения температуры биологического объекта во времени при различных величинах температуры окружающей среды.

#### Ключевые слова:

Хранения и перевозки, биологический материал, термоэлектрическая батарея, термоэлектрической системы.

Основной задачей при проведении натурных испытаний опытного образца термоэлектрической системы (ТЭС) являлось определение закономерности изменения температуры в контрольных точках системы во времени при определенных значениях силы тока питания ТЭБ, применении различного рода наполнителей камер с биоматериалом и изменяющихся условий окружающей среды.

Осуществлялось сравнение полученных результатов измерений с расчетными данными для проверки правильности математической модели.

В процессе проведения эксперимента получены данные о температуре имитатора биоматериала в контрольных точках приведена на **рис.1**, а также изменении ее значения во времени при различных величинах токов питания двухкаскадной ТЭБ приведена на **рис.2-3**.

Указанные зависимости позволили оценить значения температурных уровней хранения биоматериалов при применении конкретного типа ТЭБ. В соответствии с результатами эксперимента повышение тока питания каждой из ТЭБ до его максимального значения уменьшает температуру биологического материала.

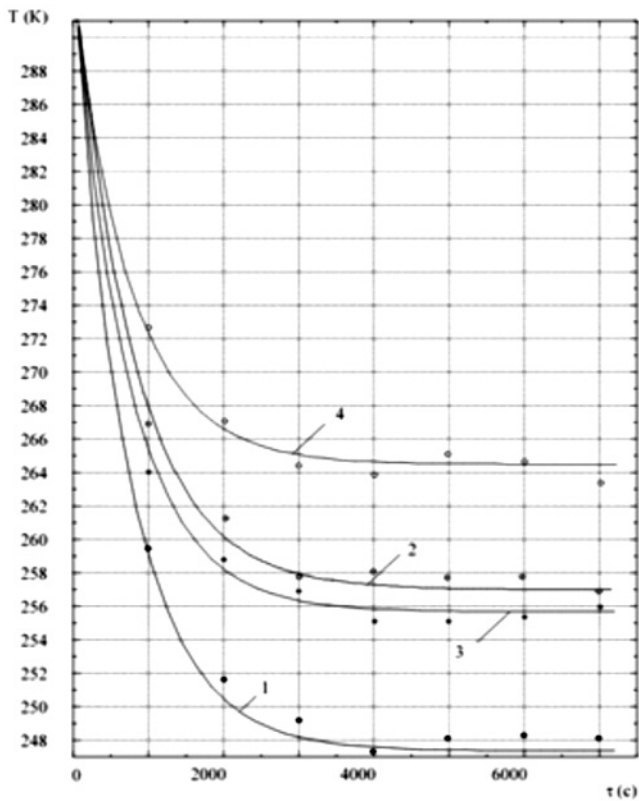


Рис. 1. Временной ход температуры в контрольных точках макета ТЭС (ток питания однокаскадной ТЭБ 5А, двухкаскадной ТЭБ - 8А)  
 1 - холодный спай двухкаскадной ТЭБ, 2 - имитатор биоматериала, охлаждаемый двухкаскадной ТЭБ, 3 - холодный спай однокаскадной ТЭБ, 4 - имитатор биоматериала, охлаждаемый однокаскадной ТЭБ

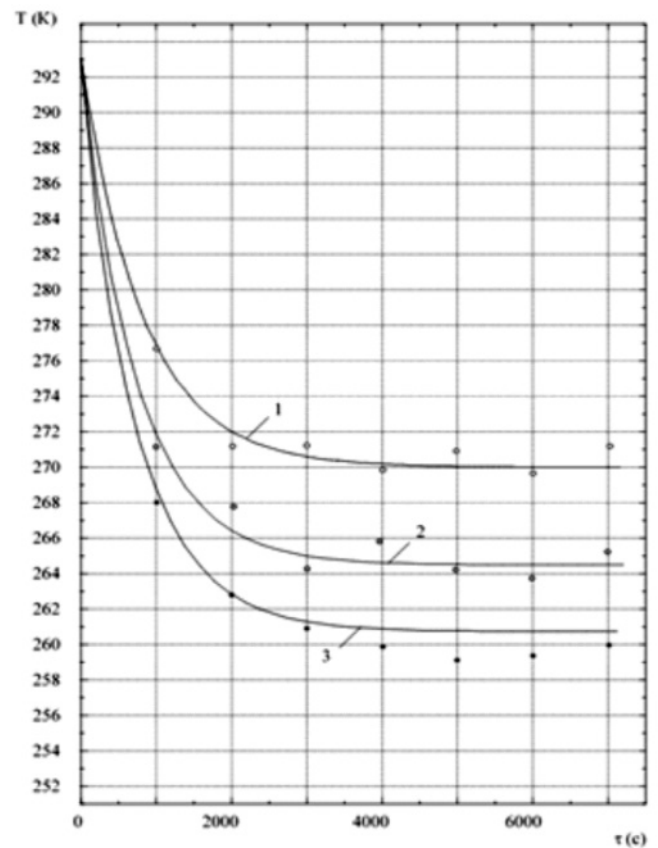


Рис. 3. Временный ход температуры имитатора биоматериала для различных токов двухкаскадной ТЭБ 1 - 1= 3 А, 2-1= 5 А, 3 - 1= 7 А

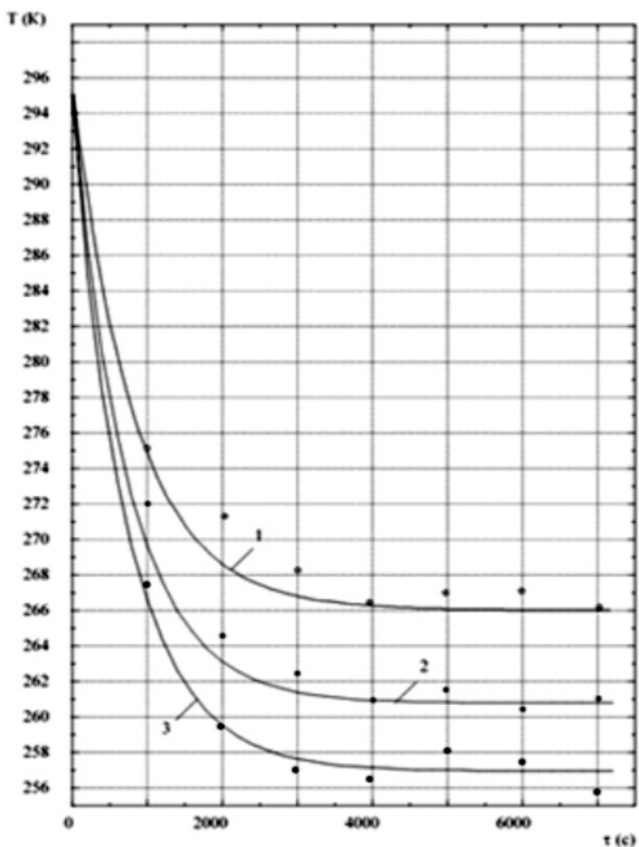


Рис. 2. Временный ход температуры имитатора биоматериала для различных токов двухкаскадной ТЭБ 1 - 1= 4 А, 2-1=6 А, 3 - 1=8 А

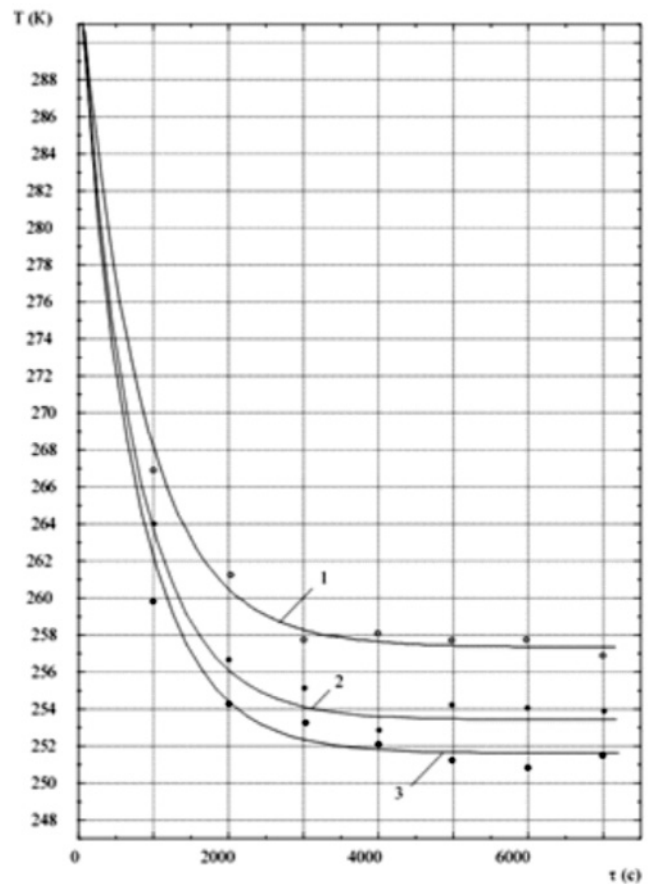


Рис. 4. Временный ход температуры имитатора биоматериала для различных токов двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных наполнителях



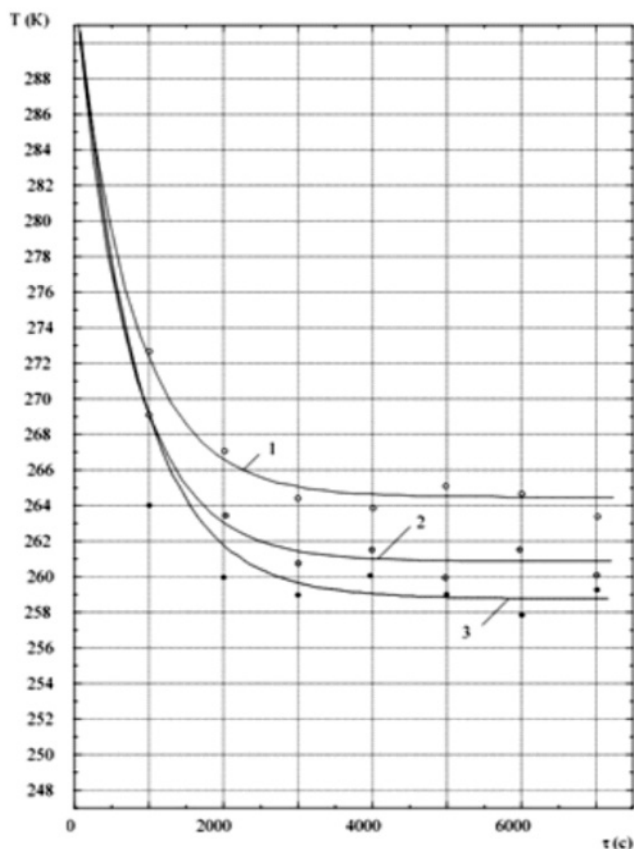


Рис. 5. Временной ход температуры имитатора биоматериала для различных токов однокаскадной ТЭБ 5 А и различных наполнителях

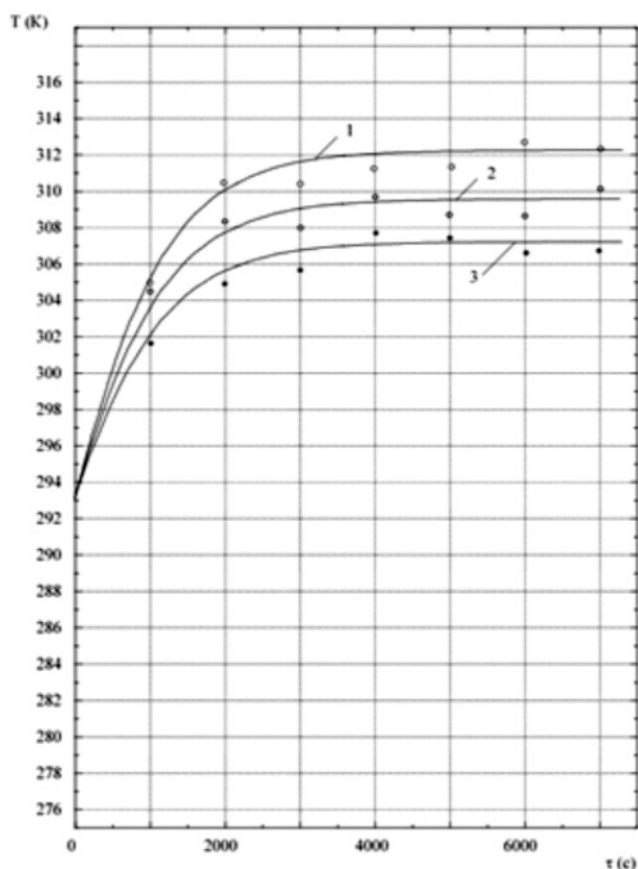


Рис. 6. Временной ход температуры горячего спаев ТЭБ при различных токах двухкаскадной ТЭБ 1-3 А, 2-1=5 А, 3 - 1=7 А

Так, увеличение силы тока питания двухкаскадной ТЭБ с 4 до 8 А понижает температуру биоматериала с 266 до 257 К, для однокаскадной ТЭБ повышение тока питания с 3 до 7 А уменьшает температуру биоматериала с 270 до 261 К. [1].

На температурный режим биологического материала сильно влияет теплообмен в соответствующем отсеке для его хранения. При отсутствии наполнителей в контейнере для хранения биологической субстанции в основном имеет место естественный конвективный теплообмен между холодными стенками контейнера и биоматериалом. Соответственно в системе имеет место значительная разность температур между рабочими (холодными) спаями ТЭБ и биологическими материалами. Для уменьшения ее величины рациональным является использование различного рода наполнителей, дающих возможность интенсифицировать теплообмен в отсеке. В качестве наполнителей были рассмотрены сотовые конструкции, выполненные из меди и алюминия, вводимые в пространство отсека для хранения биологического материала. В соответствии с измерениями, результаты которых показаны на рис.4–5, введение данных наполнителей в отсеки с биологическим материалом существенно снижает разность температур между ними стенками камеры и биологическим объектом.

Так, использование сотовой конструкции из алюминия уменьшает температуру имитатора биологического материала на 4,5 К, сотовой конструкции из меди – примерно на 6,5 К по сравнению с применением ТЭС без них. Из результатов измерений следует полное соответствие теоретических выкладок практике, говорящих о необходимости увеличения коэффициента теплоотдачи в камере ТЭС для хранения биологических субстанций. В случае, когда нет существенных ограничений по массогабаритным показателям конструкции ТЭС, наиболее приемлемым вариантом будет являться заполнение пространства камеры системы медной, либо алюминиевой крошкой.

Надежная и бесперебойная работа ТЭС во многом будет зависеть от эффективности съема теплоты с опорных спаев ТЭБ. С этой целью на экспериментальном стенде сняты и представлены на рис.6. данные об изменении температуры ребристого радиатора, отводящего теплоту от ТЭБ, во времени для различных значений тока питания последней.

В соответствии с полученными данными следует, что значение температуры горячих спаев ТЭБ находится в вполне приемлемых пределах для применяемого типа (при силе тока питания двухкаскадной ТЭБ, равном 7 А, температура ее горячего спаев составляет приблизительно 312 К). Указанное обстоятельство определяет наличие достаточно эффективного съема теплоты в рассматриваемых условиях с горячих спаев ТЭБ и дает возмож-

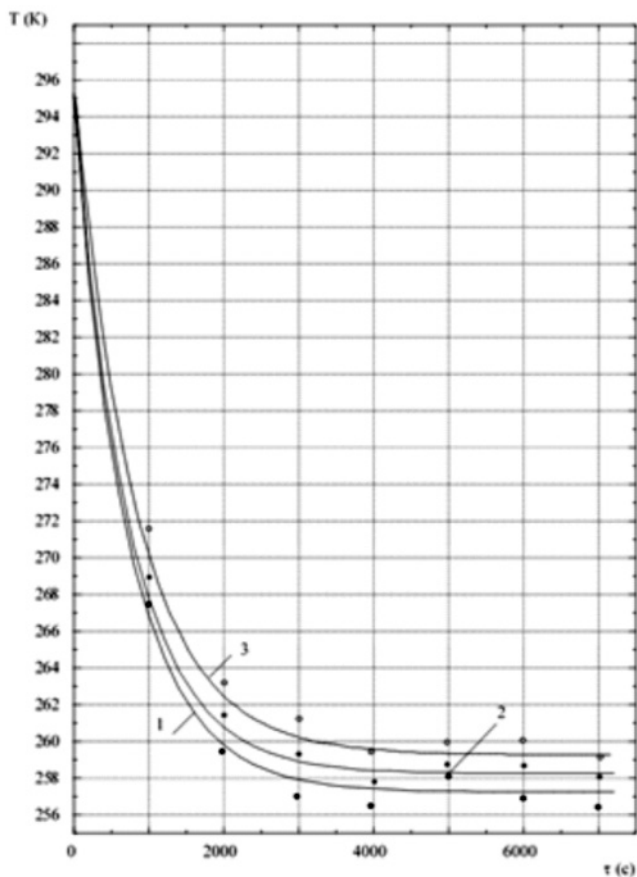


Рис. 7. Временной ход температуры биоматериала при токе двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных температурах окружающей среды 1 -  $T_{ср}=293$  К. 2 -  $T_{ср}=303$  К. 3 -  $T_{ср}=313$  К.

ность говорить о надежной работе созданной системы при перевозке биоматериала.

Получены зависимости, отражающие изменение температуры имитатора биологического объекта во времени при различных величинах температуры окружающей среды, изображены на рис.7.

В соответствии с приведенными данными, повышение температуры окружающей среды на 10 К увеличивает температуру охлаждаемого биоматериала не более, чем на 1 К при использованном виде теплоизоляции. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод об отсутствии применения специальных мер для обеспечения тепловой изоляции ТЭС.

По результатам экспериментов проведено сопоставление расчетных и экспериментальных данных. На рис. 1–7 помимо экспериментальных точек представлены также и результаты теоретических изысканий. Представленные данные определяют приемлемую точность математической модели ТЭС. Наибольшая разница между расчетом и экспериментом не превышает 7,5 С. Максимальное отклонение теоретических данных от эксперимента находится в промежутке времени, ограниченном выходом системы в стационарный режим, что определяется условиями окружающей среды, а также не идеальностью тепловой изоляции и разбросом параметров ТЭБ и измерительной аппаратуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миспахов, И.Ш. Экспериментальные исследования термоэлектрической системы для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала / Т.А. Исмаилов, И.Ш. Миспахов, О.В. Евдулов, М.А. Хазанова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2013. – № 31. – С. 7–13.

© И.Ш. Миспахов, (igram.misrahov@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



Образовательный центр  
"Языки и культуры  
мира"

Открыт набор на  
языковые курсы  
[www.wlc.vspu.ru](http://www.wlc.vspu.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЛУНЫ КОСМИЧЕСКИМИ ЗОНДАМИ GRAIL

### THE STUDY OF THE GRAVITATIONAL FIELD OF THE MOON, SPACE PROBES TO GRAIL

*S. Pugacheva*

#### Annotation

The source of gravity anomalies of the Moon are large mascons with a high mass concentration at a depth of volcanic plains of the lunar Maria. Formation of mascons is connected with intensive development of basaltic volcanism on the Moon in the early periods of its existence. New data on the gravitational field of the Moon were obtained from two American probes Grail spacecrafts. The article presents the data of physical and mechanical properties of the surface soil layer of the lunar Maria and gives an assessment of the chemical composition of the soil. There have been calculated heterogeneity parameters of the surface macro-relief of the lunar Maria and chemical composition of lunar soil. It can be assumed that mascons include rich KREEP rocks with a high content of thorium and iron oxide.

**Keywords:** Moon, gravity anomalies, macro-relief, chemical composition.

*Пугачева Светлана Георгиевна  
Государственный Астрономический  
институт имени П.К. Штернберга  
Московского Государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова*

#### Аннотация

Источником гравитационных аномалий на Луне являются масконы с высокой концентрацией массы вещества на глубине вулканических равнин лунных морей. Формирование масконов связано с интенсивным развитием базальтового вулканизма в ранние периоды формирования Луны. Новые исследования гравитационного поля Луны проведены двумя американскими зондами космического аппарата Grail. В статье представлены данные физико-механических свойств поверхностного слоя грунта масконов и химический состав верхнего слоя почвы. С помощью числовых моделей вычислены параметры неоднородности макрорельефа в районах лунных масконов. Сравнительный анализ неоднородности поверхности и химического состава грунта лунных масконов позволяет предположить, что грунт лунных морей содержит KREEP породы с высоким содержанием тория и окиси железа.

#### Ключевые слова:

Луна, аномалии силы тяжести, масконы, макрорельеф, химический состав.

### ВВЕДЕНИЕ

В статье представлены результаты изучения лунной поверхности в районах гравитационных аномалий. Источником гравитационных аномалий Луны являются масконы с локальной концентрацией масс на глубине в грунте вулканических плато лунных морей. Формирование масконов связано с интенсивным развитием базальтового вулканизма на ранней стадии существования Луны [6].

Фотографии с орбитальных спутников Луны показывают лунные моря, покрытые вулканической лавой, извиляющиеся потоки лавы, конусы, купола и разрушенные впадины. Множество вулканических структур обнаружено космическими аппаратами Grail. Это тектонические структуры, бассейны ударных кратеров, древние линейные гравитационные аномалии. В статье мы приводим данные физико-механических свойств поверхностного слоя грунта лунных масконов и даем оценку химического состава грунта. Все измерения выполнены согласно теоретическим моделям

рассеяния света на основе съемки поверхности Луны орбитальными космическими аппаратами и анализа образцов лунного грунта.

Вычислены параметры неоднородности макрорельефа поверхности лунных морей: альbedo, плотность грунта, средние размеры зерен частиц слагающих поверхностный слой.

Первые исследования гравитационного поля Луны. Исследованием гравитационного поля Луны занимались задолго до запуска первых искусственных спутников Луны. Сотрудники ГАИШ МГУ М. У. Сагитов и Н. П. Грушинский вычислили силу тяжести на лунном трехосном эллипсоиде, используя наземные астрометрические наблюдения [12]. Они предложили модель, согласно которой гравитационное поле Луны можно представить полем трехосного эллипсоида, полярная ось которого перпендикулярна эклиптике, а большая экваториальная ось лунного эллипсоида направлена в сторону Земли. Исследования показали, что сила тяжести на Луне увеличивается

от полюсов к экватору примерно на 0,0004 ее полной величины. Гравитационное поле лунного трехосного эллипсоида изменяется по закону Лежандра.

Позднее гравитационное поле было определено по наблюдению искусственных спутников Луны. Наблюдения подтвердили вытянутость эллипсоида Луны в сторону Земли. Модель Феррари трехосного эллипсоида Луны доказывала, что высота поверхностного уровня над шаром в сторону Земли составляет 400 метров и 300 метров – с обратной стороны Луны.

В 1968 году американские ученые П.Мюллер и У.Сьегрен по результатам исследования лучевых ускорения ИСЛ Лунар Орбитер 5 обнаружили крупные положительные аномалии в море Дождей, море Ясности, море Кризисов. На высоте полета спутника (100 км) гравитационные аномалии достигали 200 мГал и более. В частности, в море Дождей гравитационная аномалия равна 250 мГал, в море Ясности – 220 мГал, в море Кризисов – 130 мГал

Современная модель гравитационного потенциала Луны. Современная модель гравитационного потенциала Луны традиционно записывается как сумма трёх слагаемых: приливный потенциал, центробежный потенциал, потенциал притяжения. Потенциал притяжения обычно раскладывают по зональным, секторальным и тессеральным сферическим гармоникам [14, 15]. В формулу входят величины: полином Лежандра, гравитационная постоянная, масса Луны, долгота и широта местности.

$$U = (Gm / r)[1 + \sum_{n=2}^{\infty} (a / r)^n \sum_{k=0}^n (C_{nk} \cos k\lambda + C_{nk} \sin k\lambda) P_{nk}(\sin \varphi)] \quad (1)$$

где

$G$  – гравитационная постоянная,

$m$  – масса планеты,

$a$  – экваториальный радиус планеты,

$r, \varphi, \lambda$  – сферические координаты частицы (обычно  $\varphi, \lambda$  – это широта и долгота, а  $r$  – радиус-вектор текущей точки пространства),

$P_{nk}$  – присоединенные функции Лежандра (при  $k > 0$ ),

$P_n$  – полиномы Лежандра (при  $k = 0$ ),

$J_n = C_{n0}$  – коэффициенты зональных гармоник разложения потенциала,

$C_{nk}$  и  $S_{nk}$  – коэффициенты тессеральных гармоник разложения потенциала (в частности, при  $n=k$  это коэффициенты секториальных гармоник разложения потенциала),

$G = (6,6728 \pm 0,0016) \times 10^{-23} \text{ (км}^3 \text{ с}^{-2} \text{ Г}^{-1}\text{)}$  – гравитационная постоянная,

$GM_{\oplus} = 1,327\ 124\ 40 \times 10^{11} \text{ (км}^3 \text{ с}^{-2}\text{)}$ .

Физический смысл коэффициентов зональных, секторальных и тессеральных гармоник разложения потенциала состоит в следующем:  $J_0$  определяет среднюю величину ускорения силы тяжести на поверхности планеты,  $J_2 = C_{20}$  выражает степень сжатия планеты;  $C_{11}$  и  $S_{11}$  характеризуют эллипсоидальность планеты;  $C_{22}$  и  $S_{22}$  определяют эллиптичность экватора;  $J_3$  – характеризуют асимметрию северного и южного полушарий;  $J_4$  и  $J_6$  определяют степень неоднородности распределения масс в недрах и вблизи поверхности планеты.

Результаты траекторных измерений движения первого ИСЛ "Луна-10" позволили определить значения 11 коэффициентов в разложении гравитационного поля Луны. Дальнейшие исследования позволили установить не только общую асимметрию распределения масс в теле спутника, но также выделить местные концентрации масс (масконы), расположенные в пределах верхней мантии в области круговых морей видимого полушария Луны. Согласно исследованиям, проведенным на ИСЛ "Lunar Prospector" (1998 – 1999 гг.) с разрешением на поверхности до 30 км, в разложении гравитационного поля Луны удалось выделить до 100 гармоник. Новая гравитационная модель позволила впервые оценить конкретные размеры жидкого металлического ядра Луны, По-видимому, радиус ядра Луны составляет находится в пределах 250 км – 430 км и по массе не превышает 4% от общей массы лунного шара [15].

Исследование гравитационного поля Луны космическими аппаратами GRAIL. Новые данные о гравитационном поле Луны были получены с двух космических аппаратов Grail. Аппараты были запущены 10 сентября 2011 года, получившие названия отлив (Ebb) и прилив (Flow). Зонды летели по одной и той же орбите один за другим на высоте в 55 км над поверхностью Луны. Расстояние между аппаратами фиксировалось с микронной точностью и изменялось в зависимости от величины гравитационного поля при прохождении аппаратов над видимыми морфологическими объектами, к которым относятся горы, кратеры, а также массивные объекты, скрытые под поверхностью Луны. По данным миссии GRAIL составлена уникальная карта гравитационного поля Луны (рис.1).

На полях карты гравитационного поля Луны приведены латинские названия лунных морей. В табл. 1 даны селенографические координаты, диаметры, гравитационный потенциал и названия лунных морей в русской транскрипции.

Гравитационное поле отражает историю бомбардировки Луны метеоритами, показывает наличие глубинных разломов, достигающих внутренних слоев коры и, возможно, мантии спутника [5, 11]. Зонды обнаружили существование длинных, в сотни километров, гравитационных аномалий, тут и там выходящих на поверхность. Ско-

Рис.1. Гравитационная карта Луны, построенная NASA по результатам измерений космических аппаратов миссии Grail.

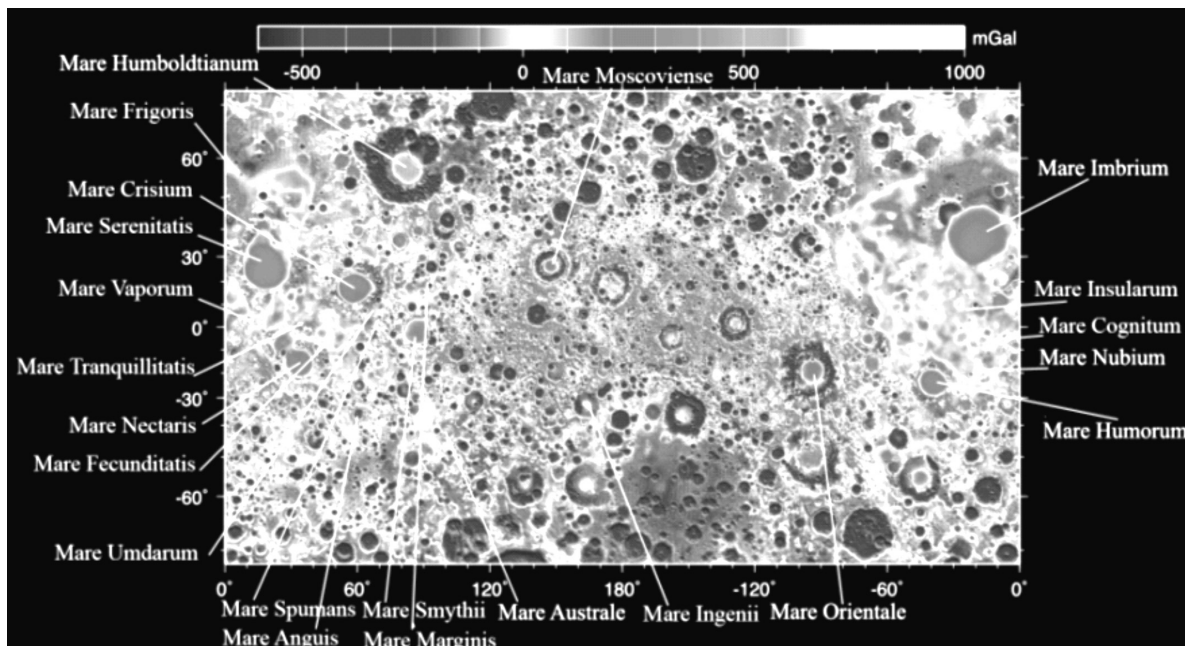


Таблица 1.

Селенографические координаты, диаметры, величина гравитационного поля морей на Луне.

N	Латинское Название морей	Русское название морей	Широта град.	Долгота град.	Диаметр км	Масконы mGal H=55км
1.	Serenitatis	Ясности	28,0	17,5	707	550
2.	Imbrium	Дождей	32,8	-15,6	1123	500
3.	Humorum	Влажности	-24,4	-38,6	389	500
4.	Cognitum	Познания	-10,0	-23,1	376	500
5.	Nectaris	Нектара	-15,2	35,5	333	500
6.	Anguis	Змеи	22,6	67,7	150	500
7.	Crisium	Кризисов	17,0	59,1	418	400
8.	Smythii	Смита	1,3	87,5	373	400
9.	Tranquillitatis	Спокойствия	8,5	31,4	873	300
10.	Orientale	Восточное	-19,4	-92,8	327	300
11.	Moscoviense	Москвы	27,3	147,9	277	300
12.	Humboldtianum	Гумбольта	56,8	81,5	273	200
13.	Nubium	Облаков	-21,3	-16,6	715	100
14.	Insularum	Островов	7,5	-30,9	513	100
15.	Fecunditatis	Изобилия	-7,8	51,3	909	50
16.	Australe	Южное	-38,9	93,0	603	50
17.	Ingenii	Мечты	-33,7	163,5	318	-50
18.	Marginis	Краевое	13,3	86,1	420	-100
19.	Vaporum	Паров	13,3	3,6	245	-100
20.	Undarum	Волн	6,8	68,4	243	-100
21.	Spumans	Пены	1,1	65,1	139	-100
22.	Frigoris	Холода	56,0	1,4	1596	-150

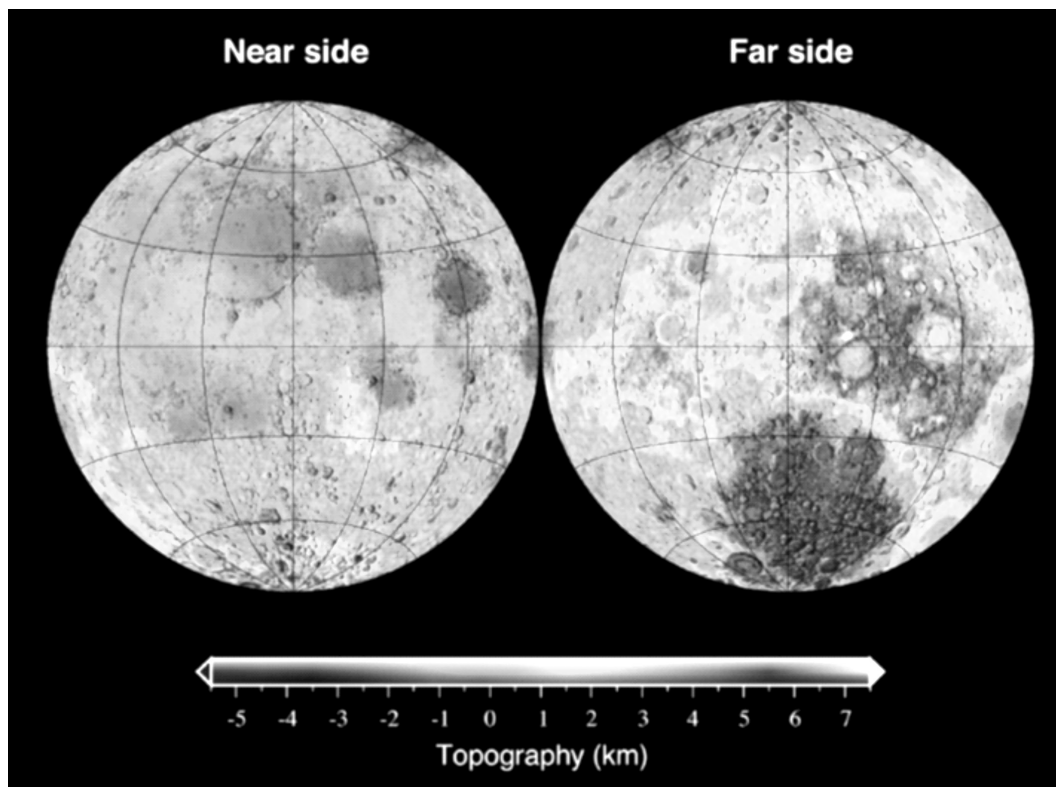


Рис.2. Топографическая модель Луны, построенная NASA по данным LOLA PDS, соответствует сферической гармонической модели лунного геоида с учетом гравитационного поля.

рее всего, они свидетельствуют о наличии под поверхностью длинных и вытянутых, узких "валов" давно застывшей плотной лавы. [9].

Как известно, гравитационное поле Луны сильно связано с ее рельефом – такой связи не наблюдается ни у Земли, ни у Марса, ни у Венеры. По данным LOLA PDS с разрешением 1/64о построена топографическая модель Луны (рис.2).

Селенографическая координатная сетка сферической модели лунного геоида рассчитана по формулам сферических гармоник 2600 степени [17].

Химическая композиция грунта в районах лунных масконов. В статье мы приводим данные физико-механических свойств поверхностного слоя грунта лунных "морей" и даем оценку химического состава грунта. Все измерения выполнены согласно теоретическим моделям рассеяния света на основе съемки поверхности Луны орбитальными космическими аппаратами и анализа образцов лунного грунта. Химический состав грунта лунных масконов был определен по каталогах элементного химического состава поверхностных пород Луны LP GRS NASA. Каталоги обобщают сведения результатов измерений гамма-спектрометром KA Lunar Prospector [6, 7]

процентного содержания 10 химических элементов в поверхностном слое Луны: тория (Th), кремний (Si), калий (K), алюминий (Al), уран (U), кальций(Кал.), железо (Fe), магний (Mg.), кислород (O), титан (Ti). В районах гравитационных аномалий зарегистрировано максимальное содержание тория, железа, окиси железа (табл. 2).

Последовательность расположения лунных морей в таблице 2. соответствует номеру и названию моря таблицы 1.

Положительная гравитационная аномалия в районе Моря Дождей (Mare Imbrium) и отрицательная аномалия в заливе Радуга (Sinus Iridum), расположенная на северо-западе от Моря Дождей, приведены на рис. 3 [16]. Карта содержания окиси железа в поверхностном слое грунта в районе Моря Дождей приведена на рис. 4 [16].

Физико-механические характеристики поверхности лунных морей. В предыдущих работах Пугачевой, Шевченко [13, 14] была установлена корреляционная зависимость химического состава пород и макроструктуры лунной поверхности. Макроструктура поверхности определялась путем сравнения локальной фазовой функции относительной яркости участка поверхности с расчетной яркостью модели лунной пространственной индикатрисы

Таблица 2.

Селенографические координаты, диаметры, величина гравитационного поля морей на Луне.

N	Химический состав грунта			Параметры неоднородности			
	Thorium ppm (max)	Iron wt% (max)	FeO wt% wt% (max)	Альbedo поверхности	Плотность грунта	Средний размер частиц (мм)	Толщина коры (км)
1.	2,55	12,66	19,16	38,79	0,81	0,018	60
2.	4,93	1,37	19,83	44,45	1,92	0,041	50
3.	2,98	11,63	19,94	55,56	1,17	0,085	90
4.	6,04	14,15	17,22	38,79	1,74	0,018	90
5.	2,70	8,00	14,33	35,34	1,92	0,004	80
6.	1,60	7,07	7,39	66,67	0,01	0,130	70
7.	2,34	20,28	16,32	50,00	0,49	0,063	60
8.	2,21	7,66	13,02	71,67	0,48	0,150	50
9.	2,88	13,60	17,98	38,79	0,42	0,018	40
10.	1,50	4,24	10,76	68,01	0,30	0,135	40
11.	1,75	5,81	9,70	57,03	0,50	0,091	10
12.	1,85	3,99	9,70	57,03	0,46	0,091	40
13.	6,67	10,49	18,89	83,38	1,91	0,197	70
14.	9,22	13,83	16,50	55,56	1,71	0,085	70
15.	3,01	10,99	17,15	44,45	0,89	0,041	70
16.	1,69	5,65	9,45	71,67	0,32	0,150	50
17.	2,43	6,03	10,62	71,67	0,42	0,150	70
18.	1,88	8,74	13,19	57,03	0,46	0,091	50
19.	5,01	9,99	16,75	42,79	0,52	0,034	80
20.	1,81	6,70	9,74	38,79	0,86	0,018	30
21.	2,43	10,43	10,43	55,56	0,45	0,085	30
22.	5,14	9,01	14,46	50,00	1,99	0,063	60

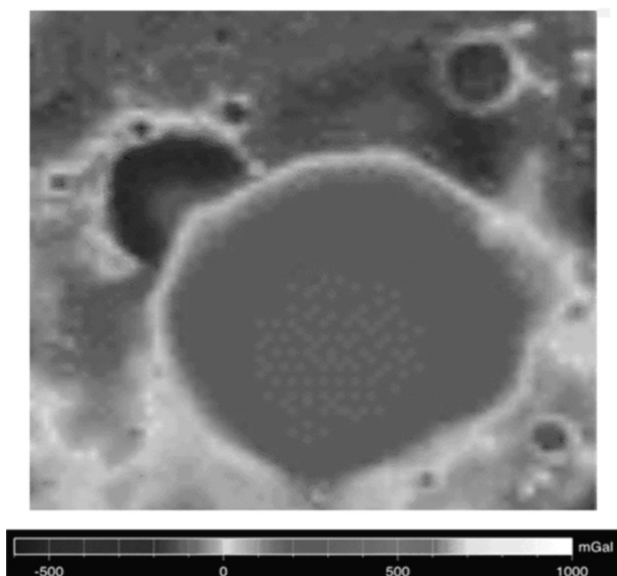


Рис.3. Гравитационная аномалия в море Дождей.

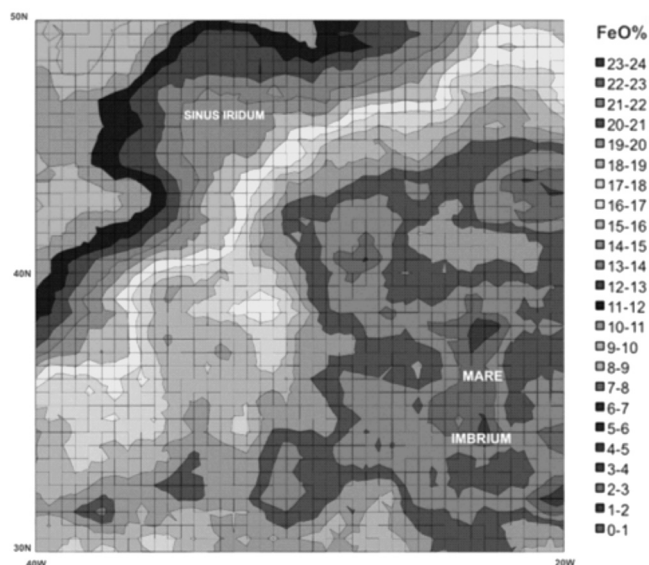


Рис.4. Процентное содержание окиси железа в районе моря Дождей.

рассеяния [13]. Разность значений относительной яркости фазовых функций при фазе 18 градусов (параметр фотометрической неоднородности  $\Delta I$ ) хорошо согласуется с химическим составом поверхностного слоя грунта, в частности с содержанием тория и окисью железа. На рисунке 5 приведен график зависимости параметра фотометрической неоднородности и количество частиц различных фракций образцов лунного грунта. Величина фотометрического параметра взаимосвязана со степенью шероховатости поверхности и содержанием тория поверхностном грунте (рис.5).

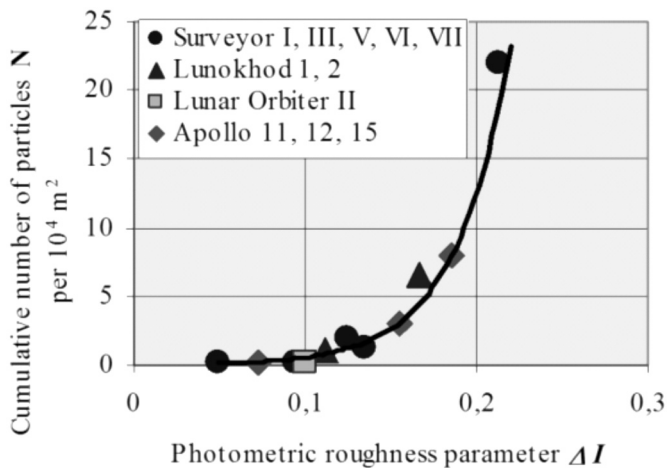


Рис.5. График зависимости параметра фотометрической неоднородности от шероховатости поверхности [1, 2, 8].

Неоднородность поверхности лунных масконов в масштабе сантиметровых неровностей оценивалась по следующим параметрам: альbedo поверхности, плотность грунта, средний размер зерен, толщина коры. Альbedo и средний размер зерен были вычислены по формулам фотометрической модели Нарке, двунаправленного отражения света поверхностью [4, 14]. Плотность грунта и мощность коры определены по данным зондов Grail.

### Выводы

Исследования гравитационных аномалий КА GRail позволяют оценить структуру внутреннего строения Луны. Толщина лунной коры по данным космического аппарата Grail колеблется в пределах от 10 до 60 км, в районах кратеров обратной стороны Луны толщина коры может составлять 10 км, тогда как в районах горных массивов

толщина коры достигает более 50 км. Районы высокой гравитации (масконы) расположены на видимой стороне Луны под лунными морями. На обратной стороне Луны преобладают отрицательные аномалии, связанные с полостями в толщине коры. На основании новых гравитационных данных геофизики Массачусетского технологического института USA дали оценку пористости лунной коры. Средняя пористость коры составляет 12% на глубине в несколько км, а средняя плотность лунных возвышенностей составила 2500 кг/м<sup>3</sup>. Одним из основных открытий при изучении гравитационного поля является обнаружение новых тектонических структур, бесчисленных мелких кратеров, низин и валов линейных гравитационных аномалий застывшей плотной лавы. Линейные гравитационные аномалии не видны на топографических картах рельефа, т.к. это очень древние структуры, расположенные в верхней коре Луны. Происхождение глубинных лавовых валов, возможно, связано с ранней вулканической активностью Луны, растрескиванием коры от ударов космических тел, а также с деформацией лунного геоида в связи с особенностями вращения и движения Луны на орбите в ранний период её формирования.

Космическая миссия космических аппаратов Ebb и Flow была завершена 17 декабря 2012 года. Космические аппараты постепенно были переведены на низкую орбиту высотой 23 км и упали в районе северного полюса видимой стороны Луны вблизи кратера Гольдшмидт.

**Заключение.** В статье приводятся результаты корреляционного анализа зависимости химического состава лунного базальта и макроструктуры поверхности лунных морей. Рассмотрен новый метод оценки макроструктуры поверхности путем сравнения локальной фазовой функции с теоретической моделью пространственной индикатрисы рассеяния света [13]. Возможно, что в районах лунных масконов расположены KREEP породы с высоким содержанием тория и железа, а также редкоземельные металлы иридий, никель, платина. Корреляции микро-структуры поверхности с торием и окисью железа позволяет предположить, что KREEP породы в районах лунных морей расположены на небольшой глубине.

Эксперимент изучения гравитационного поля Луны космическими аппаратами Grail дает возможность расширить научные знания о внутренней структуре Луны, её составе, неоднородности недр, восстановить историю происхождения и формирования современной Луны.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Apollo 11 Preliminary Science Report, 1969, NASA SP-214, 47.
2. Apollo 12 Preliminary Science Report, 1970, NASA SP-235, 126.
3. Gillis J.J., Jolliff B. L., Korotev R.L. Lunar surface geochemistry: Global concentrations of Th, K, and FeO as derived from lunar prospector and Clementine data // Geochimica et Cosmochimica Acta, 2004, Volume 68, Issue 18, p. 3791–3805.



4. Hapke B. Theory of reflectance and emittance spectroscopy. Cambridge university press. 2005. 455 p.
5. Harald H., Jauman R., Newkum G. Ages of mare basalts on the lunar nearside // Journal of geophysical research, 2000, V. 105, No. E12, p. 239–275.
6. Head J. W., Wilson L. Lunar mare volcanism: Stratigraphy, eruption conditions and the evolution of secondary crusts // Geochimica et Cosmochimica. Acta, 1992, Issue 14, Volume 56, p. 2155–2175.
7. Lawrence D.J., Elphic R.C., Feldman W.C., Gasnault O., Hagerty J.J., Maurice S., Prettyman T.H. The Lunar Prospector Gamma-Ray and Neutron Spectrometers: Overview of Lunar Global Composition Measurements // Journal of Geophysical Research, 105, 2005, No. E8, 20,307–20,331.
8. Мобильная лаборатория на Луне Лунаход-1 // 1987, Том 11, Москва, Наука, 121 с.
9. Melosh H.J., Freed A.M., Johnson B.C. The Origin of Lunar Mascon Basins // Science, 2013, Volume 340, Issue 6140, pp. 1552–1555.
10. Muller P.M., Sjogren W.I. Lunar gravimetry and mascons. // Appl. Mech. Revs., 1969, v.22, N 3, p. 955–959
11. Racca G.D., Foing B.H. Geophysical Research Abstracts // 2002, 4, Abstract A–01152.
12. Сагитов М.Н. Лунная гравиметрия. Москва "Наука", 1979, 403 с.
13. Шевченко В.В. Современная селенография, Москва, "Наука", 1980, 288 с.
14. Shevchenko V.V., Pinet P., Chevrel S., Pugacheva S.G., Daydou Y. Lunar photometry and composition of ejecta terrains with AMIE/SMART-1// Proc. 38th Vernadsky–Brown Microsymp., Moscow, 2003, с.1112–1113.
15. Шевченко В.В., Бусарев В.В., Сурдин В.Г. Физические условия вблизи Луны и планет Солнечной системы// Сборник "Модель космоса", 2007, Москва, "КДУ", том 3, с. 794–861.
16. Y. Lu, J. Ping, V. Shevchenko. New Lunar Lander Site Selection // The fourth Moscow Solar System Symposium (4M–S3), 2013, Moscow.
17. Wiczorek M.A., Huang S. A reanalysis of Apollo 15 and 17 surface and subsurface temperature series // 37th Annual Lunar and Planetary Conference, March 13–17, 2006, League City, Texas, abstract no. 1682.

© С.Г. Пугачева, ( sve-pugacheva@yandex.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».





XIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
• **ВЫСТАВКА** •  
«**НЕФТЬ. ГАЗ.  
ЭНЕРГО**»



**17 - 19**  
**ФЕВРАЛЯ**

**Оренбург**

**ООО «УралЭкспо»**

тел./факс: (3532) **67-11-02, 67-11-05, 45-31-31**

e-mail: [uralexpo@yandex.ru](mailto:uralexpo@yandex.ru), [www.URALEXPO.ru](http://www.URALEXPO.ru)

- Добыча нефти и газа (технологии и оборудование)
- Геология, геофизика
- Сейсмическое оборудование и услуги
- Транспортировка, переработка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа
- Трубы и трубопроводы, инструменты и др.

# СВОЙСТВА ОБЪЕМНЫХ СЛУЧАЙНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК, СФОКУСИРОВАННЫХ В ЗОНЕ БЛИЖНЕГО ИЗЛУЧЕННОГО ПОЛЯ

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №15-19-10053).

## FEATURES OF THREE-DIMENSIONAL RANDOM ANTENNA ARRAYS FOCUSED IN THE NEAR RADIATED FIELD ZONE

*D. Vedenkin  
Yu. Sedelnikov  
A. Nasybullin  
N. Ryabova  
V. Ivanov*

### Annotation

The article provides three-dimensional focused antenna arrays, the potential of their application, describing their mathematical model and the functioning of key properties with numerical estimates.

**Keywords:** antenna array, near radiated field zone, efficiency factor, focus area, size of the focus area, stealth radiation.

**Веденькин Денис Андреевич**

*К.т.н., доцент, Казанский национальный исследовательский техн. университет им. А.Н. Туполева – КАИ*

**Седельников Юрий Евгеньевич**

*Д.т.н., профессор, Казанский национальный исследовательский техн. университет им. А.Н. Туполева – КАИ*

**Насыбуллин Айдар Ревкатович**

*К.т.н., доцент, Казанский национальный исследовательский техн. университет им. А.Н. Туполева – КАИ*

**Рябова Наталья Владимировна**

*Д.ф-м.н., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола*

**Иванов Владимир Алексеевич**

*Д.ф-м.н., профессор, Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола*

### Аннотация

В статье рассматриваются объемные сфокусированные антенные решетки, потенциал их применения, описывающая их функционирование математическая модель и ключевые свойства с численными оценками.

### Ключевые слова:

Антенная решетка, зона ближнего излученного поля, коэффициент эффективности, область фокусировки, размер области фокусировки, скрытность излучения.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях и уровне развития антенной теории и техники всё более широкое применение находят антенны и антенные решетки, функционирующие в зоне ближнего излученного поля. Дополнительная возможность фокусировки электромагнитного излучения открывает новые возможности применения подобных антенн в разнообразных задачах, например повышение потенциала радиосвязи, концентрация энергии в заданной области пространства, повышение эксплуатационных характеристик микроволновых технологических комплексов, в задачах волновой диагностики и неразрушающего контроля. Свойства сфокусированных электромагнитных полей неотрывно связаны как со свойствами источников электромагнитного излучения, так и с их пространствен-

ными положениями. Анализ свойств планарных случайных разреженных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля посвящен ряд современных исследований, например [1–5]. Однако свойства сфокусированных антенных решеток с объемным расположением излучателей в настоящее время недостаточно проанализированы, этому и посвящена настоящая статья.

Математическая модель объемной антенной решетки

Рассмотрим математическую модель разреженной когерентной сфокусированной антенной решетки с расположением излучателей в объеме на образующей цилиндра. Объемная антенная решетка представляет собой набор парциальных излучателей, располагающихся в объеме цилиндра. Для организации фокусировки необхо-

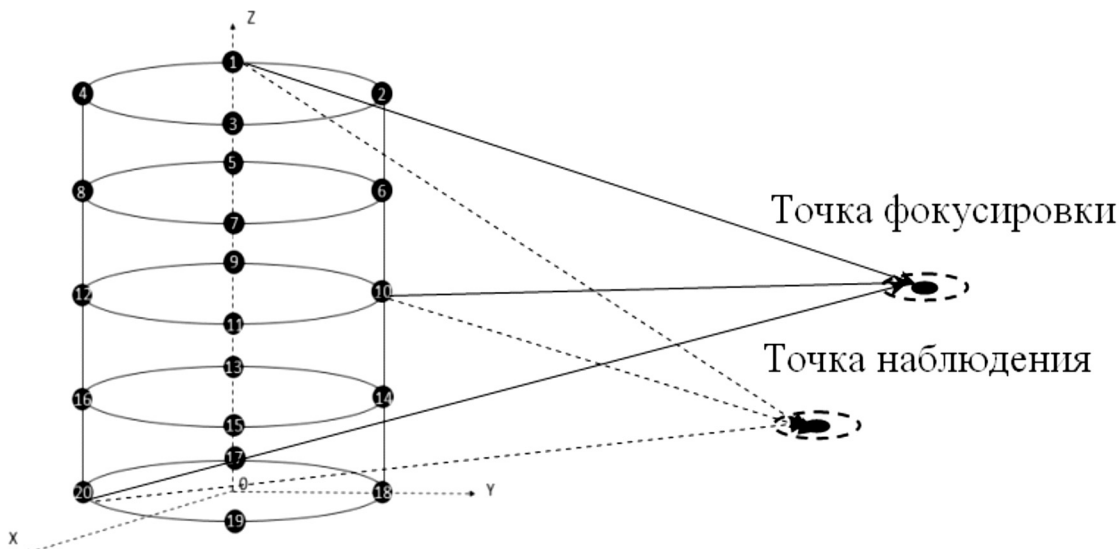


Рис. 1. Иллюстрация математической модели объемной сфокусированной апертуры.

димо таким образом реализовать фазовое распределение излучаемого парциальными излучателями электромагнитного поля, чтобы в точке фокусировки происходило их синфазное сложение. В этом случае в данной точке возникнет максимум напряженности поля. Модель когерентной антенной решетки сфокусированной в зоне ближнего излученного поля представлена на рис. 1.

Напряженность электромагнитного поля для сфокусированной апертуры описывается следующим выражением:

$$E_{\Phi}(x, y, z) = \sqrt{\left| \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot e^{-jk(R_i(x,y,z) - R_{\Phi_i})}}{R_i(x, y, z)} \right|^2}, \quad (1)$$

где

$I_i$  – ток в  $i$ -м излучателе;

$R_i(x, y, z)$  – расстояние от  $i$ -го излучателя до точки наблюдения  $(x, y, z)$ ;

$R_{\Phi}$  – расстояние от  $i$ -го излучателя до точки фокусировки;

$k=2\pi/\lambda$  – волновое число.

Распределение напряженности электромагнитного поля в окрестности точки фокусировки, рассчитанного по (1) представлено на рис. 2.

На данном рисунке отчетливо наблюдается существенное превышение напряженности поля в точке фокусировки по сравнению с остальными участками графика, что свидетельствует о наличии фокусировки.

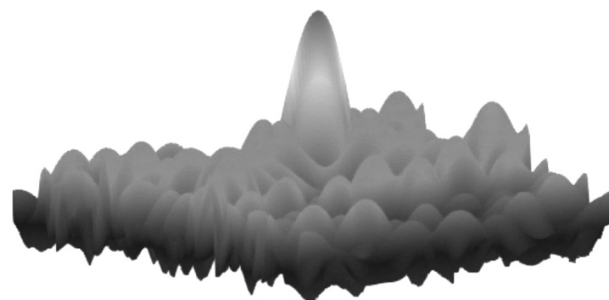


Рис. 2. Напряженность электромагнитного поля в окрестности точки фокусировки.

Анализируя трехмерный график, представленный на рис. 2, необходимо отметить, что в некоторой окрестности точки фокусировки наблюдается близкое к синфазному сложению парциальных полей отдельных излучателей решетки. Эта окрестность получила название "область фокусировки".

В работе [6] рассматриваются плоские сфокусированные антенные решетки и в ней предложено оценивать область фокусировки по уровню напряженности поля, как  $1/\sqrt{2}$  относительно значения напряженности поля в точке фокусировки. Фигура области фокусировки в нашем случае представляет собой геометрическое тело, близкое по своей форме к эллипсоиду, его размеры будем оценивать как длины трех его осей.

В той же работе область фокусировки рассматривается как эллипс и приводятся аналитические соотноше-

ния для определения ее размеров в долях длины волны:

$$\frac{\Delta R_{\perp}}{\lambda} \approx 0.5 \sqrt{\frac{4R_{\Phi}^2}{L_s^2} + 1}, \quad (2)$$

$$\frac{\Delta R_{\parallel}}{\lambda} \approx 0.5 \frac{\sqrt{1 + \frac{L_s^2}{4R_{\Phi}^2}}}{\sqrt{1 + \frac{L_s^2}{4R_{\Phi}^2} - 1}} \quad (3)$$

Важными качествами сфокусированных апертур является превышение напряженности поля в области фокусировки и ее снижение за ее пределами по сравнению с напряженностью поля от одиночного излучателя при равенстве излучаемых мощностей, в работе [6] для этих свойств предлагаются названия "коэффициент эффективности" и "коэффициент скрытности" соответственно.

Для оценки коэффициента эффективности служит формула

$$K_{\text{эф}} = \frac{E_{\Phi}(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})}{E_0(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})}, \quad (4)$$

где

$E_{\Phi}(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})$  – напряженность поля от сфокусированной апертуры в точке фокусировки с координатами  $(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})$ ;

$E_0(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})$  – напряженность поля от одиночного излучателя в точке фокусировки с координатами  $(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})$ .

Для оценки коэффициента скрытности необходимо рассчитать степень превышения напряженности поля создаваемого одиночной антенной над напряженностью поля создаваемого сфокусированной антенной при одинаковой излучаемой мощности по объему пространства за исключением объема области фокусировки, это может быть записано в виде формулы:

$$K_{\text{ск}} = \frac{\iiint_V E_0(x, y, z) dx dy dz - \iiint_V E_{\Phi}(x, y, z) dx dy dz - \iiint_{V_{\Phi}} E_0(x, y, z) dx dy dz}{\iiint_{V_{\Phi}} E_{\Phi}(x, y, z) dx dy dz}, \quad (5)$$

где  $V$  – объем пространства, в котором производится оценка коэффициента скрытности;

$V_{\Phi}$  – объем области фокусировки.

Численный расчет, а тем более аналитический, формулы (5) чрезвычайно затруднен, особенно для больших объемов и малых значений длины волны. Для упрощения расчетов возможен расчет коэффициента скрытности не по объему, а по одной из координатных осей.

Таким образом, для объемных антенных решеток сфокусированных в зоне ближнего излученного поля:

1. Коэффициент эффективности;
2. Размер и форма области фокусировки;
3. Коэффициент скрытности.

В качестве исходных данных примем следующие значения:

1. Количество излучателей ;
2. Количество уровней расположения излучателей 5;
3. Максимальный радиус цилиндра – 1000 м.;
4. Высота цилиндра – 400 м.;
5. Расстояние до точки фокусировки – 10, 30, 50, 70 и 90 км.

#### Результаты математического моделирования

В ходе математического моделирования получен ряд численных оценок свойств объемной антенной решетки сфокусированной в зоне ближнего излученного поля. Графики, иллюстрирующие возможность фокусировки излучения электромагнитных полей парциальных излучателей в точке фокусировки, отстоящей от центра антенны на расстояние 10 км по различным координатным осям представлены на рис. 3 – 5.

Как видно из представленных рисунков, область фокусировки имеет вид вытянутого вдоль оси  $OY$  эллипсоида. При этом на рис. 5 наблюдаются всплески напряженности поля на относительно небольших расстояниях от области фокусировки. Их значительная амплитуда связана с существенно меньшими значениями вертикального размера объемной антенной решетки по сравнению с горизонтальным размером.

Совместное синфазное воздействие электромагнитных полей, сформированных каждым из  $N$  излучателей эквивалентно увеличению мощности сигнала в  $N$  раз, а напряженности поля, соответственно в  $\sqrt{N}$  раз. Тогда предварительная численная оценка коэффициента эффективности по напряженности будет следующей:

$$K_{\text{эф}} = \sqrt{N} \quad (6)$$

Результаты численного моделирования приведены на рис 6.

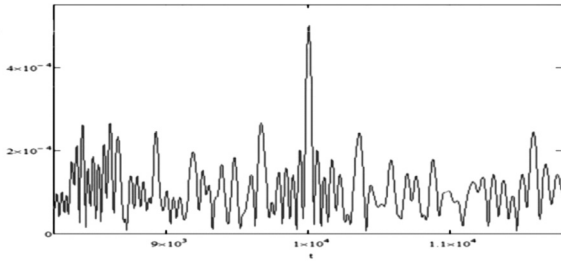


Рис. 3. Распределение напряженности сфокусированного поля вдоль оси OY.

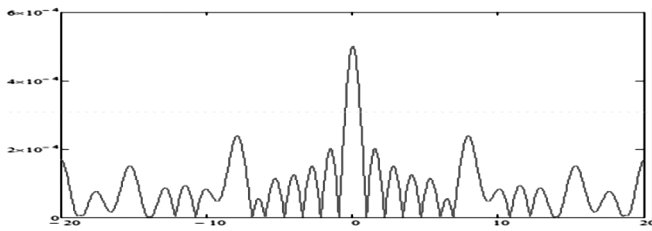


Рис. 4. Распределение напряженности сфокусированного поля вдоль оси OX.

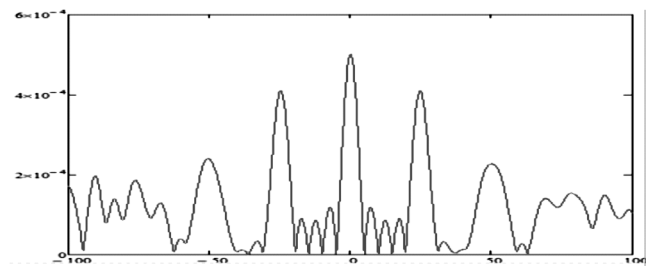


Рис. 5. Распределение напряженности сфокусированного поля вдоль оси OZ.

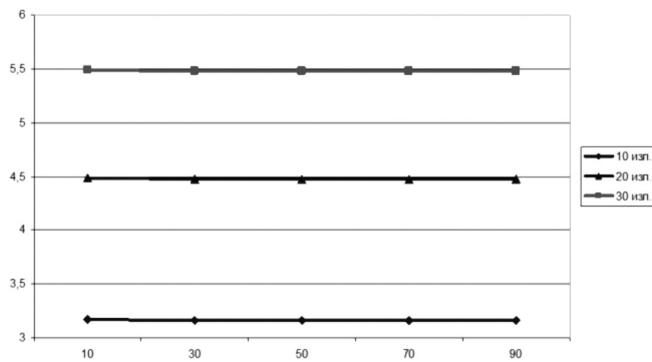


Рис. 6. Коэффициент эффективности при различных расстояниях до точки фокусировки и числе излучателей.

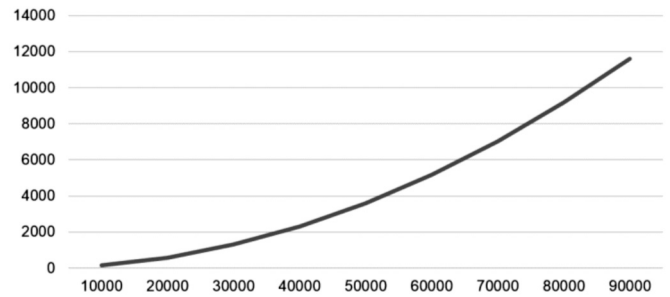


Рис. 7. Зависимость размера области фокусировки вдоль оси OY.

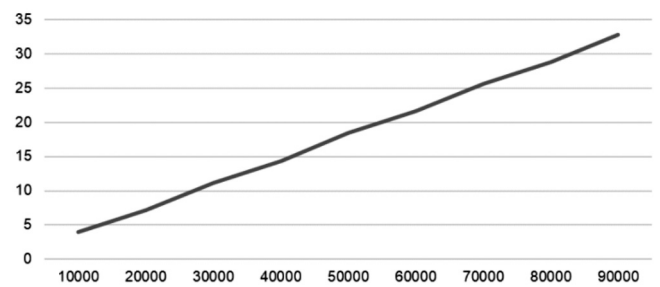


Рис. 8. Зависимость размера области фокусировки вдоль оси OX.

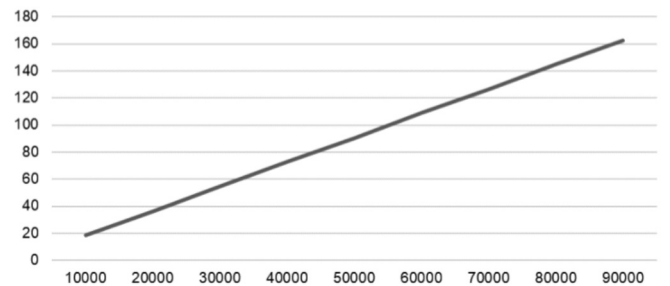


Рис. 9. Зависимость размера области фокусировки вдоль оси OZ.

Согласно данным, приведенным на рис. 6 коэффициент эффективности может быть оценен согласно (6) с достаточной степенью достоверности.

Как отмечалось ранее, область фокусировки представляет собой геометрическое тело, близкое по своей форме к эллипсоиду. Графики, иллюстрирующие зависимость размеров области фокусировки (приведены в долях длины волны) от расстояния до точки фокусировки представлены на рис. 7–9.

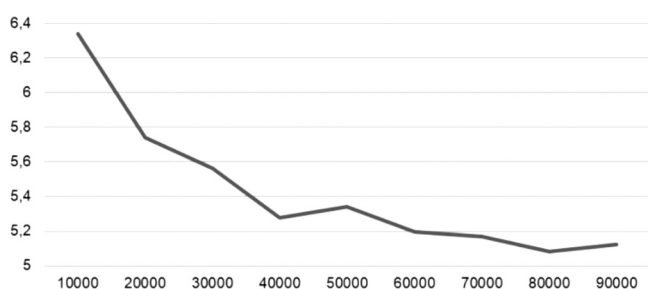


Рис. 10. Зависимость коэффициента скрытности вдоль оси OY.

Как видно из представленных на рис. 7–9 графиков размеры области фокусировки в продольном направлении превышают размеры в поперечном направлении в 100 – 400 раз.

График, иллюстрирующий зависимость изменения коэффициента скрытности вдоль продольной оси OY в зависимости от расстояния приведен на рис. 10.

#### Выводы по работе

В работе рассматриваются принципы функционирования объемных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля, предложена реализация математической модели антенной решетки и проанализированы основные свойства сфокусированных апертур. Показано что коэффициент эффективности функционирования сфокусированной апертуры по напряженности поля может быть оценен согласно [6], области фокусировки имеет форму эллипсоида с продольным размером, значительно превышающим поперечный.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 15–19–10053).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веденькин Д.А. Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов. Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2007. Т. 10. №5. с. 36.
2. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов. Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2008. Т. 11. №4. с. 40–46.
3. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов. Глобальный научный потенциал. 2013. № 10 (31). с. 86–88.
4. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е. Параметры разреженных сфокусированных антенных решеток. Наука и бизнес: пути развития. 2013. № 10 (28). с. 56–59.
5. Веденькин Д.А. Сфокусированные антенные решетки в составе радиоэлектронных средств группы малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. Казань, 2012
6. Веденькин Д.А. Сфокусированные антенные решетки в составе радиоэлектронных средств группы малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. Казань, 2012

© Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников, А.Р. Насыбуллин, Н.В. Рябова, В.А. Иванов, ( denis\_ved@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# РАДИОФОТОННЫЙ СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №15-19-10053).

## RADIO PHOTONIC SYNTHESIS OF COMPLEX RADIO SIGNALS WITH LINEAR FREQUENCY MODULATION

*A. Nasybullin  
O. Morozov  
D. Vedenkin  
N. Ryabova  
V. Ivanov*

### Annotation

This article discusses the questions of formation of the double chirp radio-signal based on radio photonics methods of amplitude-phase modulation converting of optical carrier in Mach-Zehnder modulator working to suppress the carrier on "zero" point of the modulation characteristics.

**Keywords:** radio photonics, LFM signal, modulator of Mach-Zehnder, modulation transformation of optical carrier.

### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы формирования двойного ЛЧМ радиосигнала на основе радиофотонных методов амплитудно-фазового модуляционного преобразования оптической несущей в электрооптическом модуляторе Маха-Цендера, работающего для подавления несущей в "нулевой" точке модуляционной характеристики.

### Ключевые слова:

Радиофотоника, ЛЧМ сигнал, модулятор Маха-Цендера, модуляционное преобразование оптической несущей.

## ВВЕДЕНИЕ

Радиофотоника – междисциплинарная область науки и техники, изучающая вопросы применения и обработки радиотехнических сигналов в оптическом диапазоне с использованием элементной базы интегральной и волоконной оптики. К функциям передачи, приема и обработки информации в системах радиофотоники относятся: генерация несущих частот, частот гетеродинов, полигармонических и многочастотных излучений, их передачи по оптическому волокну и преобразования, формирования диаграмм направленности фазированных антенных решеток, измерения мгновенной частоты и фильтрация радиосигналов и др.

Ключевым элементом систем радиофотоники является подсистема формирования модулированного лазер-

ного излучения, обеспечивающая как перенос радиосигнала в оптический диапазон, так и формирование полигармонического оптического сигнала с разностной частотой, лежащей в радиодиапазоне, например, для генерации непрерывной радиочастоты, равной разностной, после фотодетектирования. В сравнении с классическими радиоэлектронными техническими системами радиофотонные имеют существенные преимущества по более широкому частотному и амплитудному диапазону принимаемых несущих, алгоритмам обрабатываемых информационных частот, высокому разрешению при измерениях, малым потерям, высокой электромагнитной помехоустойчивости, простоте структуры, компактности, малому весу [1]. Средствами радиофотоники с модуляционным преобразованием оптической несущей возможно осуществить формирование сложных видов радиосигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

Радиосигналы с ЛЧМ нашли широкое применение в качестве зондирующих сигналов во многих технических приложениях, таких как радиолокация, геолокация, медицинская измерительная техника и др. В статье обсуждаются методы увеличения базы ЛЧМ радиосигнала, формирования двойного ЛЧМ радиосигнала с применением модуляционного преобразования в двухпортовом электрооптическом модуляторе Маха–Цендера.

Особенности модуляционного преобразования в электрооптическом модуляторе Маха–Цендера

Анализируя методы модуляции оптического излучения можно указать наибольшую эффективность электрооптических модуляторов, т.к. подобные устройства требуют малых управляющих напряжений, обладают широким частотным диапазоном, сами модуляторы характеризуются малыми весогабаритными показателями. Наиболее успешные результаты в технологии изготовления были достигнуты для интегральных электрооптических модуляторов на основе схем Маха–Цендера (ММЦ).

Функционирование ММЦ характеризуется режимом работы, отличающимся положением рабочей точки на модуляционной характеристике по напряженности поля (рис. 1).

Рассмотрим спектр выходного сигнала ММЦ при расположении рабочей точки в минимуме его модуляционной характеристики при напряженности электрического поля  $E=0$  [2–5].

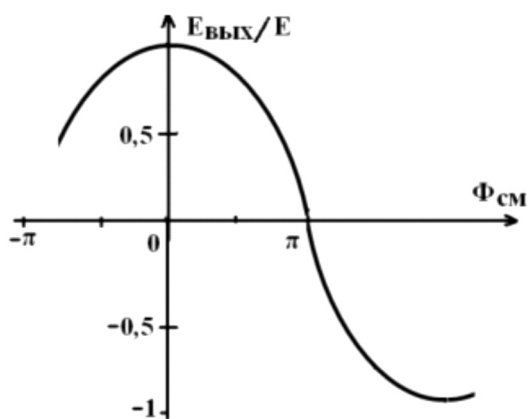


Рис. 1. Модуляционная характеристика ММЦ по напряженности поля.

Режим "нулевой" точки соответствует минимальной выходной напряженности, т.е. при  $\Phi_{CM}=\pi$  (рис. 1).

Выходной сигнал будет описываться выражением (1)–(2):

$$E_{\text{ВЫХ}}(t) = \frac{E_0}{\sqrt{2}} e^{j\omega_0 t} \left[ e^{jb \sin(\Omega t + \pi)} + e^{jb \sin(\Omega t + \pi) + j\Phi_{CM}} \right] =$$

$$= -2j \frac{E_0}{\sqrt{2}} e^{j\omega_0 t} \sin(b \sin \Omega t) = \quad (1)$$

$$= -4j \frac{E_0}{\sqrt{2}} e^{j\omega_0 t} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n-1}(b) \sin[(2n-1)\Omega t] \right]$$

$$b = \pi \frac{V_M}{V_\pi} \quad (2)$$

где

$E_0$  – амплитуда электрического поля входного немодулированного оптического сигнала,  $\omega_0$  – циклическая частота немодулированного оптического сигнала,  $b$  – коэффициент модуляции,  $\Omega$  – циклическая частота модулирующего радиочастотного сигнала,  $V_M$  – амплитуда напряжения модулирующего сигнала,  $V_\pi$  – полуволновое напряжение модулятора,  $J_i$  – функция Бесселя первого рода  $i$ -го порядка.

Необходимо отметить, что данный режим будет обеспечен также для  $\Phi_{CM}=(2k-1)\pi$ , однако, при выборе  $k>1$  не удовлетворяется принципиальное условие малости управляющих модулятором напряжений. Параметры модулятора при больших напряжениях смещения претерпят отклонение, что скажется на эффективности преобразования.

Анализ выражения (1) показывает, что спектр выходного сигнала ММЦ при  $\Phi_{CM}=\pi$  является многочастотным и состоит из двух полос, при этом колебание на частоте несущей отсутствует (рис. 2). Полосы расположены симметрично относительно подавленной несущей, спектральные составляющие находятся на частотах  $\omega = \omega_0 \pm n\Omega$ , где  $n=1,3,5,\dots$ , то есть четные гармоники подавлены. Начальные фазы гармоник, составляющих нижнюю полосу на  $\pi$  отличны от начальной фазы гармоник верхней полосы.

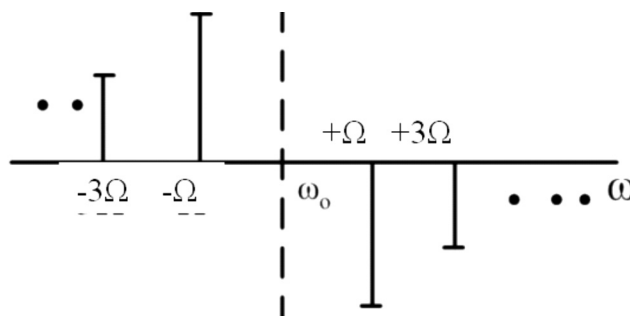


Рис. 2. Спектр на выходе ММЦ, работающего в "нулевой" рабочей точке.



Для малых модулирующих напряжений гармониками 2-го и более высокого порядка можно пренебречь в силу их малости [7].

### Радиофотонные системы формирования сложных ЛЧМ радиосигналов

Согласно описанным в предыдущем разделе представлениям в случае использования в качестве модулирующего в ММЦ сигнала с линейным нарастанием частоты вида  $V_m \cos(kt^2)$ , где  $k$  – коэффициент, определяющий скорость изменения частоты, то выражение, определяющее форму электрического сигнала на выходе фотодетектора, соединенного с выходом модулятора, будет иметь вид

$$i(t) \propto 2J_1^2(b) + 2J_1(b) \cos(2kt^2) \quad (3)$$

Постоянную составляющую в (3) можно устранить используя на выходе фотодетектора фильтр высоких частот. Анализируя выражение (3) можно наблюдать увеличение в два раза девиации частоты ЛЧМ сигнала после модуляционного преобразования в ММЦ, что позволяет в такое же количество раз увеличить базу сигнала.

Двойной ЛЧМ сигнал представляет собой комбинацию двух сигналов с зеркальным изменением частоты и одинаковой средней частотой. Подобный сигнал применяется для улучшения разрешающей способности в локационных доплеровских системах [8]. Радиофотонный подход к формированию двойного ЛЧМ радиосигнала использует двухпортовый ММЦ (рис. 3) при использова-

нии в качестве модулирующего сигнала в первом плече несущей радиодиапазона с частотой  $\Omega$ , а во втором плече радиосигнала с линейным увеличением частоты, об- ладающего скоростью изменения частоты  $k$ . Напряжения смещения  $U_1$  и  $U_2$  выбираются таким образом, чтобы обеспечить работу обоих модуляторов двухпортового ММЦ в "нулевой" рабочей точки модуляционной характеристики для подавления оптической несущей.

Оптическое колебание от лазерного диода ЛД через контроллер поляризации КП поступает на вход двухпортового ММЦ, где параллельно поступает на оба внутренних модулятора.

Выражение для выходного сигнала двухпортового ММЦ согласно (1) выглядит как

$$\begin{aligned} E(t) &= E_0 e^{j\omega_0 t} \left[ e^{jb_1 \cos(\Omega t)} + e^{jb_2 \cos(kt^2)} \right] = \\ &= J_1(b_1) e^{j(\omega_0 - \Omega)t} + J_1(b_1) e^{j(\omega_0 + \Omega)t} + \\ &+ J_1(b_2) e^{j(\omega_0 t - kt^2)} + J_1(b_2) e^{j(\omega_0 t + kt^2)} \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$b_i = \pi V_{mi} / V_{\pi i} \quad (i=1,2),$$

$\omega_0$  – частота оптической несущей.

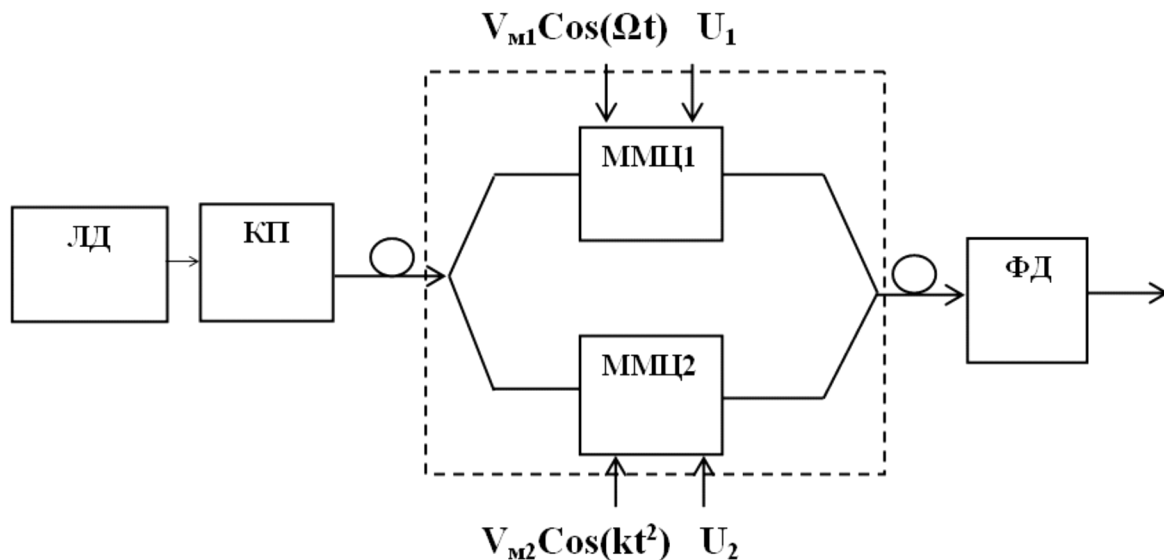


Рис. 3. Радиофотонный формирователь двойного ЛЧМ сигнала.

Оптический сигнал  $E(t)$  подается на фотодетектор ФД, на выходе которого образуется фототок, определяемый выражением (5).

$$i(t) \propto 2J_1^2(b_1) + 2J_2^2(b_1) + 2J_1^2(b_1) \cos(2kt^2) + \\ + 2J_1^2(b_2) \cos(2\Omega t) + 4J_1(b_1)J_1(b_2) \cos(\Omega t + kt^2) + \\ + 4J_1(b_1)J_1(b_2) \cos(\Omega t - kt^2)$$

Три первых слагаемых в выражении (4) являются низкочастотными колебаниями и могут быть подавлены фильтром верхних частот, подключенным к выходу фотодетектора. Четвертое слагаемое устраняется если частота  $2\Omega$  выходит за пределы полосы частот фотодетектора, в противном случае может быть отфильтровано. Оставшиеся два последних слагаемых представляют собой двойной ЛЧМ радиосигнал с центральной частотой, равной  $\Omega$ .

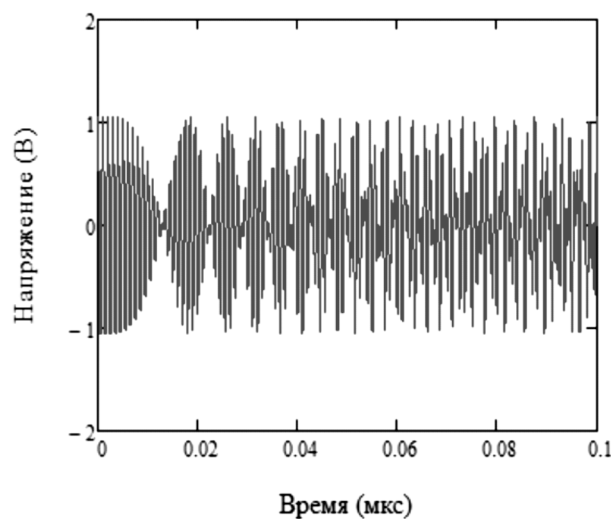
Формы временного и спектрального представления сигнала, описываемого выражением (5), при частоте несущей  $\Omega=1$  ГГц и полосе частот 600 МГц, полученные в программе Mathcad, показаны на рис. 4.

Изменение параллельной конфигурации схемы формирования на последовательную, состоящую из 2-х однопортовых ММЦ с аналогичными обозначенным на рис. 3 модулирующими сигналами, позволяет увеличить в 2 раза как несущую радиосигнала  $\Omega$ , так и девиацию частоты ЛЧМ колебания. Используя описанные принципы можно синтезировать такой вид сложного ЛЧМ сигнала, как симметричный ЛЧМ сигнал, характеризующийся законом изменения частоты во времени в виде равнобедренного треугольника. Синтез симметричного ЛЧМ сигнала на основе возможностей радиофотоники позволяет получить строгую симметричность и высокую верхнюю частоту.

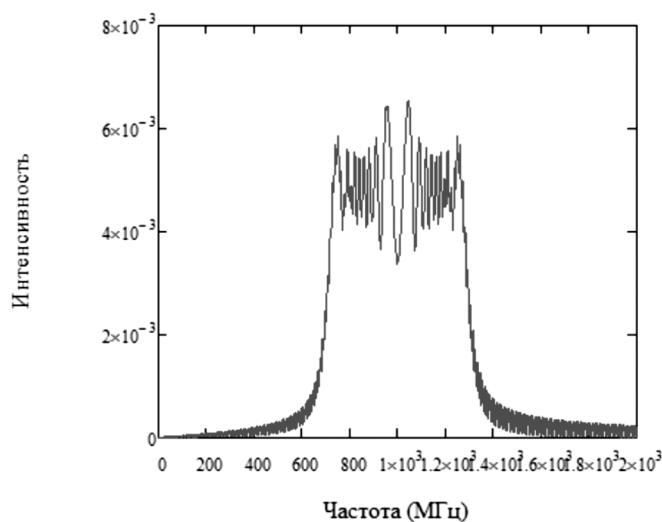
#### ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В работе представлены результаты применения принципов радиофотоники, основанных на амплитудно-фазовом модуляционном преобразовании оптической несущей в модуляторе Маха-Цендера, работающего в режиме подавления несущей, для формирования двойного ЛЧМ радиосигнала. Радиофотонные методы синтеза позволяют получить высокую центральную частоту сигнала и добиться строгой синхронизации составляющих двойного ЛЧМ радиосигнала в силу природной симметрии модулированных колебаний.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 15-19-10053).*



*a*



*б*

Рис. 4. Временное (а) и спектральное (б) представление двойного ЛЧМ сигнала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов О.Г. Системы радиопотоники с амплитудно-фазовым модуляционным преобразованием оптической несущей / О.Г. Морозов, Г.И. Ильин, Г.А. Морозов. Под ред. О.Г. Морозова. – Казань: ООО "Новое знание", 2014. – 192 с.
2. Садеев Т.С. Спектральные характеристики фотонных фильтров микроволновых сигналов на основе амплитудных электрооптических модуляторов / Т.С. Садеев, О.Г. Морозов // Вестник МарГТУ. – 2010. – Т.10, №3. – С. 22 – 30.
3. Морозов О.Г., Ильин Г.И. Амплитудно-фазовая модуляция в системах радиопотоники // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 1. – С. 3–42.
4. Морозов О.Г., Айбатов Д.Л., Садеев Т.С. Синтез двухчастотного излучения и его применения в волоконно-оптических системах распределенных и мультиплексированных измерений // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2010. Т. 13. № 3. С. 84–91.
5. Севастьянов А.А. Формирование многочастотного излучения в двухпортовом модуляторе Маха-Цендера / А.А. Севастьянов [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. №4. С.232–236.
6. Morozov O.G. Spectrum conversion investigation in lithium niobate Mach-Zehnder modulator/ D.L. Aybatov, O.G. Morozov // Optical Technologies for Telecommunications. – Proc. SPIE V.7523. – 2009. – Samara. – P.75230D-1 – 75230D-7.
7. Садеев Т.С. Фотонные фильтры микроволновых сигналов на основе одночастотного лазера и амплитудного электрооптического модулятора Маха-Цендера: Автореф. дис. канд. техн. наук, Казань, 2011.
8. Dan Zhu and Jianping Yao Dual-Chirp. Microwave Waveform Generation Using a Dual-Parallel Mach-Zehnder Modulator // IEEE Photonics technology letters, Vol. 27, №13, 2015, PP. 1410 1413.

© А.Р. Насыбуллин, О.Г. Морозов, Д.А. Веденькин, Н.В. Рябова, В.А. Иванов, ( aydar.nasybullin@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».

**МАЙНЕКС 2016**  
**ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ**

**7-й ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫЙ  
 ФОРУМ И ВЫСТАВКА**

**ИНВЕСТИЦИИ - ТЕХНОЛОГИИ - РЕГУЛИРОВАНИЕ**

**19 - 21 апреля 2016**  
**Астана, Казахстан**

# ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВОЛНОВОДНОГО Т-ЩЕЛЕВОГО НАПРАВЛЕННОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ

## TECHNOLOGICAL DESIGN OF THE WAVEGUIDE T-SLOT DIRECTIONAL COUPLER: CHARACTERISTICS AND PRACTICAL APPLICATION

*A. Suchkov*

### Annotation

The results of electrodynamic modeling and experimental characteristics of the waveguide directional coupler with the T-shaped coupling element are presented. Considers the issues of high-tech manufacturing unit, which allows to significantly simplify the design, to minimize the impact of manufacturing tolerances on electrical parameters, to improve weight and size and operational figure and reduce cost in the production. Shows the possibility of practical realization of some microwave devices based on T-shaped coupling element of waveguides.

**Keywords:** directional coupler, waveguide, T-shaped coupling element, electromagnetic simulation.

*Сучков Александр Владимирович*

*Вед. инженер,*

*АО "Научно-производственное объединение  
"Лянозовский электромеханический завод",*

*г. Москва*

### Аннотация

В работе приведены результаты электродинамического моделирования и экспериментальные характеристики волноводного направленного ответвителя с Т-образным окном связи. Рассмотрены вопросы высокотехнологичного изготовления устройства, позволяющие существенно упростить конструкцию, минимизировать влияние допусков изготовления на электрические параметры, улучшить массогабаритные и эксплуатационные показатели и снизить стоимость при производстве. Показана возможность практической реализации некоторых СВЧ-устройств на базе Т-образного элемента связи волноводов.

### Ключевые слова:

Направленный ответвитель, волновод, Т-образный элемент связи, электродинамическое моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время направленные ответвители (НО) находят широкое применение в ряде задач, связанных с приемлемой конструктивной реализацией и минимизацией искажений амплитудно-фазового распределения (АФР) в волноводных диаграммообразующих схемах (ДОС) моноимпульсных антенных решеток с частотным сканированием [1], [2].

Одноэлементные НО, как правило, узкополосны, многоэлементные имеют большие габариты, а комбинированные, например, волноводно-полосковые НО [3] имеют достаточно трудоемкое конструктивно-технологическое исполнение и максимально достижимый коэффициент связи порядка 6 дБ. Поэтому их использование в составе волноводных ДОС в условиях требований, предъявляемых к современным моноимпульсным антеннам, весьма затруднительно.

В связи с необходимостью реализации коэффициентов связи НО в диапазоне от 36 дБ до 3 дБ (с целью снижения потерь мощности в ДОС и формирования требуе-

мого спадающего АФР [2]) было предложено использовать волноводный НО с Т-образным "риблетовским" окном связи [4], [5].

### Конструктивно-технологическая реализация НО

Конструкция предлагаемого НО представляет собой два параллельных прямоугольных волновода, связанных с помощью двух щелей, одна из которых расположена параллельно, другая – перпендикулярно продольной оси волноводов. Щели прорезаны в общей широкой стенке волноводов (рис. 1).

Практика изготовления НО показывает, что использование стандартного волноводного проката, имеющего большой разброс сечения канала, и пайка (либо сварка) деталей, приводящая к деформациям окна связи первичного и вспомогательного волноводов, отрицательно влияют на электрические параметры и не соответствуют возможностям современных технологий. Современная технология с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяет изготовить НО в виде сборки двух зеркально-симметричных фрезеро-

ванных соответствующим образом алюминиевых пластин, образующих при сборке корпус устройства (рис. 1).

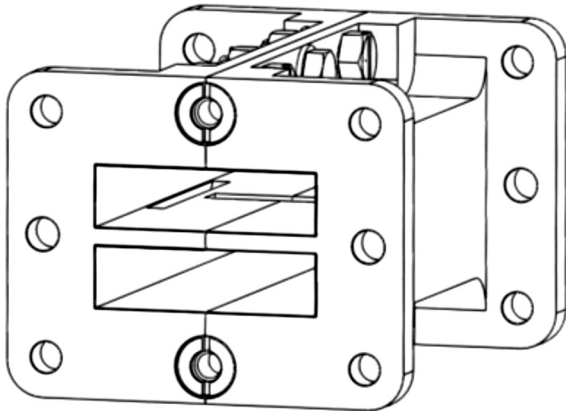


Рис. 1. Конструкция волноводного НО

Механическая стыковка пластин производится вдоль плоскости, являющейся плоскостью симметрии внутренних волноводных каналов перпендикулярной их широкой стенке.

Внутри корпуса расположена топология первичной и вспомогательной волноводных линий (с одинаковым сечением  $a \times b$ ), связанных между собой с помощью продольной и поперечной щелей, прорезанных в общей широкой стенке толщиной  $t$ . Поперечная щель имеет ширину  $w_1$  и смещение оси симметрии относительно центра широкой стенки ( $o_1$ ), продольная – ширину  $w_2$  и отступ оси симметрии от узкой стенки волноводных каналов ( $o_2$ ). Фрезеровка волноводной топологии и поперечной щели производится на станке с ЧПУ с помощью торцевой фрезы диаметром  $w_1$ . Продольная щель прорезается также на станке с ЧПУ с применением отработанной спец.оснастки – фрезы грибкового типа диаметром  $d$  и толщиной  $w_2$ . Заход грибковой фрезы осуществляется с каждой из сторон общей стенки волноводных линий на глубину  $h$  (см. рис. 2).

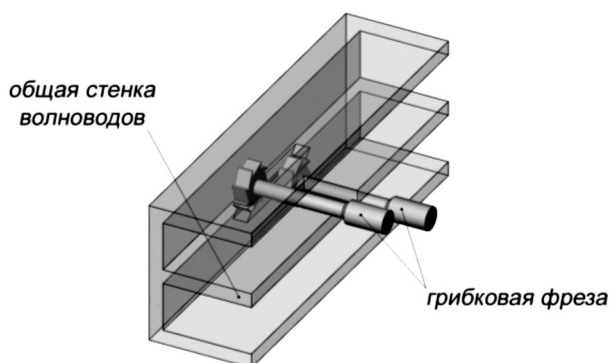


Рис. 2. Фрезеровка продольной щели НО

## Расчет и моделирование характеристик НО

Конструкция НО, рассчитанная в соответствии с общепринятыми формулами, представленными, например, в [4], [5] на практике не обеспечивает приемлемого совпадения экспериментально измеряемого коэффициента связи с расчетным, требуемых уровней согласования и направленности, а также широкополосности устройства, что обусловлено проблематичностью учета в формулах всех необходимых параметров (толщина общей стенки, взаимная ориентация щелей, остаточные радиусы от грибковой фрезы на продольной щели) определяемых спецификой конструктивной реализации.

Результаты электродинамического моделирования методом конечных элементов в специализированном программном пакете показали что оптимальная конфигурация НО с точки зрения реализации требуемого диапазона переходных ослаблений, направленности, уровня согласования и широкополосности достигается при определенных соотношениях длин и ширин щелей к поперечному сечению основного и вспомогательного волноводов, а также взаимном расположении щелей на общей стенке.

По результатам электродинамического расчета характеристик НО в  $S$ - и  $X$ -диапазонах частот были изготовлены 4 экспериментальных образца с переходными ослаблениями 3 дБ, 10 дБ, 20 дБ и 30 дБ.

На рис. 3 приведены расчетные и экспериментальные (обозначены точками) зависимости амплитуд и фаз проходящей ( $S_{12}$ ) и ответвленной ( $S_{13}$ ) волн от длин поперечной ( $L_1$ ) и продольной ( $L_2$ ) щелей НО на нижней, средней и верхней частотах  $S$ -диапазона в рабочей полосе порядка 6%.  $L_1$  и  $L_2$  являются переменными параметрами конфигурации НО.

Значения остальных параметров постоянны:  $a=62,4$  мм,  $b=17$  мм,  $w_1=10$  мм,  $w_2=5$  мм,  $o_1=0$  мм,  $o_2=3,5$  мм,  $t=5$  мм,  $d=16$  мм,  $h=3,5$  мм. Расчетные и экспериментальные результаты показали что требуемый коэффициент связи НО в основном определяется значениями  $L_1$  и  $L_2$  при их определенном (см. рис. 3) соотношении, при этом, КСВН основной и вспомогательной линий устройства, а также направленность в рабочей полосе частот практически не изменяются и в среднем составляют 1,05...1,1 и 25...30 дБ, соответственно.

Аналогичные теоретические и экспериментальные исследования были проведены для НО  $X$ -диапазона частот в рабочей полосе около 5%. При найденных параметрах оптимальной конфигурации НО ( $a=22$  мм,  $b=6$  мм,  $w_1=w_2=3$  мм,  $o_1=o_2=2,5$  мм,  $t=2$  мм,  $d=5$  мм,  $h=1,1$  мм,  $L_1=6,5...14$  мм,  $L_2=13,3...29$  мм) его основные электрические характеристики практически аналогичны характеристикам НО  $S$ -диапазона.

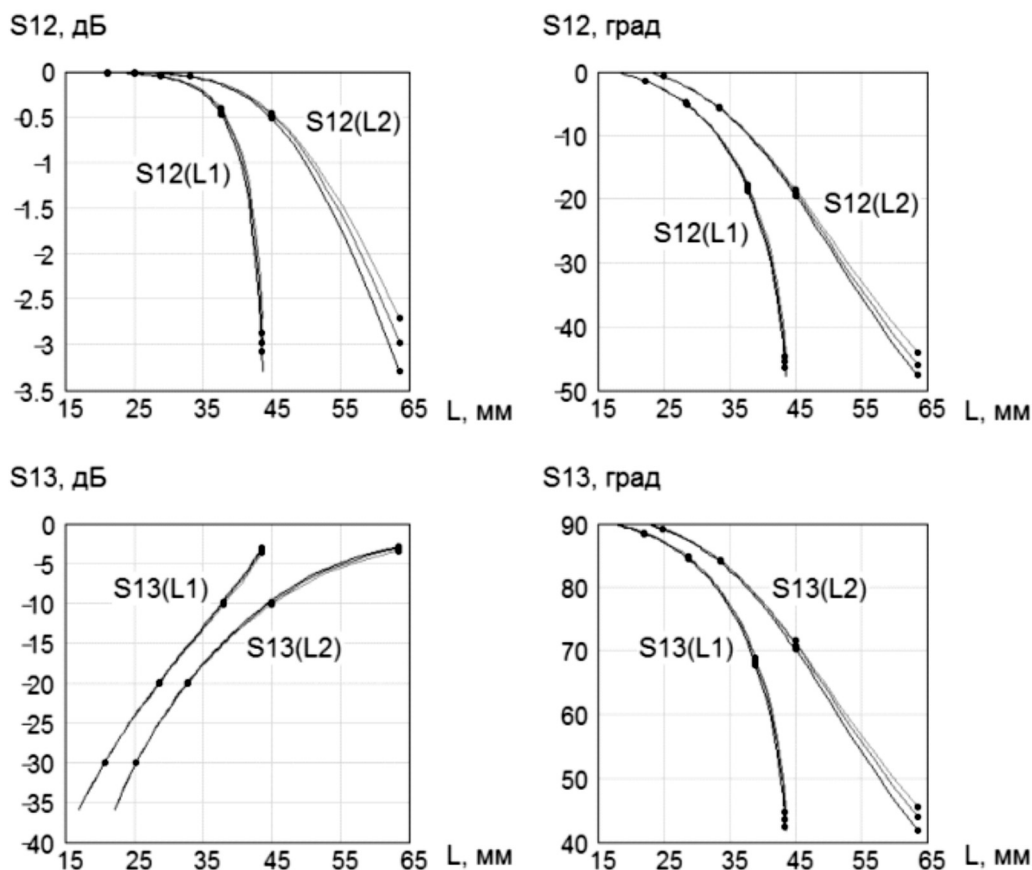


Рис. 3. Характеристики волноводного НО

### Варианты практического применения НО

На базе разработанного НО X-диапазона были реализованы технологичные в изготовлении и относительно компактные СВЧ-устройства, применяемые в составе антенно-фидерных трактов: аттенуатор с коаксиальными выходами, НО с коаксиальным выходом вспомогательной линии и делитель мощности пополам с коаксиальными выходами, а также равноамплитудный 4-канальный делитель мощности. Коаксиальные выходы устройств выполнены на базе разъема N-типа, сопрягаемого с волноводом. Поглощающие нагрузки всех блоков выполнены на базе встроенного в волноводную топологию разрезного экспоненциального клина.

Разработанный НО S-диапазона был использован в качестве типового элемента распределительной системы (ДРС) моноимпульсной волноводно-щелевой антенной решетки с частотным сканированием [2]. Применение НО в составе антенны [2] позволило реализовать на практике плоскую конструкцию волноводной суммарно-разностной ДРС на базе двух фрезерованных половин. Также на основе НО S-диапазона были реализованы 16-канальный делитель и сумматор мощности, предназначенные для работы в составе волноводной распределительно-суммирующей системы твердотельного передающего устройства.

тельно-суммирующей системы твердотельного передающего устройства.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя результаты проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

- ◆ конструкция волноводного НО с T-образным окном связи физически реализуема в диапазоне длин волн от 30 до 3 см;
- ◆ основным условием получения оптимальной конфигурации НО является согласование T-образного окна связи с первичной и вспомогательной волноводными линиями устройства;
- ◆ динамический диапазон изменения коэффициента связи составляет не менее 40 дБ (при максимальном коэффициенте связи не менее минус 3 дБ);
- ◆ широкополосность НО, определяемая отклонением коэффициента связи от среднего значения в пределах  $\pm 0,5$  дБ (при значениях направленности не хуже 25 дБ и КСВН не более 1,1), превышает 10%;
- ◆ зависимость амплитуд и фаз прошедшей и ответвленной волн от длин щелей L1 и L2 нелинейна;
- ◆ электрическая прочность НО ограничивается

размерами поперечной и продольной щелей;

◆ влияние допусков изготовления на электрические параметры незначительно (модуль разности экспериментально измеренного коэффициента связи с расчетным составляет не более 0,2 дБ);

◆ конструкция НО, разработанная для использования в волноводной моноимпульсной ДОС, также применима и для использования в СВЧ-устройствах сложения (деления) мощности и устройствах контроля параметров СВЧ-сигналов в волноводно-фидерных трактах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по радиолокации / под ред. М. Скольника. Т. 2. Радиолокационные антенные устройства. М.: Сов. Радио, 1977. 408 с.
2. Сучков А.В. Моноимпульсная волноводно-щелевая антенная решетка с частотным сканированием // Аннотации работ 7-го межотраслевого молодежного конкурса научно-технических работ и проектов "Молодежь и будущее авиации и космонавтики". (Москва, 17 ноября 2015). Москва: МАИ. 2015. С. 176-178.
3. Немоляев А.И., Куцев И.М. "Волноводно-полосковый направленный ответвитель и его применение на СВЧ // Доклады XVII научно-технической конференции ВНИИРТ. М., ОАО "ВНИИРТ". 2007. С. 320-323.
4. Сосунов В.А., Шибяев А.А. Направленные ответвители сверхвысоких частот. Саратов. Приволжское книжное издательство. 1964. 136 с.
5. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. М.: Сов. Радио, 1967. 652 с.

© А.В. Сучков, ( avsu@bk.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



АО "Научно-производственное объединение "Лянозовский электромеханический завод", г. Москва

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ ВЯЗКОГО ТЕПЛОПРОВОДНОГО ГАЗА МЕЖДУ НЕПОДВИЖНОЙ И ПОДВИЖНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СТЕНКАМИ

*Габдулхаев Вадим Фатикович*  
Уральский государственный  
университет путей сообщения

## MATHEMATICAL MODELING OF VISCOUS HEAT-CONDUCTING GAS BETWEEN THE FIXED AND MOVABLE HORIZONTAL WALL

*V. Gabdulkhayev*

### Annotation

In the book [1], a method of solving the complete Navier–Stokes equations using trigonometric series. The solution presented in the form when added to the specified background trigonometric series in the spatial variables with unknown coefficients depending on time. To these factors we obtain an infinite system of ordinary differential equations. With the help of identical transformations, the system is reduced to the form, which requires significantly fewer arithmetic operations in the calculation of the right sides of the system of ordinary differential equations compared to the original presentation.

In this paper as a background to take one course of an exact solution of the full Navier–Stokes equations describing the motion of the gas between the two horizontal walls, one of which moves, and the other is stationary.

**Keywords:** The complete system of Navier–Stokes equations, complex gas flow, nonlinear partial differential equations.

### Аннотация

В книге [1] предложена методика решения полной системы уравнений Навье–Стокса с помощью тригонометрических рядов. При этом решение представляется в виде, когда к заданному фону прибавляются тригонометрические ряды по пространственным переменным с неизвестными коэффициентами, зависящими от времени. Для этих коэффициентов получена бесконечная система обыкновенных дифференциальных уравнений. С помощью тождественных преобразований, эта система сведена к виду, который требует выполнения существенно меньшего числа арифметических операций при вычислении правых частей системы обыкновенных дифференциальных уравнений по сравнению с первоначальным представлением.

В данной работе в качестве фонового течения взято одно точное решение полной системы уравнений Навье–Стокса, описывающего движение газа между двумя горизонтальными стенками, одна из которых движется, другая неподвижна.

### Ключевые слова:

Полная система уравнений Навье–Стокса, сложные течения газа, нелинейные уравнения с частными производными.

### Точное решение полной системы уравнений Навье–Стокса

Рассматривается случай двумерных течений политропного газа с уравнениями состояния (1) и (2) при постоянных значениях  $\mu$ ,  $\mu' = 0, k$  и в качестве контактной поверхности берется плоскость  $x=0$ , т.е.  $v_1|_{x=0} = 0$

$$p = R\rho T \quad (1)$$

где

$p$  - давление газа,

$\rho$  - плотность,

$R = \text{const} > 0$  - газовая постоянная,

$T$  - температура газа;

$$e = c_{vo} T \quad (2)$$

где

$$C_{vo} = \text{const} > 0 \quad \begin{array}{l} e - \text{внутренняя энергия,} \\ - \text{постоянная удельная тепло} \\ \text{емкость при постоянном} \\ \text{объеме,} \end{array}$$

$T$  - температура газа;

$$\frac{R}{c_{vo}} = \gamma - 1 \quad \begin{array}{l} \text{где} \\ \gamma = \text{const} > 1 - \text{показатель} \\ \text{политропы газа;} \end{array}$$



Берется полная система уравнений Навье–Стокса, представленная в следующем виде:

$$(x = x_1, y = x_2, u = v_1, v = v_2):$$

$$\left\{ \begin{aligned} \rho_t + u\rho_x + v\rho_y + \rho(u_x + v_y) &= 0 \\ \rho u_t + \rho(uu_x + vv_y) + \frac{1}{\gamma}(T\rho_x + \rho T_x) &= \\ = \mu_0(u_{xx} + \frac{3}{4}u_{yy} + \frac{1}{4}v_{xy}) & \\ \rho v_t + \rho(uv_x + vv_y) + \frac{1}{\gamma}(T\rho_y + \rho T_y) &= \\ = \mu_0(v_{yy} + \frac{3}{4}v_{xx} + \frac{1}{4}u_{xy}) & \\ \rho T_t + \rho(uT_x + vT_y) + (\gamma - 1)\rho T(u_x + v_y) &= \\ = \kappa_0(T_{xx} + T_{yy}) + \gamma(\gamma - 1)\mu_0 & \\ \left\{ \frac{1}{2}[(u_x - v_y)^2 + u_x^2 + v_y^2] + \frac{3}{4}(u_y + v_x)^2 \right\} & \end{aligned} \right.$$

Для данной системы, имеются следующие формулы, задающие точное двумерное стационарное решение, когда

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} &= w = 0 \\ \rho &= a_1 \\ u = v_1 &= \frac{a_2 \cdot \text{Re} \cdot y^2}{3} \Bigg|_{\text{Re} = \frac{4}{3\mu_0}} \Rightarrow u = \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2 \\ v = v_2 &= 0 \\ T &= a_2 x + a_3 \\ a_2 &> 0 \end{aligned} \quad (4)$$

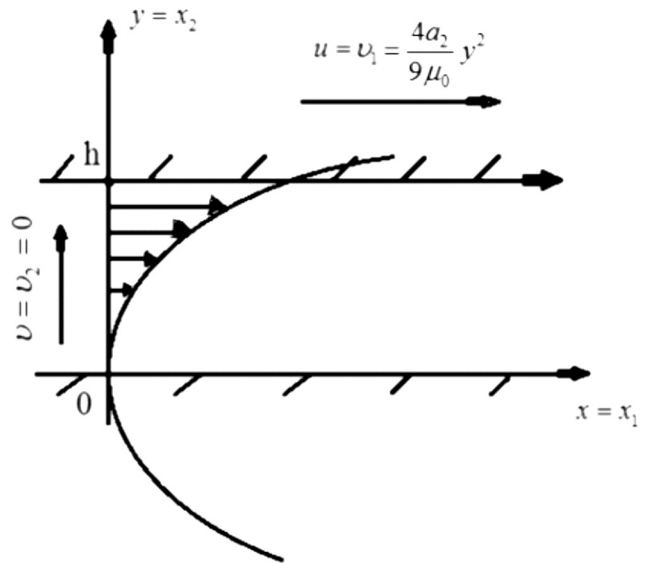
где  
 $\rho$  – плотность газа,  
 $u$  – скорость вдоль оси OX,  
 $v$  – скорость вдоль оси OY,  
 $T$  – температура газа.

Проверим подстановкой, что формулы (4) являются точным решением полной системы уравнений Навье–Стокса (3).

Подставляя точное решение (4) в систему (3) получаются тождественные равенства, при  $\gamma = \frac{3}{2}$  и  $a_1 = 1$ . Таким образом, формулы (4) являются точным решением полной системы уравнений Навье–Стокса (3), а значит они задают конкретное течение сжимаемого вязкого теплопроводного газа.

**Физический смысл точного решения:**

Плотность  $\rho = const$ ,  
 $u = \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2$  – скорость вдоль оси OX – квадратичная функция от переменной  $y$ . Она равна нулю, только при  $y=0$ , в остальных случаях она положительна;  
 $v = v_2 = 0$  – скорость вдоль оси OY, равная нулю;  
 $T = a_2 x + a_3$  – температура газа, линейная функция от  $x$ ;  
 $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$



Будем рассматривать только верхнюю полуплоскость, и только до некоторой высоты  $h$ , где скорость  $u$  будет являться некой положительной константой. Значит на всей прямой  $y=h$ , скорость  $u$  вдоль оси OX постоянна. Так как скорость вдоль оси OY равна нулю, то движения вдоль оси OY нет. Поэтому, исходя из нашей задачи, мы можем взять полосу между прямыми  $y=0$  и  $y=h$ , и изучать течения не выходя из границ нашей полосы. В этой полосе нижняя плоскость  $y=0$  стоит на месте, а верхняя  $y=h$  движется вдоль оси OX с постоянной скоростью.

Таким образом, рассматриваются течения между неподвижной плоскостью  $y=0$ , с условиями прилипания (5) на ней и подвижной плоскостью  $y=h$ , движущейся со

скоростью  $u = \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2$

с условиями прилипания (6) на ней.

$$u|_{y=0} = 0, v|_{y=0} = 0 \tag{5}$$

$$u|_{y=h} = \frac{4a_2}{9\mu_0} h^2, v|_{y=h} = 0 \tag{6}$$

**Вид искомого решения полной системы уравнений Навье–Стокса**

В книге [1] представлен эквивалентный переход от системы (3) к системе:

$$\left\{ \begin{aligned} &\delta_t + u\delta_x + v\delta_y - \delta(u_x + v_y) = 0 \\ &u_t + uu_x + vv_y + \frac{1}{\gamma} \delta p_x = \\ &= \mu_0 \delta \left( \frac{1}{4} v_{xy} + u_{xx} + \frac{3}{4} u_{yy} \right) \\ &v_t + uv_x + vv_y + \frac{1}{\gamma} \delta p_y = \\ &= \mu_0 \delta \left( \frac{1}{4} u_{xy} + v_{yy} + \frac{3}{4} v_{xx} \right) \\ &p_t + up_x + vp_y + \gamma p(u_x + v_y) = \\ &= \kappa_0 p(\delta_{xx} + \delta_{yy}) + 2\kappa_0(p_x \delta_x + p_y \delta_y) + \\ &+ \kappa_0 \delta(p_{xx} + p_{yy}) + \mu_0 \gamma (\gamma - 1) \\ &\left[ (u_x^2 - u_x v_y + v_y^2) + \frac{3}{4} (u_y + v_x)^2 \right] \end{aligned} \right. \tag{7}$$

Будем строить решение полной системы уравнений Навье–Стокса (3) в виде:

$$\vec{u}(t, x, y) = \vec{u}_0(x, y) + \vec{u}_*(t, x, y) \tag{8}$$

где

- $\vec{u}_0(x, y)$  – точное решение полной системы уравнений Навье–Стокса (3),
- $\vec{u}_*(t, x, y)$  – возмущения.

Для представления (8) на плоскостях  $y=0$  и  $y=h$  выполняются условия теплоизоляции, то есть:

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=h} = 0 \tag{10}$$

Далее необходимо получить бесконечную систему обыкновенных дифференциальных уравнений для коэффициентов рядов (9).

$$\begin{aligned} &\delta_0(t), \delta_{1k}(t), \delta_{2k}(t), \delta_{3m}(t), \\ &u_{1k}(t), u_{2k}(t), u_{3m}(t), v_{1k}(t), \\ &v_{2k}(t), v_{3m}(t), p_0(t), p_{1k}(t), \\ &p_{2k}(t), p_{3m}(t) \end{aligned}$$

Искомое решение полной системы уравнений Навье–Стокса (3) будет представлено в виде:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{a_1} + \delta_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} [\delta_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \delta_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x)] + \sum_{m=1}^{\infty} \delta_{3m}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \\ u &= \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2 + \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} [u_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + u_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x)] + \sum_{m=1}^{\infty} u_{3m}(t) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \\ v &= \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} [v_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + v_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x)] + \sum_{m=1}^{\infty} v_{3m}(t) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \\ p &= a_1(a_2 x + a_3) + p_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} [p_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + p_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x)] + \sum_{m=1}^{\infty} p_{3m}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \end{aligned} \tag{9}$$

## Получение бесконечной системы обыкновенных уравнений для коэффициентов представлений (9)

Подставим представления (9) в систему (7). На примере нахождения обыкновенного дифференциального уравнения для  $\delta'_0(t)$ , из первого уравнения системы, покажем алгоритм получения бесконечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений для коэффициентов

$\delta_{1k}(t), \delta_{2k}(t), \delta_{3m}(t), u_{1k}(t), u_{2k}(t), u_{3m}(t), v_{1k}(t), v_{2k}(t), v_{3m}(t), p_0(t), p_{1k}(t), p_{2k}(t), p_{3m}(t)$  рядов (9).

Рассмотрим первое уравнение системы (7):

$$\delta_t + u\delta_x + v\delta_y - \delta(u_x + v_y) = 0; \quad \delta_t = \delta u_x + \delta v_y - u\delta_x - v\delta_y;$$

Распишем суммы рядов, вычислим производные раскроем скобки, в результате получим:

$$\begin{aligned} & \delta'_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} \delta'_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \sum_{k=1}^{\infty} \delta'_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) + \sum_{m=1}^{\infty} \delta'_{3m}(t) \cdot \cos(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y) = \\ & = (-1) \cdot \frac{1}{a_1} \cdot \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{1k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \\ & - \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{1n}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) - \\ & - \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{1n}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) - \\ & - \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{3m}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \cos(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sin(k \cdot x) + \\ & + \frac{1}{a_1} \cdot \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{2k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \\ & + \delta_0(t) \cdot \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{2k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \\ & + \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{2n}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) + \\ & + \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{2n}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) + \\ & + \sin(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{3m}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \cos(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \cos(k \cdot x) + \\ & + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \cos(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \\ & + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \cos(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) + \\ & + \frac{\pi}{h} \cdot \cos(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{1k}(t) \cdot v_{1n}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) + \\ & + \frac{\pi}{h} \cdot \cos(\frac{\pi}{h} \cdot y) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{2k}(t) \cdot v_{1n}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \delta_{3m}(t) \cdot v_{1k}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos(k \cdot x) + \\
& + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) + \\
& + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{1k}(t) \cdot v_{2n}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{2k}(t) \cdot v_{2n}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \delta_{3m}(t) \cdot v_{2k}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin(k \cdot x) + \\
& + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{3m}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
& + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{3m}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot \delta_{1k}(t) \cdot v_{3m}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot \delta_{2k}(t) \cdot v_{3m}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
& + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3m}(t) \cdot v_{3n}(t) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
& + \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2 \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot \delta_{1k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) + \\
& + \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) + \\
& + \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{3m}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) - \\
& - \frac{4a_2}{9\mu_0} y^2 \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot \delta_{2k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) - \\
& - \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) - \\
& - \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) - \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{3m}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{1k}(t) \cdot \delta_{3m}(t) \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{2k}(t) \cdot \delta_{3m}(t) \cdot \sin(k \cdot x) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) + \\
 & + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3m}(t) \cdot \delta_{3n}(t) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right);
 \end{aligned}$$

Проинтегрируем данное уравнение по  $dx$  от 0 до  $2\pi$  и по  $dy$  от 0 до  $h$  и воспользуемся свойствами двойных интегралов:

$$\begin{aligned}
 & \delta'_0(t) \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \int_0^h dy + \sum_{k=1}^{\infty} \delta'_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h dy + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \delta'_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h dy + \sum_{m=1}^{\infty} \delta'_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy = \\
 & = (-1) \cdot \frac{1}{a_1} \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx - \\
 & - \delta_0(t) \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx - \\
 & - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{1n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx - \\
 & - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{1n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx - \\
 & - \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{3m}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{1}{a_1} \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx + \\
 & + \delta_0(t) \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{2n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{2n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{3m}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx + \\
 & + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx + \\
 & + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{1k}(t) \cdot v_{1n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{2k}(t) \cdot v_{1n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \delta_{3m}(t) \cdot v_{1k}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx + \\
 & + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx + \\
 & + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} v_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{1k}(t) \cdot v_{2n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \delta_{2k}(t) \cdot v_{2n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \delta_{3m}(t) \cdot v_{2k}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx + \\
 & + \frac{1}{a_1} \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{3m}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \delta_0(t) \cdot \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{3m}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot \delta_{1k}(t) \cdot v_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot \delta_{2k}(t) \cdot v_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3m}(t) \cdot v_{3n}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{4a_2}{9\mu_0} \int_0^h y^2 dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot \delta_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy - \\
 & - \frac{4a_2}{9\mu_0} \int_0^h y^2 dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot \delta_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx - \\
 & - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx - \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} k \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{1k}(t) \cdot \delta_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot v_{2k}(t) \cdot \delta_{3m}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) dx \cdot \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3m}(t) \cdot \delta_{3n}(t) \cdot \int_0^h \sin\left(m \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy;
 \end{aligned}$$

Одной чертой выделены слагаемые, интегралы в которых равны нулю, при любых  $k, n, m=0, 1, 2, \dots$ , а так как слагаемые состоят из произведения множителей, то все слагаемое равно нулю, при любых  $k, n, m=0, 1, 2, \dots$

Двумя чертами выделены слагаемые, интегралы в которых не равны нулю, при любых  $k, n, m=0, 1, 2, \dots$ , следовательно и сами слагаемые могут быть не нулями.

Выпишем слагаемые, в которых интегралы не будут равны нулю, при любых  $k, n, m=0, 1, 2, \dots$ :

$$\begin{aligned}
 & \delta'_0(t) \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \int_0^h dy = - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2k}(t) \cdot u_{1n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1k}(t) \cdot u_{2n}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \frac{\pi}{h} \cdot \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3k}(t) \cdot v_{3n}(t) \cdot \int_0^h \cos\left(k \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \cos\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy + \\
 & + \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \sin(k \cdot x) \cdot \sin(n \cdot x) dx - \\
 & - \int_0^h \sin\left(\frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1k}(t) \cdot \int_0^{2\pi} \cos(k \cdot x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_0^{2\pi} dx \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3k}(t) \cdot \delta_{3n}(t) \cdot \int_0^h \sin\left(k \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{h} \cdot y\right) dy;
 \end{aligned}$$

Вычислим интегралы:

$$\begin{aligned}
 & 2\pi \cdot h \cdot \delta'_0(t) = -\left(-\frac{2h}{\pi}\right) \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) + \left(-\frac{2h}{\pi}\right) \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) + \\
 & \frac{\pi}{h} \cdot 2\pi \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3n}(t) \cdot v_{3n}(t) + \left(-\frac{2h}{\pi}\right) \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) - \\
 & - \left(-\frac{2h}{\pi}\right) \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) + 2\pi \cdot \pi \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3n}(t) \cdot \delta_{3n}(t);
 \end{aligned}$$

Выполним элементарные преобразования:

$$2\pi \cdot h \cdot \delta'_0(t) = 2h \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) - 2h \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) + \frac{2\pi^3}{h} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3n}(t) \cdot v_{3n}(t) - \\ - 2h \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) + 2h \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) + 2\pi^2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3n}(t) \cdot \delta_{3n}(t);$$

Разделив обе части уравнения на  $2gh$  получим одно обыкновенное дифференциальное уравнение для  $\delta'_0(t)$

$$\delta'_0(t) = \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) - \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) + \frac{\pi^2}{h^2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{3n}(t) \cdot v_{3n}(t) - \\ - \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{1n}(t) \cdot u_{2n}(t) + \frac{1}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \delta_{2n}(t) \cdot u_{1n}(t) + \frac{\pi}{h} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot v_{3n}(t) \cdot \delta_{3n}(t);$$

Далее, действуя по данному алгоритму находятся бесконечные системы обыкновенных дифференциальных уравнений для коэффициентов

$$\delta_{1k}(t), \delta_{2k}(t), \delta_{3m}(t), u_{1k}(t), u_{2k}(t), u_{3m}(t), v_{1k}(t), v_{2k}(t), v_{3m}(t), p_0(t), p_{1k}(t), p_{2k}(t), p_{3m}(t)$$

рядов [9].

Благодарю моего научного руководителя, доктора физико-математических наук, профессора, Сергея Петровича Баутина за всестороннюю поддержку в научной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баутин С.П., Замыслов В.Е., Скачков П.П. Математическое моделирование тригонометрическими рядами одномерных течений вязкого теплопроводного газа. Новосибирск: Наука, 2014. 91 с.
2. Баутин С.П., Замыслов В.Е. Представление приближенных решений полной системы уравнений Навье–Стокса в одномерном случае // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17, № 3. С. 3–12. ISSN 1560–7534.
3. Баутин С.П., Замыслов В.Е. Одномерные периодические течения вязкого теплопроводного газа // Вестник УрГУПС. 2013. Т. 17, № 1(17). С. 4–13. ISSN 2079–0392.

© В.Ф. Габдулхаев, (vadim260788@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».





# ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОЙ СКВАЖИНЫ ПРИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

## DYNAMICS OF THE ESSENTIAL CHARACTERISTICS OF A GAS WELL IN ITS OPERATION

V. Gavrishenko  
M. Korolev

### Annotation

In the development of gas fields changes the gas-oil and gas-levels (STC and HVA respectively). This article analyzes the changes in mining properties and reservoir properties on the example of a gas well located on one of the largest gas fields in the northern part of Western Siberia. The research allowed to determine reservoir and downhole pressure to clarify filtration reservoir parameters, and detect the presence of annulus intrastratal gas flows.

**Keywords:** The gas inflow profile, reservoir properties, field development.

*Гавришенко Виктор Сергеевич*

*Аспирант, Тюменский государственный  
нефтегазовый университет*

*Королев Максим Сергеевич*

*К.т.н., доцент, Тюменский государственный  
нефтегазовый университет*

### Аннотация

При разработке месторождений газа происходит изменение газонефтяного и газоводяного уровней (ГНК и ГВК соответственно). В данной статье проведен анализ изменения добычных характеристик и фильтрационно-емкостных свойств на примере одной газовой скважины, находящейся на одном из крупных газовых месторождений северной части Западной Сибири. Проведенные исследования позволили определить пластовые и забойные давления, уточнить фильтрационные параметры пласта, выявить наличие заколонных и внутрипластовых перетоков газа.

### Ключевые слова:

Газ, профиль притока, фильтрационно-емкостные свойства, разработка месторождения.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Уточнение конструкции, определение забойного давления ( $P_{заб}$ ), пластового давления ( $P_{пл}$ ), запись профиля притока, определение дебита газа и плотности заполняющего ствол скважины флюида, расчет фильтрационных параметров по кривой восстановления давления (КВД), выявление заколонных и внутрипластовых перетоков газа. Оценка динамики изменения основных характеристик газовой скважины при ее эксплуатации за несколько лет.

Изменение добычных характеристик газовых скважин прямым образом зависит от изменения фильтрационно-емкостных свойств разрабатываемых залежей [1–5]. В качестве объекта исследования была выбрана эксплуатационная газовая скважина, располагающаяся на территории одного из нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири. По причине конфиденциальности информации номер скважины не указывается, кроме того для анализа используются данные только по 2009 год включительно

Скважина работает в шлейф. Текущее состояние скважины приведено в **табл. №1**.

Для проведения геофизических исследований скважины был использован комплекс ГИС указанный в Таблице №2, а исследования выполнены скважинной аппаратурой Кура-2М №19, КСА-Т-Газ №3, КСА-Т-Газ №4, СРК-М №10.

По результатам проведенных исследований была установлена фактическая конструкция скважины и местоположение технологического оборудования: Башмак НКТ ( $d=168\text{мм}$ ) отбивается на глубине – 1236.6м; Перфорационные отверстия по локатору муфт отбиваются в интервале 1233–1251, 1276–1283.6, 1301–1322м (осстановка прибора канал ЛМ); Наибольшая глубина прохождения приборов – 1322.0м; Пакер отбивается в интервале 1141–1157м.

### Заполнение ствола скважины:

Уровень жидкости в работающей и остановленной скважине отмечается на глубине 1318.8м; Плотность флюида в интервале исследования распределилась следующим образом (Таблица 3):

Сравнительный анализ исследований, проведенных с 2005 по 2009 гг., показывает, неуклонно снижается

Таблица 1.

Текущее состояние скважины.

Исследуемые объекты		ПК <sub>1</sub>
Дебит скважины	тм <sup>3</sup> /сут	887
Давление на буфере	кг/см <sup>2</sup>	88.9
Давление затр.	кг/см <sup>2</sup>	-
Температура устьева	град С	12 / -7
Работы на скважине		ГИС 20.09.05, 15.10.06, 16.08.08. КРС:2006г-промывка песчаной пробки; доп.перфорация в газовой среде инт.1275-1283м; 2009-нормализация забоя; доп.перф. в газовой среде инт.1302-1323м.

Таблица 2.

Комплекс исследований ГИС.

№ п/п	Вид исследований	М-б записи	Интервал записи	Время записи	Рбуф кгс/см <sup>2</sup>	Рзтр кгс/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
Скважина работает в шлейф Q ~ 887т.м <sup>3</sup> /сут						
			подъем	01:24-01:54 22.10.09	88.9	67.45
	РК (ГК+НГК)	1:200	1200-1322			
			спуск	05:10-07:20	88.9	67.45
	Термометрия	1:500	0-1322			
	Манометрия	1:500	0-1322			
			спуск	07:53-08:05 22.10.09	88.9	67.45
	ГК, ЛОТ	1:200	1200-1322			
	Термометрия	1:200	1200-1322			
	Манометрия	1:200	1200-1322			
	Влагометрия	1:200	1200-1322			
	Шумоиндикация	1:200	1200-1322			
	СТД	1:200	1200-1322			
	Расходометрия	1:200	1200-1322			
Скважина остановлена в 08:40 22.10.2009						
	КВД	4ч 5мин	1282	08:35-12:40 22.10.09	91.5	67.45
			спуск	15:30-17:30 22.10.09	91.5	67.45
	Термометрия	1:500	0-1322			
	Манометрия	1:500	0-1322			
			спуск	17:35-17:52 22.10.09	91.5	67.45
	ГК, ЛОТ	1:200	1200-1322			
	Термометрия	1:200	1200-1322			
	Манометрия	1:200	1200-1322			
	Влагометрия	1:200	1200-1322			
	Шумоиндикация	1:200	1200-1322			
	СТД	1:200	1200-1322			
	Расходометрия	1:200	1200-1322			
			подъем	22:15-22:45 22.10.09	91.5	67.45
	РК (ГК+НГК)	1:200	1200-1322			
	РК (ГК+НГК)	1:500	0-1200	01:20-05:20 23.10.09		

пластовое давление и понижается уровень ГВК (Таблица 4). Так, по данным 2009 года, пластовое давление, рассчитанное по данным КВД для гл.1282м, составило 10.03мПа (103.1ата), т.е. падение пластового давления с 2008г составило 2.05ата.

Данные исследований КВД приведены на рис. 1 и 2.

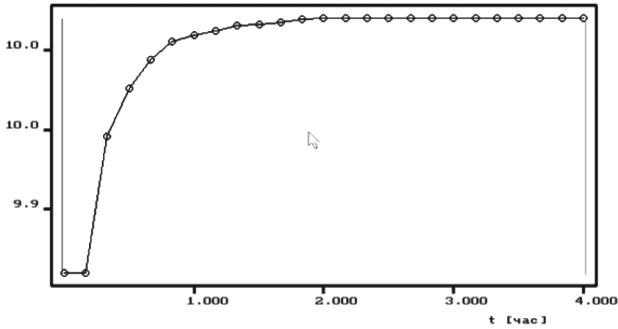


Рисунок 1. Исходные данные КВД (глубина регистрации 1282м).

Проведение исследований методами термометрии, ВЧ- и НЧ-каналам шумометрии позволило выделить работающие интервалы из которых поступает газ в скважину (табл. 5).

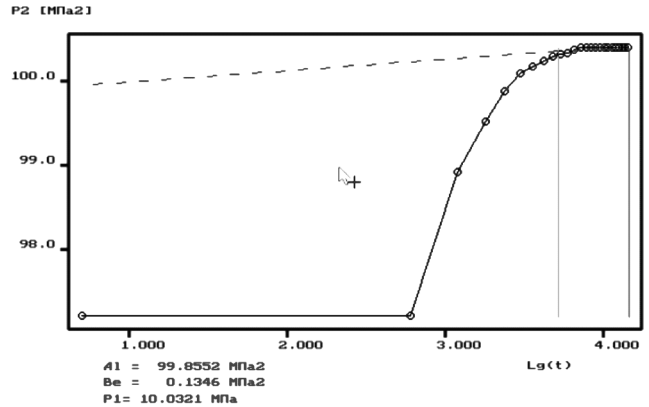


Рисунок 2. Обработка данных КВД (глубина регистрации 1282м).

Таблица 3.

Плотность флюида в интервале исследования.

Скважина в статике		Скважина работает в шлейф с Q = 1063т.м <sup>3</sup> /сут	
Интервал, м	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Интервал, м	Плотность, г/см <sup>3</sup>
0-1318.8	0.068 - 0.108	0-1318.6	0.058 - 0.122
1318.8-1322	0.913-1.255	1318.6-1322	-

Таблица 4.

Сравнительная таблица газодинамических параметров.

	Динамика - работа в шлейф					Статика			
	Рбуф ата	Рзаб ата	Тзаб К	Q т.м <sup>3</sup> /сут	ΔР ата	Рбуф ата	Рзаб ата	Тзаб К	Рпл ата
09.2005г.	гл. 1248м								
Динам.1 реж.	105.66	113.46	296.75	504.62	2.07	107.49	115.46	296.4	115.53
Динам.2 реж.	103.55	112.57	296.62	720.44	2.96				
Динам.3 реж.	103.07	11.58	296.48	932.40	3.95				
10.2006г.	гл. 1279м								
Динам.1 реж.	100.97	110.43	297.2	738.8	2.28	103.83	112.52	296.4	112.73
Динам.2 реж.	100.42	110.32	297.17	848.43	2.41				
08.2008г.	гл. 1282.9м								
		103.62	297.68	631.46	1.53		104.94	297.94	105.15
10.2009	гл. 1282м								
	88.9	101.37	298.03	887	1.73	91.5	103.0	298.13	103.1

Таблица 5.

Характеристика работающих интервалов пласта ПК1.

Интервалы перфорации э/к	Интервал (м)	Характеристика работающих интервалов
1233-1251	1234.9-1237.0	Кровля работающей толщи сеномана отбивается на глубине 1235м. 3,6м перфорированной толщи перекрыты НКТ. Перфорированные коллекторы в интервале 1234,2-1239,4м, с очень высокими ФЕС (Кп=32,9-37%) интенсивно работают газом.
	1237.0-1239.5	Хорошо работающий, сложенный песчаниками с высокими коллекторскими свойствами
	1239.5-1241.0	Коллектор с пониженными ФЕС (Кп=27,7%) практически не работает.
	1241.2-1242.7	Интенсивно работающий, представленный песчаником с высокими коллекторскими свойствами
	1243.0-1246.0	Представленный песчаником с высокими коллекторскими свойствами, интенсивно работает газом
	1246.0-1248.0	Умеренно работающий, представленный проницаемыми породами и глинистым пропластком
	1248.0-1249.4	Слабо работающий, сложенный заглинизированными песчаниками с пониженными и средними коллекторскими свойствами
1276-1283.6	1276.0-1276.0	Практически не работает. Сложенный песчаниками преимущественно с высокими коллекторскими свойствами.
	1276.0-1277.2	Интенсивно работающий, представленный проницаемыми породами с высокими коллекторскими свойствами
	1277.2-1279.0	Перфорированный интервал, сложенный преимущественно коллекторами с повышенными ФЕС (Кп=28,4-31,6%), интенсивно работает газом.
	1279.0-1280.6	Интенсивно работающий, представленный проницаемыми породами с высокими коллекторскими свойствами
	1280.6-1283.0	Интенсивно работающий, сложенный песчаниками с высокими коллекторскими свойствами
1301-1322	1302.0-1310.8	Крайне слабо работающий, сложенный заглинизированными песчаниками с пониженными коллекторскими свойствами
	1311.0-1322.0	Работы пласта в данном интервале не отмечено

Определение профиля притока производилось термокондуктивным и механическим расходомерами.

Профиль притока соответствует характеру работы вторично вскрытых коллекторов. Коэффициент работающих толщин составляет 0.53 из-за крайне низкого притока из интервала 1301.0–1310.8м, а также неработающего интервала 1311.0–1322.0м.

По данным механического расходомера суммарный дебит газа, поступающего в скважину, при депрессии на пласт 1.7зата составляет 896 тыс.м3/сут. Наибольший приток наблюдается из кровельной и средней части про-

перфорированного пласта (интервалы 1245.0–1245.9м и 1280.9–1281.5м ), а также из интервалов представленных, в основном, коллекторами со средними и пониженными свойствами (интервалы 1236.6–1244.6м, 1246.3–1248.9м, 1276.0–1280.7, 1282.0–1282.9м, 1302.0–1310.8м), в то же время работы коллектора с высокими ФЕС (интервал 1311.0–1322.0м) не отмечается, что, возможно, обусловлено кольматацией перфорационных отверстий.

По сравнению с исследованиями от 08.2008г профиль притока во времени изменился незначительно. Отмечается увеличение дебита в кровельной части пласта

Таблица 6.

Сравнительная таблица поинтервального дебита.

Дата исследований.	Интервал перфорации, м	Работающие Интервалы, м	Работающая толщина, м	Дебит, тыс.м <sup>3</sup> /сут	Дебит, %
09.2005г			14.4	504.6	
10.2006г			20.6	738.8	
08.2008г			18.2	631.4	
10.2009г			21.5	896.4	
ПК1	1233.00-1251.00	1233.0-1238.4	5.4	177.2	35.1
		1233.0-1238.4	5.4	169.0	37.5
		1236.6-1240.6	4.0	59.9	9.50
		1236.6-1241.0	3.4	89.5	10.0
		1238.4-1242.0	нет притока		
		1238.4-1242.0	нет притока		
		1240.6-1244.0	3.4	20.8	3.3
		1241.0-1243.0	1.8	64.0	7.2
		1242.0-1246.0	4.0	135.3	26.8
		1242.0-1246.0	4.0	93.5	20.5
		1244.0-1247.4	3.4	216.9	34.3
		1243.5-1246.7	2.4	260.9	29.0
		1246.0-1248.0	2.0	192.0	38.0
		1246.0-1248.0	2.0	188.1	41.7
		1247.4-1251.0	нет притока		
		1248.3-1248.9	0.6	52.1	5.8
	1276.00-1283.60	1276.2-1284.0	7.8	288.1	39.0
		1276.2-1283.6	7.4	333.9	52.9
		1276.0-1282.9	4.5	349.8	39.0
	1301.00-1322.00	1301.0-1326.0	нет притока		
		1301.0-1325.0	нет притока		
		1302.0-1324.0	нет притока		
		1302.0-1310.8	8.80	79.8	8.9

1243.5–1246.7м (216.9>261.2тыс.м<sup>3</sup>/сут), и в то же время отмечается приток из интервала 1248.3–1248.9м (52.2тыс.м<sup>3</sup>/сут), увеличение притока в интервалах 1276.4–1283.0м (333.9>349.8тыс.м<sup>3</sup>/сут), 1302.0–1310.8м (79.8тыс.м<sup>3</sup>/сут). При увеличении депрессии от 1.53ата до 1.73ата суммарный дебит скважины составил 896.4тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Следует отметить, что в результате нормализации забоя и повторной перфорации в интервале 1302–1323м в работу включились коллектора в интервалах 1302.0–1310.8м, что привело к увеличению общего дебита примерно на 8.9%.

Динамика изменения дебита по годам приведено в таблице 6. Интересно отметить, что исследование прове-

денное в 2009 году было выполнено для каждого из интервалов перфорации отдельно, что позволило точно определить работающие и неработающие интервалы.

**ВЫВОДЫ:**

1. По данным термометрии и шумометрии интенсивно и умеренно работает пласт в интервалах 1234.9–1239.5м, 1241.2–1248.0м, 1275.0–1283.0м. Слабо работают газом интервалы 1248.0–1249.4м, 1302.0–1310.8м. Крайне слабо или практически не работает перфорированные интервалы 1239.5–1241.0м, 1311.0–1322.0м.

2. По сравнению с исследованиями от 2008г профиль притока во времени изменился незначительно. Следует

отметить, что в результате нормализации забоя и повторной перфорации в интервале 1302–1323м в работу включились коллектора в интервалах 1302.0–1310.8м, что привело к увеличению общего дебита примерно на 8.9%.

3. Крайне слабая работа проперфорированных интервалов с высокими ФЕС, возможно, связана как с недоосвоением скважины, так и с кольматацией перфорационных отверстий.

4. Уровень ГВК при бурении не вскрыт и находится вне интервала исследований. Притока воды в скважину не зафиксировано.

5. Нарушений целостности эксплуатационной колонны в исследуемом интервале не выявлено.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Михайлов Н.Н. Физика нефтяного и газового пласта. Том 1. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 448 С.
2. Гладков Е.А. Необходимость учета деформационно-метасоматических преобразований залежей углеводородов в процессе их разработки // Нефтяное хозяйство. 2012. №2. С. 46–49.
3. Гладков Е.А. Взаимосвязь геомеханики и деформационно-метасоматического изменения залежей углеводородов // Бурение и нефть. 2012. №2. С. 54–56.
4. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е. Изменение фильтрационно-емкостных свойств залежей в процессе их разработки // Oil&Gas Journal Russia. 2011. №9. С. 75–78.
5. Gladkov E.A. Changing the oil recovery during deformation and metasomatic deposits of hydrocarbons // В сборнике: Saint Petersburg 2012 – 5th Saint Petersburg International Conference & Exhibition 2012: Making the Most of the Earth's Resources Proseedings. 2012.

© В.С. Гавришенко, М.С. Королев, (scorpiou-707@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



# СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТЧИКОВ ПО

## THE SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT OF SOFTWARE DEVELOPERS

*S. Kratov  
O. Sokolova*

### Annotation

The article presents the system that provides information support for software developers – the Foundation of Algorithms and Programs. The structural components of the Foundation: the information system, the software registration subsystem, the Foundation catalogue, the demonstration platform are described.

**Keywords:** information systems, knowledge-based software, scientific software catalogization, science popularization.

*Кратов Сергей Викторович*

*М.н.с., Институт вычислительной  
математики и математической геофизики  
СО РАН, Новосибирск*

*Соколова Ольга Дмитриевна*

*К.т.н., с.н.с., Институт вычислительной  
математики и математической геофизики  
СО РАН, Новосибирск*

### Аннотация

Представлена система, оказывающая информационную поддержку разработчикам программного обеспечения – Фонд алгоритмов и программ СО РАН. Описываются структурные составляющие Фонда: информационная система, подсистема регистрации разработок, каталог Фонда, демонстрационная площадка.

### Ключевые слова:

Информационные системы, наукоемкое программное обеспечение, каталогизация научных разработок, популяризация науки.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное технологическое развитие в обществе требует концентрации ресурсов на приоритетных направлениях, чтобы посредством государственной поддержки решать конкретные актуальные задачи. Для этого необходимо наладить работу по отбору и продвижению наиболее перспективных наукоемких проектов [1].

Самый востребованный в настоящее время наукоемкий продукт – программное обеспечение, которое разрабатывается во многих организациях, подведомственных ФАНО, и учебных заведениях.

Для научных учреждений программное обеспечение является не только мощным инструментом поддержки НИР, но и одним из результатов научной деятельности. Поэтому важное значение приобретает задача формирования программной платформы и программной среды для разработчиков [2–4]. Все чаще в связи с принятой стратегией на импортозамещение обсуждаются вопросы создания в РФ конкурентоспособной ИТ-индустрии в форме новых технологий, продуктов и сервисов [5,6].

Необходимо обеспечить доступ возможных потребителей и заказчиков к информации о разработках российских ученых, т. е. иметь постоянно пополняемое хранили-

ще наукоемких программ и баз данных. Роль такого хранилища частично берут на себя отраслевые и университетские Фонды алгоритмов и программ (ФАП) – например, Объединенный фонд электронных ресурсов "Наука и образование" [7], отраслевой фонд министерства путей сообщения, ульяновский областной фонд алгоритмов и программ [8]. Наиболее значительным среди подобных ресурсов является Фонд алгоритмов и программ СО РАН, одна из функций которого – регистрация и каталогизация программ и баз данных, разработанных российскими учеными и имеющих научное, техническое, организационное и образовательное назначение. ФАП СО РАН выгодно отличается тем, что не просто регистрирует разработки, но и осуществляет их информационную поддержку, т. е. делает доступным описание программ и БД для любого пользователя интернета. Разработана информационная система ([www.fap.sbras.ru](http://www.fap.sbras.ru)), которая включает базовые подсистемы/сервисы и интегрированные в систему специализированные проблемные подсистемы.

Базовые подсистемы/сервисы информационной системы: служба администрирования (управление пользователями, группами пользователей и правами их доступа; авторизация и аутентификация пользователей, новостная подсистема, служба работы с электронными документами, подсистема поддержки тематических форумов, поисковая подсистема.

*Специализированные проблемные подсистемы, интегрированные в систему:*

- ◆ Подсистема информационной поддержки деятельности Фонда: обеспечивается поддержка процесса информационной регистрации в Фонде программного обеспечения (ПО) и баз данных (БД).

- ◆ Подсистема обеспечения доступа пользователей системы к ресурсам корпоративного репозитория ПО, расположенного на сервере информационного хранилища Фонда (<http://mirror.sssc.ru>).

- ◆ Корпоративная сборка на основе ОС Ubuntu. Установленная сборка будет сразу же настроена на использование корпоративного репозитория. На диске с дистрибутивом сборки также размещено дополнительное свободное ПО (СПО), которое может представлять интерес для разработчиков. Частично данное ПО уже предустановлено в сборке, остальные пакеты могут быть установлены с диска с дистрибутивом сборки или, при наличии подключения к Интернет, из корпоративного репозитория ПО.

- ◆ Демонстрационная площадка: организация демонстрации на технологических мощностях Фонда функциональности наиболее значимых пакетов/программ из корпоративного репозитория или зарегистрированных разработок.

*К основным задачам Фонда относятся:*

- ◆ Организация процесса регистрации, каталогизации и продвижения ПО и БД, разрабатываемых в институтах СО РАН и других организациях-заявителях.

- ◆ Создание центров компетенции по технической и консультационной поддержке наиболее значимого системного и прикладного наукоемкого ПО.

- ◆ Создание системы координации и кооперации с целью обеспечения конкурентоспособности ПО.

Тематика зарегистрированного ПО и БД очень разнообразна: системы имитационного моделирования, биоинформатика, молекулярная биология, химия нефти, анализ сейсморазведочных данных, моделирование процессов в атмосфере, параллельные вычисления, обучающее ПО и многое другое.

*Из наиболее значимых разработок, зарегистрированных в Каталоге ФАП, можно выделить следующие:*

- ◆ GALA-2.0 – пакет для решения задач линейной алгебры с гарантированной оценкой точности (ИМ СО РАН, ИЯФ СО РАН).

- ◆ Spectrum Qualifier – программа потрассного анализа амплитудно-частотных спектров сейсмических трасс (ООО "Тюменский Нефтяной Научный Центр").

- ◆ База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (ИХН СО РАН).

- ◆ Комплекс для компьютерного моделирования физико-химических свойств органических матричных нанокompозитов (МГУ им. М.В. Ломоносова, НИЦ "Курчатовский институт").

#### *Корпоративный репозиторий ПО*

Одним из ключевых решений для формирования программной платформы, отбора и продвижения перспективных проектов является создание репозитория ПО. Базовым решением в части СПО для программной среды СО РАН была выбрана Linux-платформа, в частности, ОС Ubuntu. На сервере информационного хранилища Фонда создано локальное зеркало официальных репозитория ОС Ubuntu ([www.mirror.sssc.ru](http://www.mirror.sssc.ru)). Синхронизация репозитория с официальными серверами ([archive.ubuntu.com](http://archive.ubuntu.com), [archive.canonical.com](http://archive.canonical.com), [extras.ubuntu.com](http://extras.ubuntu.com)) происходит ежедневно, полностью зеркалируются скомпилированные пакеты и исходные коды ПО для всех актуальных релизов ОС Ubuntu.

Локальное зеркало, расположенное в корпоративной сети, решает проблемы с трафиком для пользователей корпоративного дистрибутива. Кроме того, корпоративный репозиторий содержит ряд дополнительных пакетов, разработанных в СО РАН, которых нет в исходной ОС Ubuntu. Для обеспечения развития репозитория ПО подготовлены методические руководства по включению в него наукоемкого ПО, а также по созданию установочных пакетов ОС Ubuntu и их интеграции в оригинальный репозиторий данной ОС.

Демонстрационная площадка Фонда ([www.fap.sbras.ru/spo/demo](http://www.fap.sbras.ru/spo/demo)).

Основные задачи демонстрационной площадки – предоставление потенциальным пользователям максимально полного объема информации по каждой программе и демонстрация их работы [9, 10]. Площадка состоит из каталога страниц описаний ПО и сервера для их апробации. Каталог ПО научного и общего назначения содержит максимально полную документацию пользователя на ПО/БД и, в случае свободного доступа к разработанному ПО/БД, ссылки на загрузку дистрибутива либо исходных кодов). Сервер содержит предустановленную сборку ОС Ubuntu, ПО, разработанное в СО РАН, и стороннее свободное ПО.

К демонстрационному серверу реализован авторизо-



ванный доступ для зарегистрированных в системе пользователей. Пользователи могут не только получить всю необходимую документацию и дистрибутивы демонстрируемого ПО, но и оценить его работу без необходимости предварительной его установке на собственных ПК.

*В настоящее время на демонстрационном сервере установлены следующие пакеты научного и общесистемного СПО:*

- ◆ Математическое СПО: система компьютерной алгебры Maxima; пакет прикладных математических программ Scilab; язык программирования для статистической обработки данных R (с графическими оболочками R Commander и RKWard); программное обеспечение для анализа и визуализации научных данных SciDAVis.

- ◆ СПО тематики "механика": Triangle; среда для численных вычислений Octave; программа для создания двух- и трёхмерных графиков gnuplot.

- ◆ Общесистемное СПО: офисный пакет LibreOffice, средство просмотра DjVu Evince, редактор растровой графики GIMP, редактор векторной графики Inkscape, FTP-клиенты FileZilla, gFTP, средство доступа к удаленным рабочим столам Vinagre, аудиоплеер Audacious, видеоплеер Rhythmbox, файловые менеджеры GNOME Commander, Midnight Commander и др.

Предполагается дальнейшее развитие демонстрационной площадки – расширение круга ПО в каталоге демонстрационных страниц и на демонстрационном сервере, включение в каталог ПО для других ОС, разворачивание демонстрационных серверов с другими ОС (другие версии ОС Ubuntu и Linux в целом, MS Windows и пр.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для формирования системы поддержки отдельных направлений научных исследований предполагается создание на базе информационной системы Фонда тематических центров компетенции для поддержки разработки наукоемкого ПО, демонстрации его работы, технической поддержки пользователей [11]. Одним из направлений развития Фонда может стать организация учебного центра в области наукоемкого, а также общесистемного свободного и открытого ПО. Целями создания подобного учебного центра могут стать: разработка учебных программ, проведение обзорных и тематических курсов по использованию и разработке наукоемкого ПО; тесное взаимодействие с центрами компетенции, подготовка учебных курсов и организация обучения и проведения разнообразных форм тестирования для удаленных пользователей. Развитие Фонда, наполнение его разработками для решения актуальных задач сможет стать тем недостающим звеном между наукой и внедрением, о котором много говорится в последнее время.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.В. Концептуальные основы Национальной технологической инициативы. <http://www.ras.ru/presidium/instrumentalservices/nou.aspx>
2. Петренко С.А., Петренко А.А. Национальная программная платформа на основе СПО // Защита информации. Инсайд. 2010. № 3 (33). С. 40–49.
3. Zybarev, Y., Kratov, S. The information support system of corporate software resources development // In: Proceedings – 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, 2012, pp. 683–685, DOI: 10.1109/IFOST.2012.6357649.
4. Зыбарев Ю.М., Кратов С.В. Об использовании свободного ПО в программной среде СО РАН // В сборнике: Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений. – М.: Изд-во МГУ, 2012. С. 577–581, ISBN 978–5–211–06394–5.
5. Павлусик И. А., Андреев А. М. Проблемы создания Национальной российской программной платформы, место и роль ВНИИНСа в ее разработке и реализации // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, Серия "Приборостроение" Специальный выпуск "Моделирование и идентификация компьютерных систем и сетей", 2012. С. 70–85.
6. Асафьев А. Импортзамещение ПО в России: общие вопросы // PC Week/RE №16 (871). 2014.
7. Электронный ресурс [www.ofernio.ru](http://www.ofernio.ru)
8. Электронный ресурс <http://ofap.ulstu.ru/resources/>
9. Кратов С.В. Демонстрационная площадка свободного программного обеспечения // В сборнике: Научный сервис в сети Интернет: экзафлопное будущее. – М.: Изд-во МГУ, 2011. С. 442–444, ISBN 978–5–211–06229–0.
10. Андреев Ю.Н. Технологические платформы как способ организации исследований и разработок // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2012. № 2. С. 098–109.
11. Kratov, S., Bukhtiarov, I. The technological platform for software development in the SB RAS // In: 8th International Forum on Strategic Technology 2013, IFOST 2013 – Proceedings, 2013, pp. 353–355, DOI: 10.1109/IFOST.2013.6616912.

# МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПОВТОРНЫХ ПЕРЕДАЧ В КАНАЛАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОМЕХ

## MODEL OF REPEATED CHANNEL TRANSMISSION, AGAINST INTERFERENCE

*F. Kushnazarov*

### Annotation

In data networks struggle with errors is an integral part for the integrity of the data. Some of the ways to reduce errors in the transmission channel are such methods of data transmission, as a stop with the expectation, return to N steps and a selective choice. The above methods of data transmission enable evaluation of the data link layer protocols developed under the influence of data channels of interference of various nature. the influence of interference in the retransmission of the channel, the channel length and the dependence on the size of the frame error probability in the frame as well as number of attempts before successful transmission were taken into account. Existing estimation procedure performance of data-link protocols were designed assuming the absence of effects on interference data channels of different natures . influence of interference in the retransmission of the channel and frame size dependent on the probability of error frames, the number of successful attempts to transmit a frame were taken into account. The mathematical expectation of the number of attempts until the first successful delivery of the frame, the dependence of the real performance of the protocols under conditions of interference for different access technologies in monochannel were considered thoroughly.

**Keywords:** data channel, error handling, performance, the actual speed of the channel interference, stop with the expectation return on N steps, selective choice, computer networks.

*Кушназаров Фаррух Исакулович*  
Стажер,  
Петербургский государственный  
университет путей сообщения

### Аннотация

В сетях передачи данных борьба с ошибками является неотъемлемой частью для целостности передачи данных. Одними из способов уменьшения ошибок в канале передачи данных являются методы передачи данных, например, такие как остановка с ожиданием, возврат на N шагов и селективный выбор. Рассмотренные методы передачи данных дают возможность оценки работы протоколов канального уровня, разработанных при воздействии помех различной природы на каналы передачи данных. Учтены влияние помех повторной передачи кадра в канале, длина канала и зависимость размера кадра на вероятность появления ошибки в кадрах, а также число попыток до успешной передачи кадра. Существующие методики оценки производительности протоколов канального уровня разработаны в предположении отсутствия воздействия помех на каналы передачи данных. Рассмотрены математическое ожидание числа попыток до первой успешной доставки кадра, зависимость реальной производительности указанных протоколов в условиях действия помех для различных технологий доступа в моноканал.

### Ключевые слова:

Канал передачи данных, управление ошибками, производительность, реальная скорость канала, помехи, остановка с ожиданием, возврат на N шагов, селективный выбор, компьютерные сети.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие коммуникационных сетей в современном мире идет не только по проводным, но также и по беспроводным каналам. В настоящее время имеется целый ряд беспроводных решений, таких как оборудование радиодоступа, радиорелейные станции и атмосферные оптические линии связи.

Современный этап развития вычислительных сетей характеризуется взрывным ускорением процессов взаимной конвергенции, которые проходят в каждой из отмеченных ранее специализированных инфраструктур. Границы, еще недавно казавшиеся незыблемыми, размываются, и на смену прежним специализированным сетям с ограниченными функциями приходят новые гиб-

ридные мультисервисные инфраструктуры со значительно более широким перечнем предоставляемых услуг.

При разработке высокоскоростных обычных и объединенных сетей важно осознавать влияние методов управления потоком и контроля ошибок на производительность. Эти методы реализуются на уровне передачи данных в некоторых протоколах сетевого уровня, например X.25, на транспортном уровне и в некоторых протоколах прикладного уровня.

Моделирование производительности методов управления потоком и контроля ошибок – исключительно сложная задача. Простейший случай заключается в использовании управляющего канального протокола, работающего между двумя устройствами, соединенными

двухточечным соединением. Здесь нас будут интересовать только постоянная задержка распространения данных между двумя устройствами, постоянная скорость передачи данных, вероятностная частота ошибок и статистические характеристики трафика. При разработке деталей механизмов управления потоком и контроля ошибок в таких протоколах, как TCP, важно получить возможность влиять на производительность управления потоком и контроля ошибок на уровнях выше уровня передачи данных.

Методы контроля ошибок используются для восстановления после потери или повреждения протокольных модулей данных при их прохождении от отправителя к получателю. Как правило, контроль ошибок включает обнаружение ошибок на базе контрольной последовательности кадра (Frame Check Sequence, FCS) и повторную передачу протокольного модуля данных. Контроль ошибок и управление потоком реализуются вместе в едином механизме, регулирующем поток протокольных модулей данных и определяющем, когда следует повторить передачу одного или нескольких протокольных модулей данных. Таким образом, контроль ошибок, как и управление потоком, представляет собой функцию, реализуемую на различных протокольных уровнях.

### **Механизмы управления каналом**

Для управления потоком и контроля ошибок на уровне передачи данных, как правило, используются три метода: остановка с ожиданием, возврат на N шагов и селективный выбор. Последние два метода представляют собой специальные случаи техники скользящего окна. Мы рассмотрим все эти методы в данном разделе.

Представьте себе две оконечные системы, соединенные напрямую каналом связи. Передающая система собирается послать сообщение или блок данных отправителю. Данные посылаются не единым блоком, а разбиваются на последовательность кадров.

*Эта процедура выполняется по одной или по нескольким из перечисленных ниже причин:*

- ◆ Конечность размеров буфера получателя.
- ◆ Чем дольше время передачи, тем выше вероятность ошибки, в результате которой потребуется повторная передача целого кадра. При меньшем размере кадров ошибки выявляются быстрее, и меньшее количество данных приходится передавать повторно [1].

#### **Остановка с ожиданием**

Простейшая схема управления потоком, называемая управлением потоком с остановкой и ожиданием

(stopandwait), работает следующим образом. Отправитель пересылает кадр, приняв его, получатель сообщает о своем желании принять другой кадр, отсылая обратно подтверждение о получении данного кадра. Прежде чем посылать следующий кадр, отправитель должен ждать подтверждения. Таким образом, получатель может остановить поток данных, просто "придержав" подтверждение.

#### **Схема ARQ с возвратом на N шагов**

Наиболее часто употребляемая форма контроля ошибок, основанная на управлении потоком при помощи скользящего окна, называется автоматическим запросом на повторение с возвратом на N шагов. В этом методе станция может послать серию кадров, последовательно пронумерованных по модулю какого-либо максимального значения. Количество неподтвержденных кадров определяется размером окна с помощью метода скользящего окна для управления потоком. При отсутствии ошибок получатель будет подтверждать принятые кадры как обычно (сообщениями RR или подтверждениями "на попутных" модулях данных). Если получающая станция обнаруживает в кадре ошибку, она может послать отрицательное подтверждение REJ (REject – отказ) для этого кадра. Получающая станция отбросит этот кадр и все последующие входящие кадры, пока не примет правильную копию ошибочного кадра. Таким образом, передающая станция, получив сообщение REJ, должна передать повторно ошибочный кадр, а также все последующие кадры, которые она уже успела передать.

#### **Схема ARQ с селективным выбором**

В схеме автоматического запроса на повторение с селективным отказом повторно передаются только те кадры, для которых отправитель получает отрицательное подтверждение, называемое в данном случае SREJ (Selective REject – селективный отказ), а также кадры, время ожидания подтверждения для которых истекло.

Алгоритм селективного отказа кажется более эффективным, чем схема с возвратом на N шагов, так как он позволяет минимизировать количество повторно передаваемых кадров. С другой стороны, получатель должен управлять буфером, достаточно большим, чтобы сохранять все кадры, полученные после отправки им команды SREJ, до тех пор, пока ошибочный кадр не будет передан повторно. Также получатель должен сам расставлять получаемые кадры в правильном порядке. Отправитель также должен обладать более сложной логикой, позволяющей передавать кадры не по порядку. В связи с большей сложностью, алгоритм селективного отказа получил значительно меньшее распространение, чем схема возврата на N шагов.

**Постановка задачи**

В данной статье рассматривается производительность сетей в канальном уровне модели ISO/OSI. Несмотря на все более широкое применение сетей, к настоящему моменту отсутствует методика тестирования каналов связи данного типа. Такое положение зачастую приводит к сложностям при их сдаче в эксплуатацию. Причина – отсутствие критериев оценки качества канала даже в простейшей конфигурации точка-точка.

При выборе канала возникает вопрос выбора протокола передачи данных, таких как протокол с ожиданием, протокол с потерями данных с подтверждений и протоколы скользящего окна. В данной статье рассматривается производительность схемы ARQ с возвратом на N шагов в протоколах скользящих окон.

Протокол с потерями данных с подтверждений, факт приёма переданного кадра должен подтверждаться специальным сообщением (ACK, NAK) [1]. Если в результате

помех на физическом уровне кадр будет потерян, то никаких попыток его восстановить на канальном уровне произведено не будет. Этот класс сервиса используется там, где физический уровень обеспечивает настолько высокую надёжность при передаче, что потери кадров происходят редко и восстановление при потере кадров можно переложить на верхние уровни. Данный вид сервиса также применяют при передаче данных в реальном времени там, где лучше потерять часть данных, чем увеличить задержку при их доставке. Например, передача речи, видео изображения.

**Протоколы скользящего окна**

У отправителя есть определённая константа n – число кадров, которое отправитель может послать без ожидания подтверждения каждого. По мере получения подтверждений, отправленные кадры будут сбрасываться из буфера отправителя, и буфер будет пополняться новыми.

Окно может включать N пакетов, и возможны задерж-

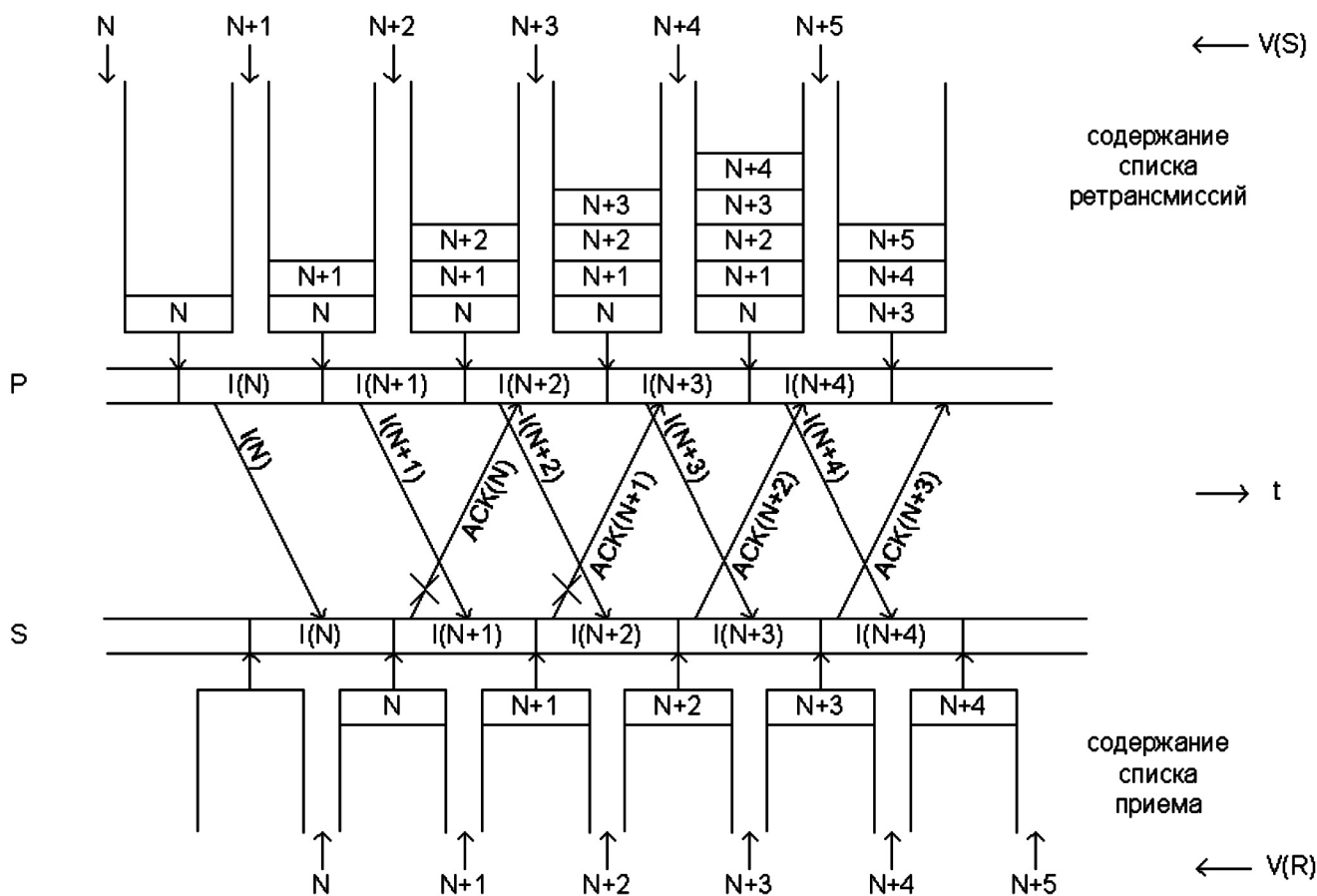


Рисунок 1. Протокол скользящего окна.

ки в получении подтверждений на протяжении окна. Так, если произошла ошибка при передаче, т.е. отправитель получает отрицательную квитанцию относительно пакета с номером  $K$ , нужна повторная передача, и она начинается с пакета  $K$ .

Например, в сетях можно использовать переменный размер окна. Время ожидания ( $T_{ож}$ ) подтверждений вычисляется по формуле [2]

$$T_{ож} = 2 \cdot T_{ср}$$

где

$$T_{ср} = 0,9 \cdot T_{ср \text{ ПРИБ}} + 0,1 \cdot T_i,$$

$T_{ср}$  – усредненное значение времени прохода пакета до получателя и обратно,

$T_{ср \text{ прев}}$  – усредненное значение времени прохода пакета до получателя и обратно для предыдущий сообщении

$T_i$  – результат  $i$  го измерения этого времени.

Время доставки кадра и время доставки подтверждения в некоторых случаях может быть большим [1]. Оно может приводить к серьезным бесполезным тратам пропускной способности канала. Рассмотрим пример – спутниковый канал на 50 Kbps с общей задержкой 500 ms. Пусть мы хотим использовать протокол 4 для передачи кадров размера 1000 бит. В момент, равный 0 ms отправитель отправляет первый кадр. В 20ms кадр полностью отправлен, в 270 ms он принят и в 520 ms отправитель получил подтверждение. Эти цифры говорят о том, что отправитель был блокирован в течении 500/520, т.е. 96% времени. А это – потеря пропускной способности канала.

Эта проблема есть следствие правила, по которому отправитель ждет подтверждения, прежде чем отправить следующий кадр. Это требование можно ослабить – разрешить отправителю отправлять до  $n$  кадров, не ожидая их подтверждения. Надлежащим выбором значения  $n$  (размер окна) отправитель может заполнить все время, необходимое на отправку кадра и получение его подтверждения. В вышеприведенном примере  $n$  должно быть равным по крайней мере 26. Это как раз то количество кадров, которое отправитель успеет отправить за 520 ms, прежде чем придет подтверждение на кадр 0. Таким образом, неподтвержденными будут 25 из 26 кадров, окно отправителя будет на 26 кадров.

Эта техника известна как конвейер. Ее применение в случае ненадежного канала сталкивается с рядом проблемами. Первая из них – что делать, если в середине потока пропадет или попадет поврежденный кадр? Получатель уже получит большое количество кадров к тому моменту, когда отправитель обнаружит, что что-то произошло. Когда получатель получит поврежденный кадр, он его должен сбросить; что делать с последующими кадрами? Канальный уровень обязан передавать пакеты на сетевой уровень в том порядке, в каком их отправлял отправитель.

### Модель скользящего окна

С увеличением размера окна вероятность появления ошибки в окне увеличивается. Рассмотрим вероятность появления ошибки в  $i$ -ом кадре в окне размером  $m$  кадров. Из теории вероятности известно [3] распределение вероятности между возможными значениями некоторой случайной величины – числа появления события при  $m$  попытах

$$P_{km} = C_m^k * p^m * q^{m-k},$$

где

$p$  – вероятность появления ошибки в кадре,

$$q = 1 - (1 - e)^N,$$

$C_m^k$  – число способов, какими из  $m$  опытов можно выбрать  $k$ .

Вероятность успешной передачи кадра в  $i$ -ой попытке

$$q^i = (1 - q)(1 + q + q^2 + q^3 + \dots + q^i)$$

$$q^i = 1 - q^i$$

$q$  = вероятность искажение одного кадра.

$$q = 1 - (1 - e)^n$$

$n$  – длина кадра в битах,

$k$  – число кадров в окне

$$q_k = 1 - (1 - e)^{nk},$$

$e$  – вероятность битовых ошибок в канале.

Определим число попыток повторной передачи кадра, на котором достигается заданная вероятность его успешной передачи:

$$P_{зад} = 1 - q^i,$$

откуда

$$m = \frac{\lg(1 - P_{зад})}{\lg q_k}$$

Математическое ожидание числа попыток до первой успешной доставки всех кадров в окне (рис. 1):

$$M(i) = \sum_{i=1}^{\infty} p_i * i,$$

где

$i$  – номер попытки,

$p_i$  – вероятность доставки неискажённого кадра на  $i$ -й попытке,

$p_k$  – вероятность доставки неискажённых  $k$  кадров в окне,  $p_k = 1 - q_k$

$$M(i) = \frac{p_k}{(1 - q_k)^2} = \frac{1}{p_k} (1),$$

что определяет жёсткую зависимость производительности протокола, от уровня помех в канале.

Для простоты расчётов возьмём идеальный канал пе–

передачи данных. В идеальном канал передачи данных BER (Bit Error Rate – вероятность битовых ошибок) равно 0, другими словами, в канале передачи данных кадры не будут повреждены. Из рис. 1 видим, что в канале передачи данных не ожидаем квитанции. С этим можем исключить время ожидания получение квитанции. По мере отправки кадров, получаем положительные.

Помимо задержек, связанных с временем на передачу информационных и служебных кадров, необходимо также учитывать реальную задержку распространения сигналов в передающей среде (электрические кабели, оптические и др.).

В условиях зашумленности канала для оценки времени передачи  $N$  бит информационного кадра, введём реальную скорость передачи данных -  $V$ .

$$V = \frac{N_{\text{кадр}} * k}{T_k} * p_k \quad (1)$$

где  
 $N$  (бит) – длина кадра,  
 $C$  (бит) – число проверочных битов в кадре,  
 $S$  – длина канала передачи данных (в метрах),

$R$  (бит/с) – номинальная скорость канала,  
 $R_{\text{расп.сигн}}$  (бит в метр /с) – скорость распространения сигнала в среде передачи.

$$R_{\text{расп.сигн}} = c * \mu,$$

где  
 $c$  – скорость распространения сигнала в вакууме,  
 $\mu$  – относительная скорость распространения сигнала в канале передачи данных.

Для наиболее распространённых кабельных систем справедливо соотношение реальной скорости распространения сигналов в вакууме

Коаксиальный кабель – относительная скорость распространения сигнала: 0,66 (%) [1]

Витая пара cat3– кабель – относительная скорость распространения сигнала: 0,65–0,71 (%) [2]

Оптоволоконный кабель – относительная скорость распространения сигнала: 0,66–0,78(%) [3]

$T$  – время передачи кадра

$$T = \frac{N}{R} + \frac{N * S}{R_{\text{расп.сигн}}} = \frac{N * R_{\text{расп.сигн}} + R * N * S}{R_{\text{расп.сигн}} * R}$$

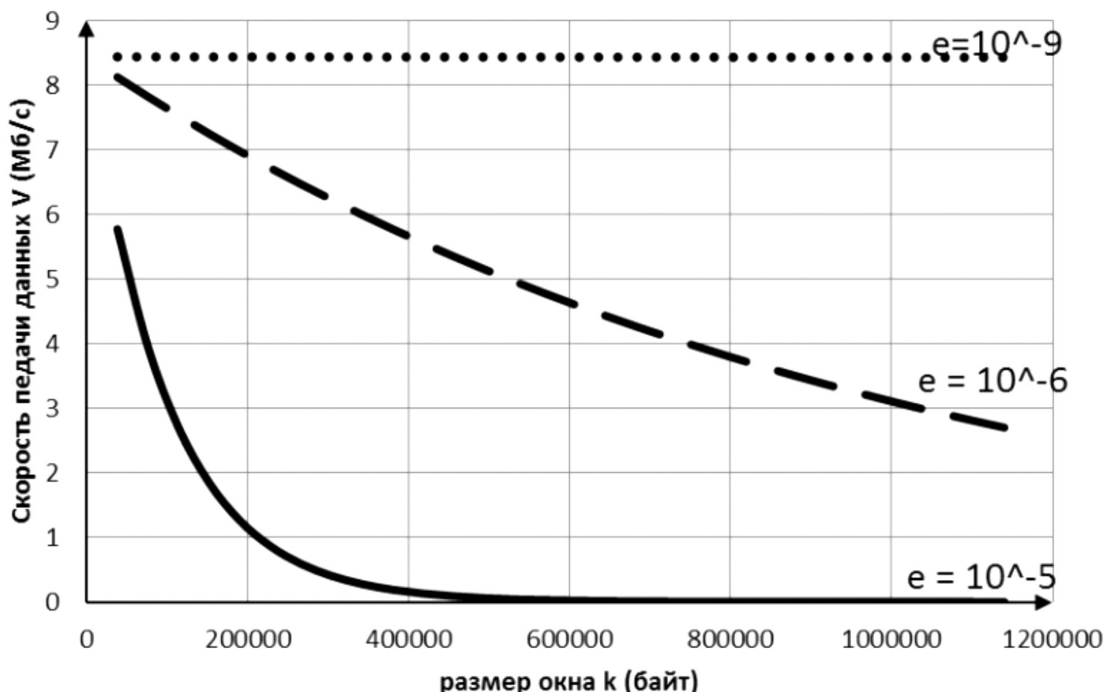


Рисунок 2. Реальная скорость канала связи (Ethernet).

$$T_k = \frac{N * k}{R} + \frac{k * N * S}{R_{\text{расп.сигн}}} + T_{\text{интв}} * k =$$

$$= \frac{k * (N * R_{\text{расп.сигн}} + R * N * S)}{R_{\text{расп.сигн}} * R} \quad (3)$$

$T_{\text{интв}}$  – интервал между двумя кадрами

Также для технологии Ethernet произведём расчёты для выражения (1) на **рис.2**, где показана реальная скорость канала с учётом длины канала передачи. Входные параметры определены так:

$$C = 32 \text{ бита}, N_{\text{АСК}} = 72 \text{ байта [4]}, R = 10^7 \text{ б/с}, e = 10^5,$$

$$R_{\text{расп.сигн}} = 1.98 * 10^8 \text{ (бит в метр)/с}$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Яковлев, Ф.И. Кушназаров Оценка влияния помех на производительность протоколов канального уровня
2. RFC 793 – Протокол управления передачей (ТСР)
3. Оценка производительности вычислительного комплекса информационно-измерительной и управляющей системы специального назначения дис. канд. техн. наук.: 05.11.16 защищена 17.12.2010 Баштанник, Николай Андреевич г. Астрахань 2010 год. 176 с. Библиогр.: с. 134–145.
4. Теория вероятности. Вентцель Е.С (4-е издание)

© Ф.И. Кушназаров, (inventor777@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

Russian Oil&Gas Industry Week

НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
ФОРУМ

16-я Международная выставка  
**НЕФТЕГАЗ-2016**

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАННЕГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ИНТЕРЕСАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF EARLY DETECTION OF CHANGES IN THE SOCIO-ECONOMIC AND POLITICAL CONDITIONS FOR PUBLIC ADMINISTRATION

*I. Lavresh  
A. Trifonov*

**Annotation**

We discussed the issues of adaptive management in decision support systems. We explored the problem of the use of crowdsourcing to the situation center with the cooperation of professional experts and communities socially active citizens. We offered the technology of early detection of changes of socio-economic and political conditions in the process of discussing possible solutions on the issues of public administration. We used the methods of analysis of emissions, semantic analysis and collaborative filtering.

**Keywords:** management decisions, situational center, crowdsourcing, the analysis of emissions, semantic analysis, collaborative filtering.

*Лавреш Иван Иванович*

*К.т.н., доцент, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова"*

*Трифонов Александр Викторович*

*Зав. лабораторией, Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова"*

**Аннотация**

В статье затрагиваются вопросы адаптивного управления в системах поддержки принятия решений. Рассмотрены проблемы применения краудсорсинга на ситуационном центре при совместной работе профессиональных экспертов и сообщества социально активных граждан. Предложена технология раннего диагностирования изменений социально-экономических и политических условий в процессе обсуждения вариантов решений по обсуждаемым вопросам государственного управления. Используются методы анализа выбросов, семантического анализа и коллаборативной фильтрации.

**Ключевые слова:**

Управленческие решения, ситуационный центр, краудсорсинг, анализ выбросов, семантический анализ, коллаборативная фильтрация.

С развитием информационных технологий при принятии общественно значимых решений органы государственного управления активно привлекают, наряду с профессиональными экспертами, энтузиастов из числа социально и политически активного населения. Подобная технология (краудсорсинг) обладает большим потенциалом, так как в процессе сводного высказывания предложений по выносимым на обсуждение вопросам начинают проявляться определенные тенденции изменений, происходящих в обществе. Для получения эффективных управленческих решений необходимо учитывать нарождающиеся изменения, так как результатом их игнорирования будет принятие решений, не соответствующих складывающимся социально-экономическим и политическим условиям в регионе.

В данной статье рассматриваются вопросы раннего диагностирования социально-экономических и политических изменений в обществе для подготовки и принятия обоснованных управленческих решений при использова-

нии краудсорсинга в системах поддержки принятия решений (ситуационных центров).

При использовании этой технологии ключевой задачей становится выявление намечающихся тенденций при обработке поступающих предложений по выносимым на обсуждение вопросам.

В процессе сбора поступающих предложений возникает ситуация, при которой некоторые из них не относятся к предметной области, либо мало осуществимы по техническим, технологическим, политическим или иным причинам. Персонал ситуационного центра сталкивается с тем, что необходимо классифицировать эти аномалии либо как не относящиеся к делу, либо как нарождающиеся тенденции, которые должны быть учтены при выработке решения.

Применение технологии раннего диагностирования включает в себя следующие этапы.



**ЭТАП 1. Выявление аномалий**

Под аномалиями подразумеваем поступающие предложения, мало или совсем не относящиеся к предметной области. Для поиска аномалий предлагается использовать метод анализа выбросов в категориальных атрибутах данных или метод LOF (Local Outlier Factor) [1]. Данный метод основан на оценке плотности расположения объектов, проверяющихся на выбросы. Объекты, лежащие в областях наиболее низкой плотности, считаются выбросами.

Локальная плотность  $lrd$  в точке  $p$  определяется как: где:

$$lrd_k(p) = 1 / \left( \frac{\sum_{o \in N_k(p)} RD_k(p, o)}{|N_k(p)|} \right),$$

1.  $N_k(p)$  –  $k$ -окрестность объекта  $p \in D$ .

Это область, содержащая любой объект  $q$ , расстояние от  $p$  до которого не больше  $D_k(p)$ :

$$N_k(p) = \{q \in D \setminus \{p\} \mid d(p, q) \leq D_k(p)\}$$

$k$  – количество объектов, попадающих в окрестность. Объекты из  $N_k(p)$  называются  $k$  ближайшими соседями для  $p$ .

2.  $RD_k(p, o)$  – расстояние достижимости объекта  $p$  из объекта  $o$ . Расстоянием достижимости называется расстояние от объекта  $o$  до  $k$ -го ближайшего объекта, если  $p$  принадлежит – окрестности объекта  $o$ .

В противном случае расстоянием достижимости является непосредственное расстояние между  $o$  и  $p$  (см. рис.1).

$$RD_k(p, o) = \begin{cases} D_k(o) & \text{если } p \in N_k(o), \\ d(p, o) & \text{иначе.} \end{cases}$$

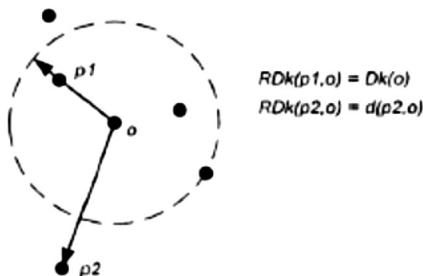


Рисунок 1. Расстояние достижимости в  $k$ -окрестности точки и вне ее.

Среди выбросов определяются области локальной плотности. Для определения сходных по тематике выбросов используется семантический анализ аномалий и их группировка по методу коллаборативной фильтрации.

**ЭТАП 2. Семантический анализ аномалий**

Для семантического анализа используется автоматически создаваемый на этапе сбора предложений классификатор. Для формирования классификатора и оценки степени принадлежности выброса той или иной тематике используются: мера Хеллингера, характеристика тематической значимости текста, расстояние Евклида, метрика близости в рамках мультиномиальной модели, косинусная мера сходства [2].

**ЭТАП 3. Прогнозирование появления новых выбросов со сходной тематикой**

Для прогнозирования появления аномальных предложений со сходной тематикой используется метод коллаборативной фильтрации, позволяющий при появлении подобных выбросов получить подтверждение намечающихся тенденций.

Входные данные представлены сильно разреженной матрицей, состоящей из рейтингов, которые эксперты (строки матрицы) присвоили предложениям из числа первоначально определенных выбросов (столбцам матрицы) [3]:

$$R = (r_{i,a})_{i=1, a=1}^{N, M}$$

Группировка аномалий осуществляется по принципу "похожести". В данном случае это коэффициент корреляции двух векторов вещественных чисел на основе элементов, которые присутствуют в обоих векторах.

Рассчитываем коэффициент корреляции Пирсона:

$$w_{i,j} = \frac{\sum_a (r_{i,a} - \bar{r}_i)(r_{j,a} - \bar{r}_j)}{\sqrt{\sum_a (r_{i,a} - \bar{r}_i)^2} \sqrt{\sum_a (r_{j,a} - \bar{r}_j)^2}},$$

где

$\bar{r}_i$  – средний рейтинг, присвоенный предложению экспертом  $i$ .

По известным оценкам  $r_i', a'$  матрицы получаем прогноз  $\tilde{r}_{i,a}$

Предположительная оценка эксперта конкретному предложению вычисляется как сумма средней оценки данного эксперта и среднего отклонения других экспертов от их средней оценки.

$$\tilde{r}_{i,a} = \bar{r}_i + \frac{\sum_j (r_{j,a} - \bar{r}_j) w_{ij}}{\sum_j |w_{ij}|}$$

Выбросы с максимальным прогнозом  $\tilde{r}_{i,a}$  показывают нарождающуюся тенденцию (тренд).

Предлагаемый порядок работы ситуационного центра с использованием краудсорсинга при обсуждении социально значимых вопросов позволяет выявлять на ранних этапах зарождающиеся изменения в обществе. Данная технология может быть положена в основу метода адаптивного принятия решений в государственном управлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, А. О. Автоматизация процессов повышения достоверности обработки информации и принятия решений в контуре систем диспетчерского управления [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук / А. О. Орлов. Москва : МАДИ, 2013. 25 с.
2. Драль, А. А. Метод автоматической классификации коротких текстовых сообщений [Электронный ресурс] / А. А. Драль, Э. Мбайкоджи, И. В. Соченков // ФГБУ науки "Институт системного анализа Российской академии наук" : офиц. сайт. – Режим доступа: [http://www.isa.ru/jitcs/images/documents/2012-03/93\\_102.pdf](http://www.isa.ru/jitcs/images/documents/2012-03/93_102.pdf). – (Дата обращения: 25.08.2015).

© И.И. Лавреш, А.В. Трифонов, (ilavresh@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

24-27 мая  
Уфа-2016






# Газ. Нефть. Технологии

XXIV международная выставка

Место проведения  
**ВДНХ ЭКСПО**  
ул. Менделеева, 158



#ГАЗНЕФТЬТЕХНОЛОГИИ #БВК  
[www.gntexpo.ru](http://www.gntexpo.ru)



**БВК** БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ  
(347) 246 41 77, 246 41 93  
e-mail: gasoil@bvkexpo.ru

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПБГУП "ГОРОДСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОСТИ"

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF ENSURING ACTIVITIES OF THE STATE UNITARY ENTERPRISE DATABASE MODEL "MUNICIPAL GOVERNMENT OF INVENTORY AND ASSESSMENT OF REAL ESTATE" OF ST. PETERSBURG

*O. Lepikhina  
A. Bogdanova*

#### Annotation

The database model of the unified information system formed to ensure activities of the Saint-Petersburg State Unitary Enterprise "Municipal government of inventory and assessment of real estate" implemented on the basis of DBMS Microsoft Access. All the necessary standard stages have been passed during creation, as well as the economic efficiency of the developed database model have been analyzed.

**Keywords:** information system, database, the Saint-Petersburg State Unitary Enterprise "GUION", conceptual model, Entity-Relationship model, physical data model.

*Лепихина Ольга Юрьевна  
К.т.н., доцент, Национальный  
минерально-сырьевой университет  
"Горный", г. Санкт-Петербург  
Богданова Анастасия Юрьевна  
Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный", г. Санкт-Петербург*

#### Аннотация

Разработана модель базы данных единой информационной системы обеспечения деятельности Санкт-Петербургского государственного унитарного предприятия "Городское управление инвентаризации и оценки недвижимости", реализованная на базе СУБД Microsoft Access. Создание базы данных выполнено на основе последовательной разработки инфологической, даталогической и физической моделей. Расчетным путем обоснована экономическая эффективность разработанной системы.

#### Ключевые слова:

Информационная система, база данных, Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие "ГУИОН", концептуальная модель, ER-модель, реляционная модель, физическое проектирование.

Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие "Городское управление инвентаризации и оценки недвижимости" (далее – СПбГУП "ГУИОН") имеет двухуровневую географически распределенную структуру: Центральный офис и 18 филиалов, расположенных в различных административных районах города Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Основными направлениями деятельности ГУП "ГУИОН" являются кадастровые работы и инвентаризация, оценка объектов недвижимости, проектирование, землеустроительные работы, консалтинг и сопровождение инвестиционных проектов.

СПбГУП "ГУИОН" имеет внушительный объем анализируемых данных, так как ежегодно собирается и изуча-

ется более 5000 единиц рыночной информации о сделках и предложениях к сделкам с объектами недвижимости Санкт-Петербурга, что позволяет проводить аналитические исследования рынка недвижимости и использовать информацию об объектах-аналогах в оценочных работах [1].

Многопрофильный характер деятельности предприятия, значительный объем хранимых и обрабатываемых цифровых и семантических данных, а также высокая численность персонала обуславливает необходимость разработки единой информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН". Внедрение указанной системы на предприятие будет способствовать удовлетворению информационных потребностей сотрудников, повышению управляемости, развитию предприятия,

его переходу на более высокий уровень в улучшении качества обслуживания клиентов, созданию единого информационного пространства и экономии времени руководителей и сотрудников.

Современные информационные системы невозможно использовать без баз данных (далее – БД) и системы управления базами данных (далее – СУБД), и даже термин "информационная система" на практике часто взаимозаменяем термином "система баз данных".

База данных является динамической информационной моделью некоторой предметной области. Каждый объект описывается рядом свойств, признаков и параметров. Работа с базой данных осуществляется по атрибутам объектов [2].

Проектирование базы данных включает в себя системный анализ предметной области и формирование концептуальной модели, инфологическое проектирование, обоснование выбора СУБД, даталогическое и физическое проектирование модели [3, 4].

На начальном этапе выполняется системный анализ предметной области и формируется концептуальная модель. При этом под предметной областью понимают информацию об объектах, процессах и явлениях, которая должна храниться и обрабатываться в информационной системе [4].

Потенциальным пользователем разработанной информационной системы обеспечения деятельности является СПбГУП "ГУИОН", а предметной областью – организация деятельности предприятия.

Для разработки концептуальной модели информационной системы выделены следующие сущности предметной области: Заказчик; Заказ; Департамент; Отдел; Директор и заместитель директора департамента; Начальник отдела; Сотрудник; Договор; Объект недвижимости; Результат работы.

*Концептуальная модель представлена в виде ER-диаграммы, семантическую основу которой составляют следующие предположения [3]:*

1. Часть реального мира, информация о котором должна быть помещена в базу данных, может быть представлена как совокупность сущностей;

2. Каждый однозначно идентифицируемый объект, который относится к сущности определенного типа, называется экземпляром сущности;

3. Систематизация представления, основанная на классах, в общем случае предполагает иерархическую зависимость типов: сущность А является подтипом сущности В, если каждый экземпляр типа А является экземпляром сущности типа В;

4. Взаимосвязи объектов могут быть представлены как связи – которые служат для фиксирования взаимосвязанности двух или нескольких сущностей. Набор осмысленных ассоциаций между сущностями разных типов.

В результате исследования сформирована концептуальная модель базы данных единой информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН" (рис.1).

При построении информационно-логической модели каждую сущность описывают атрибутами. Атрибуты содержат значения, которые описывают каждый экземпляр сущности и составляют основную часть информации, сохраняемой в базе данных. Инфологическая модель отображает логические связи между атрибутами объектов, а именно между информационными данными в концептуальной модели.

Каждая сущность может обладать любым количеством связей с другими сущностями. Если каждый экземпляр сущности участвует, по крайней мере, в одном экземпляре связи, то такое участие этой сущности называется полным (или обязательным); в противном случае – неполным (или необязательным). Количественный характер участия сущностей (один или многие) задается типом связи (или мощностью связи). Возможны следующие типы: "один к одному" (1:1), "один ко многим" (1:M), "многие к одному" (M:1), "многие ко многим" (M:M) [5].

При построении инфологической модели использована нотация Баркера (рис.2).

Затем корректность и качество разработанной модели необходимо оценить с точки зрения требований нормализации, которая представляет собой механизм последовательного преобразования каждой таблицы (отношения) к более совершенной нормальной форме [3,7].

Проверка полученной модели показала, что поля всех отношений являются простыми и более неделимыми, поэтому требование первой нормальной формы выполнено [3,7].

Требования второй нормальной формы также соблюдены в связи с наличием зависимости всех описательных атрибутов каждого отношения от первичного ключа [3,7].

Кроме того, все отношения не содержат транзитивных зависимостей, то есть они удовлетворяют условиям третьей нормальной формы [3,7].

Далее на основе инфологической модели была сформирована даталогическая модель, которая строится в терминах информационных единиц, допустимых в конкретной СУБД. По способу установления связей выбрана реляционная модель.

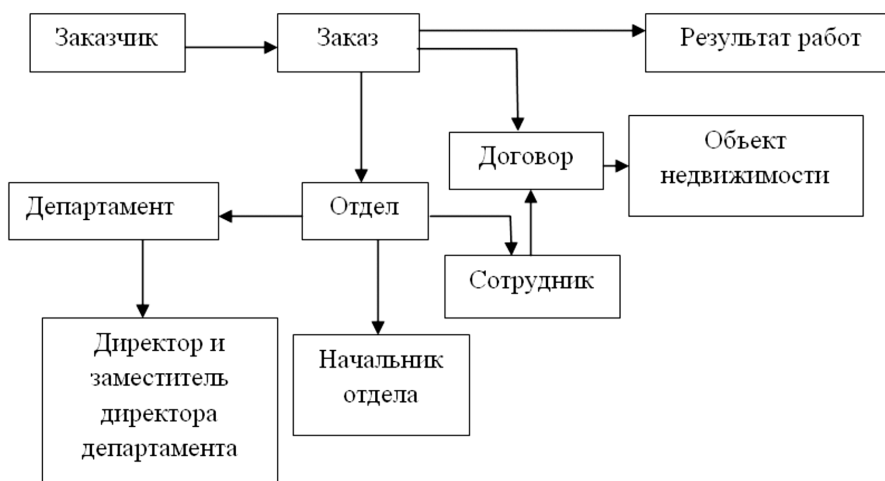


Рисунок 1 Концептуальная модель базы данных единой информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН"

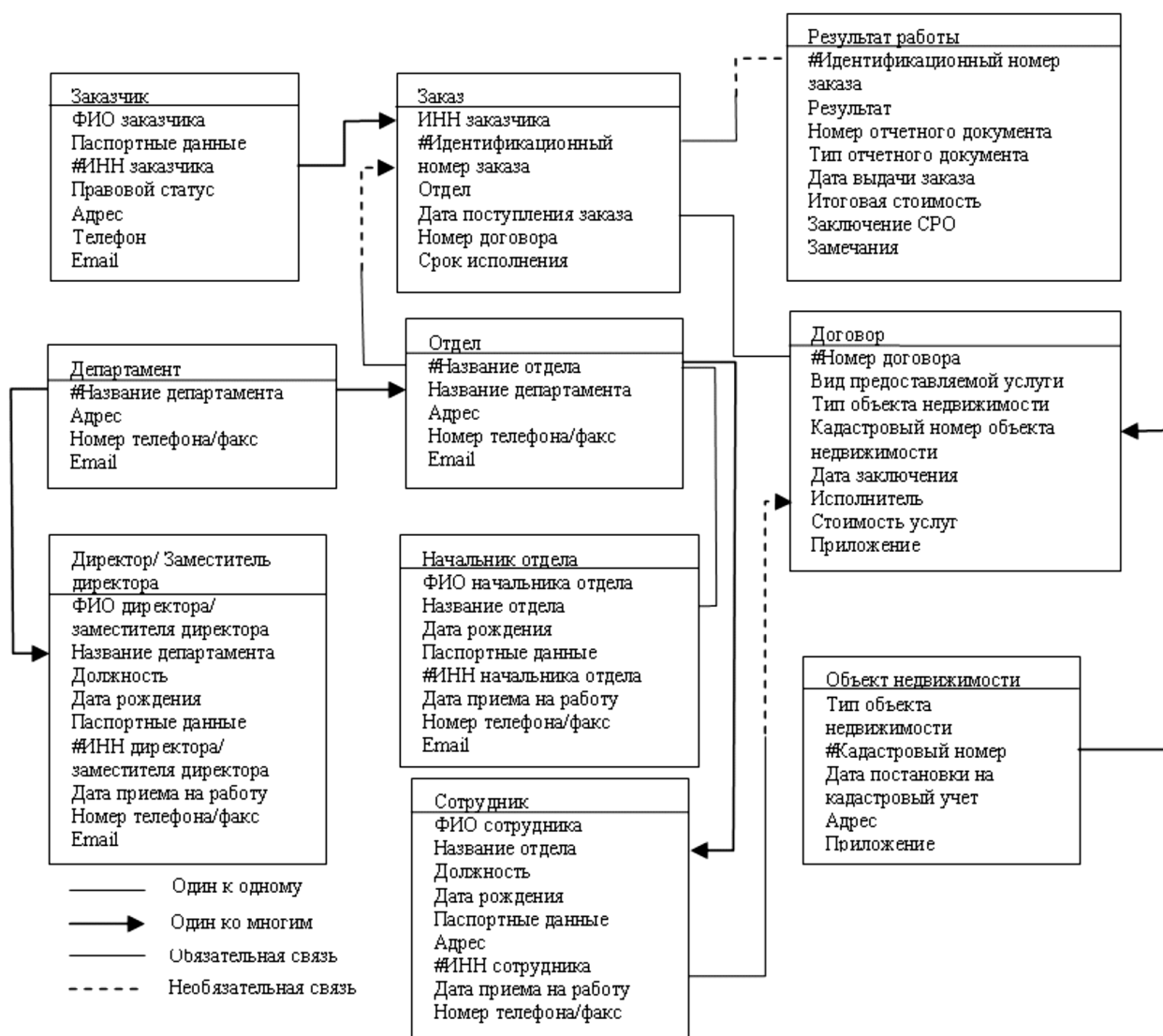


Рисунок 2. Инфологическая модель проектируемой базы данных с использованием нотации Баркера

Реляционные системы базируются на формальных основах, или теории, которая называется реляционной моделью данных. Реляционная модель данных построена на множестве взаимосвязанных отношений [7].

В такой системе выполняются как минимум три условия по основным аспектам [5]:

1. Структурный аспект: данные в базе воспринимаются пользователем, как таблицы.
2. Аспект целостности: таблицы отвечают определенным условиям целостности.
3. Аспект обработки: в распоряжении пользователя имеются операторы манипулирования таблицами, которые генерируют новые таблицы на основании уже имеющихся.

Следующим этапом разработки модели является выбор СУБД. Создание и ведение базы данных предлагается осуществлять на базе СУБД Microsoft Access в связи с поддержкой в основе указанной программы реляционной модели данных.

Microsoft Access является файл-серверной СУБД, то есть файлы данных располагаются централизованно на файл-сервере. Ядро СУБД располагается на каждом клиентском компьютере. Доступ к данным осуществляется через локальную сеть. Преимуществом этой архитектуры является низкая нагрузка на центральный процессор сервера, а недостатком – высокая загрузка локальной сети.

Пользователь может создавать запросы на выборку данных по определенному условию, на проведение расчета по данным, а так же вводить данные в базу данных с помощью форм [8].

Таким образом, в данной работе спроектирована реляционная база данных, состоящая из 10 таблиц, которая

в дальнейшем будет реализовываться в выбранной СУБД. Связи между таблицами в реляционной модели устанавливаются по равенству значений совпадающих полей, которые в разных таблицах играют роль внешнего ключа или ключа связи.

Такая модель хранения данных обеспечивает удобство использования базы данных на компьютере. Учитывая, что таблицы базы данных могут быть связаны определенными отношениями, эта модель обеспечивает целостность данных и отсутствие избыточности хранения.

На этапе физического проектирования составлены проекты таблиц, которые будут в дальнейшем реализовываться в конкретной СУБД, с целью обеспечения безошибочности, точности и целостности хранимых в базе данных (табл. 1).

Проанализируем экономическую эффективность разработанной модели с точки зрения востребованности и прибыльности. Чаще всего оценивается эффективность систем, учитывая повышение производительности труда.

Для эффективной организации труда на предприятии, необходимо знать, какой объем труда требуется для выполнения работы, а так же установить меру труда каждого работника, т.е. норму труда.

Нормирование труда состоит в определении меры затрат труда на выполнение определенного объема работы в заданных условиях. Мера затрат может быть выражена временем, объемом работы, численностью работников и объектов обслуживания [9].

Проектируемая база данных должна повысить число решаемых задач, как в количественном, так и в качественном отношении. При этом время на поиск решения и

Таблица 1.

Физическая модель базы данных для отношения "Заказчик".

№	Наименование поля	Примечание (тип данных, размер поля, пример записи)
1	ФИО заказчика	Текстовый, 255 знаков, Александров Антон Валерьевич
2	Паспортные данные	Текстовый, 255 знаков, 1106 584216 выдан 25.07.2010
3	Статус	Текстовый, 255 знаков, Физическое лицо
4	Адрес	Текстовый, 255 знаков, 199226, СПб, Морская наб.10 кв.15
5	ИНН заказчика	Текстовый, 255 знаков, 8955876295
6	Телефон	Текстовый, 255 знаков, 89216859475
7	Email	Текстовый, 255 знаков, Kharina75@mail.ru
8	Идентификационный номер заказа	Числовой, Длинное целое 27

оформление результата значительно сократится.

Изначально рассмотрена ситуация до внедрения на предприятие разработанной базы данных.

Поскольку вся информация о деятельности СПбГУП "ГУИОН" находится в разрозненном виде и не имеет общей информационной системы для обработки и хранения данных, работа сотрудника состоит из нескольких трудоемких этапов:

1. Прием заявления у заказчика;
2. Обработка заказа и направление его в один из отделов департамента;
3. Решение поставленной задачи;
4. Оформление результата.

Если речь идет о комплексном поиске по многим объектам, то время обработки такого запроса увеличится прямо пропорционально числу анализируемых объектов. Таким образом, время на решение поставленной задачи можно грубо определить по формуле 1:

$$T=(T_1+T_2) n+T_3+T_4 \quad (1)$$

где

$T_1$  – время поиска сведений об одном объекте;

$T_2$  – время анализа данных об одном объекте;

$T_3$  – время решения задачи;

$T_4$  – время оформления результата;

$n$  – число анализируемых объектов.

Для оценки экономической эффективности проекта следует провести расчет времени на обработку информации вручную и с использованием проектируемой базы данных.

1. На обработку всей информации по объекту вручную специалист затрачивает:

$$T=(0,03+0,1) 1+0,4+0,2=1 \text{ час}$$

2. На обработку всей информации по объекту с использованием базы данных специалист затрачивает:

$$T=(0,03+0,11) 1+0,14+0,05=20 \text{ минут}$$

В результате экономия времени при использовании информационной системы составляет около 40 минут на каждый час.

На создание самой базы данных специалист потратит 1 месяц.

Примерная зарплата специалиста составляет 50 тыс. руб.

Расчет трудозатрат и экономии денежных средств представлены в табл. 2.

Теперь специалисту на выполнение того же объема работ, требуется в 3 раза меньше времени, и на предприятии можно сократить 2 рабочих ставки.

Социальный налог равен 30% или в данном случае 7 500 руб.

Сокращение двух рабочих ставок даст экономический эффект в размере 65 000 руб. в месяц, или 780 000 руб. в год.

Помимо экономии средств за счет фонда заработной платы, проект базы данных также может принести дополнительный доход как продукт интеллектуальной собственности, готовый к продаже и использованию.

Для объективной оценки требуются аналоги, схожие с проектируемой базой данных по функциональности и списку решаемых задач.

Таковыми аналогами являются системы управления реляционными базами данных Oracle Database и Microsoft SQL Server.

Для получения объективной оценки проекта нужно ввести балльную систему оценки, которая поможет рас-

Таблица 2.

Расчет трудозатрат и экономии денежных средств.

	Трудозатраты на 1 объект	Зарплата работника ГУП "ГУИОН"	Ежегодные затраты при одинаковом объеме работ	Экономия фонда заработной платы ГУП "ГУИОН"	Экономия средств с учетом затрат на создание проекта
Ручной труд	1 час	25 000 руб.	300 000	200 000 руб.	150 000 руб.
Автоматизированный труд	20 минут	25 000 руб.	100 000		

пределить стоимость каждого из продуктов исходя из их функциональности.

Максимальная оценка принимается за 5 баллов, а минимальная – за 1 балл. Оценка в 1 балл будет означать отсутствие у ресурса указанной функции, а оценка 5 – ее присутствие и приоритетную проработку в базе данных.

После изучения функциональности аналогов, с учетом специфики проектируемой базы данных, можно выделить 6 основных критериев. Расчет стоимости проекта базы данных представлен в табл. 3.

Итоговую стоимость разработанного проекта округлим до 44000 руб. за базу данных на 1 рабочее место.

*Доход от проектируемой базы данных можно представить в виде трех основных статей:*

1. Экономия фонда заработной платы, 150 000 руб./год;
2. Сокращение двух рабочих ставок, 780 000 руб./год;
3. Экономия на покупке базы данных, 44 000 руб.

Таблица 3.

Расчет стоимости проекта.

№ п.п.	Параметр	Проект единой информационно й системы деятельности СПбГУП "ГУИОН"	Oracle Database	Microsoft SQL Server
	Цена покупки		49 400	37 881
1	Совместимый с современными формат обмена данными	4	5	5
	Коэффициент корректировки		-4%	-4%
2	Простота в использовании	5	3	4
	Коэффициент корректировки		+8%	+4%
3	Возможность использования запросов	4	5	5
	Коэффициент корректировки		-4%	-4%
4	Независимость от предустановленного программного обеспечения, работа на собственной базе	5	5	5
	Коэффициент корректировки		0%	0%
5	Возможность систематизирования информации о мониторинге объектов	5	4	2
	Коэффициент корректировки		+4%	+12%
6	Скорость обработки данных	4	5	5
	Коэффициент корректировки		-4%	-4%
	Количество корректировок		0%	+4%
	Стоимость после внесения корректировок, руб.	44 398	49 400	39 396



Таким образом, совокупный экономический эффект составляет 974 000 рублей в год.

Разработанная модель базы данных, составляющая основу единой информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН" содержит информацию о департаментах, отделах и сотрудниках предприятия, заказчиках, заказах и объектах недвижимости Санкт-Петербурга.

При создании информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН" были пройдены все стандартные этапы проектирования, что обеспечило безошибочность и точность информации, а так же целостность самой базы данных. Результатом работы явилась модель базы данных единой информационной системы обеспечения деятельности СПбГУП "ГУИОН", реализованная на базе СУБД Microsoft Access.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Санкт-Петербургского государственного унитарного предприятия "Городское управление инвентаризации и оценки недвижимости" – Режим доступа: <http://www.guion.spb.ru/> (дата доступа 01.11.2015).
2. Советов, Б.Я. Базы данных: теория и практика: учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. – М.: Юрайт, 2013. – 463 с.
3. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е издание – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1440 с.
4. Диго С.М. Базы данных: проектирование и использование: Учебник.–М.: Финансы и статистика, 2005.–592 с.: ил.
5. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 1328 с.: ил.
6. Кузнецов С.Д. Основы современных баз данных: Информационно-аналитические материалы Центра информационных технологий [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://citforum.ru/database/osbd/contents.shtml> (дата доступа 07.11.2015).
7. Бураков П.В., Петров В.Ю. Введение в системы баз данных: Учебное пособие.–СПб, 2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.ict.edu.ru/ft/006173/itmo461.pdf> (дата доступа 07.11.2015).
8. Кошелев, В.Е. Базы данных в ACCESS 2007: Эффективное использование / В.Е. Кошелев. – М.: Бином-Пресс, 2009. – 592 с.
9. Рофе А. И. Организация и нормирование труда: Учебник для вузов. – М.: Издательство "МИК", 2001. – 368 с.

© О.Ю. Лепихина, А.Ю. Богданова, ( [OlgaLepikhina1984@gmail.com](mailto:OlgaLepikhina1984@gmail.com) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", г. Санкт-Петербург

# РЕГРЕССИОННЫЙ И КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № НК 14-08-00673\14

## REGRESSION AND CLUSTER ANALYSIS OF REGIONAL PRODUCTIONS

*E. Makarova*  
*E. Gabdullina*  
*E. Zakieva*

### Annotation

The analysis of productions in regions of the Russian Federation in general and in regions of the Volga Federal District separately is carried out by methods of the correlation, regression and cluster analysis. The regularities in data allowing to define the reasons of emergence of macrostructural reproduction disproportions are revealed.

**Keywords:** production, socio-economic indexes, correlation analysis, regression analysis, cluster analysis.

**Макарова Елена Анатольевна**

*Д.т.н., профессор,*

*Уфимский государственный авиационный  
технический университет*

**Габдуллина Эльвира Риятовна**

*К.т.н., доцент,*

*Уфимский государственный авиационный  
технический университет*

**Закиева Елена Шавкатовна**

*К.т.н., доцент,*

*Уфимский государственный авиационный  
технический университет*

### Аннотация

Проведен анализ производственных процессов в регионах Российской Федерации в целом и в регионах Приволжского федерального округа в отдельности методами корреляционного, регрессионного и кластерного анализа. Выявлены закономерности в данных, позволяющие определить причины возникновения макроструктурных воспроизводственных диспропорций.

### Ключевые слова:

Производственный процесс, социально-экономические показатели, корреляционный анализ, регрессионный анализ, кластерный анализ.

## ВВЕДЕНИЕ

По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [1], за последние десять лет наблюдается неуклонный рост макроэкономических показателей российской экономики. Однако детальный анализ состояния промышленности по регионам Российской Федерации (РФ) выявил проблемы, вызывающие макроструктурные диспропорции российской экономики и нарушение темпов воспроизводственных процессов [2,3].

На рис. 1 представлены графики изменения таких социально-экономических показателей, как валовой региональный продукт (ВРП), объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по разным видам экономической деятельности ("Добыча полезных ископаемых", "Обрабатывающие производства", "Производство и распределение электроэнергии, газа и воды"), численность экономически активного населения, степень изношенности основных фондов.

Наряду с ростом показателей промышленного производства (2,3 и 4 диаграммы), свидетельствующих о развитии промышленности России, вызывает опасения некоторое уменьшение численности экономически активного населения (диаграмма 5) и увеличение степени изношенности основных фондов (диаграмма 6).

### 1. Интеллектуальный анализ производственных процессов в регионах РФ

Целью проведения исследования являлось изучение состояния промышленности регионов Российской Федерации, выявление неизвестных, скрытых закономерностей в данных и определение групп регионов со сходными признаками [4].

Для выполнения исследования использовались статистические данные по регионам России за 2012 г. Были выбраны следующие показатели (признаки):

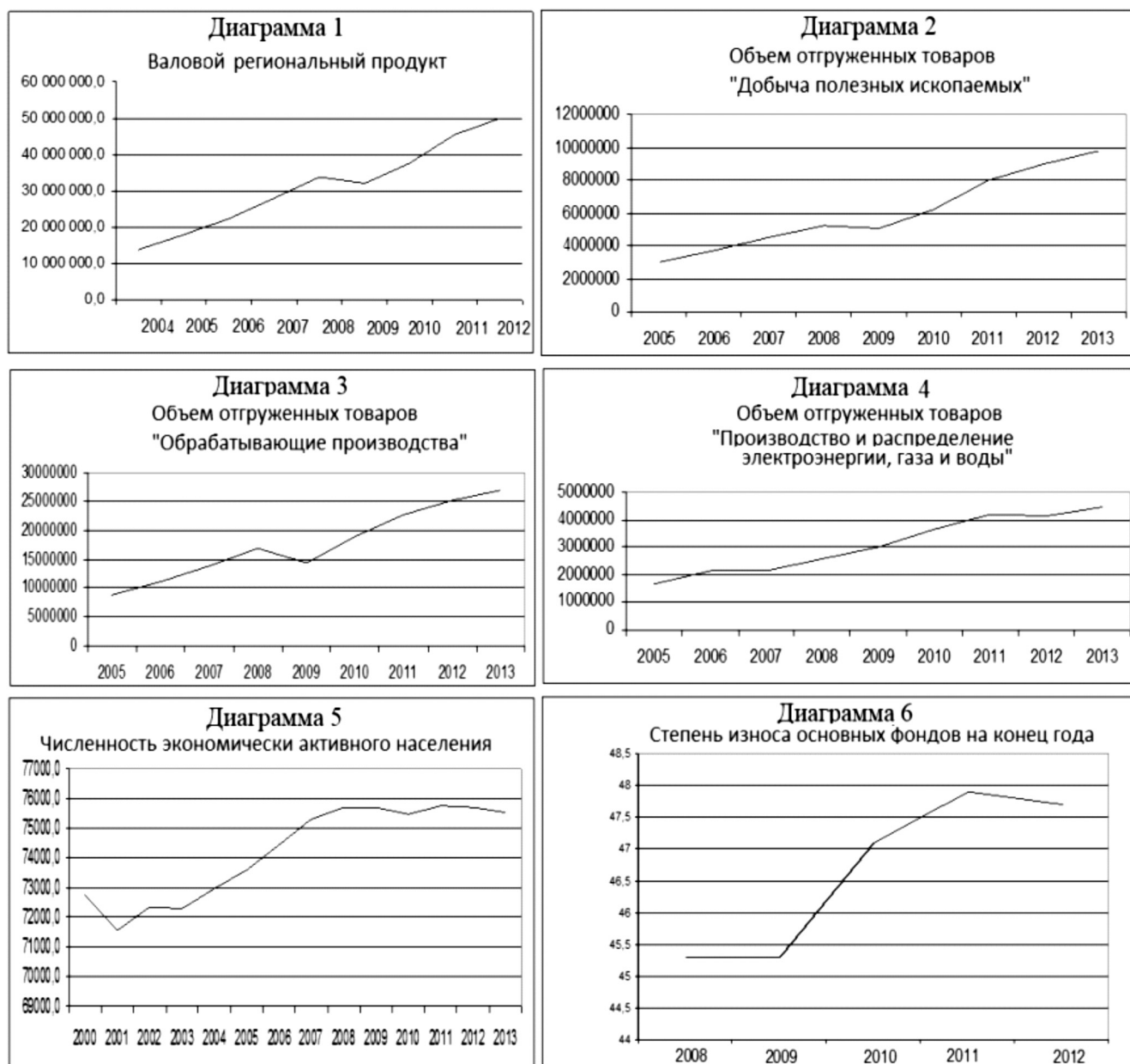


Рисунок 2. 1. Социально-экономические показатели состояния экономики РФ.

X1 – "Объем отгруженных товаров по видам экономической деятельности: "Обрабатывающие производства",  
 X2 – "Добыча полезных ископаемых",  
 X5 – "Производство и распределение электроэнергии, воды и газа";  
 X3 – "Потребление электроэнергии";  
 X4 – "Энергоемкость ВРП";  
 X6 – "Численность экономически активного населения";

X7 – "Степень изношенности основных фондов";  
 X8 – "Доля продукции высокотехнологических и наукоемких отраслей в ВРП";  
 X9 – "ВРП". Данные по регионам для каждого показателя были нормированы путем их деления на среднее значение показателя по РФ.

Для интеллектуального анализа данных применялся прикладной программный пакет "Statgraphics".

Таблица 1.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X2	0,19	0	0,71	-0,13	0,48	0,19	0,17	-0,40	0,51
X4	-0,11	-0,13	0,06	0	-0,15	-0,14	0,02	0,07	-0,21
X7	0,02	0,17	0,17	0,029	0,08	0,03	0	0,15	0,02
X9	0,79	0,51	0,67	-0,21	0,95	0,85	0,02	-0,08	0

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № НК 14-08-00673\14.

1.1. Корреляционный анализ

Корреляционный анализ проводился с целью выбора показателей статистической связи между признаками и оценки их значений по выборке, а также определения структуры связи между компонентами исследуемого многомерного признака X. В результате проведения корреляционного анализа была выявлена статистическая независимость показателей X7 – "Степень изношенности основных фондов" и X4 – "Энергоемкость ВРП" от остальных показателей (табл. 1).

Результаты корреляционного анализа показали, что признак X8 – "Доля продукции высокотехнологических и наукоемких отраслей в ВРП" коррелирует только с признаком X2 – "Объем отгруженных товаров по виду экономической деятельности "Добыча полезных ископаемых". Выявленная зависимость подтверждается и статистическими данными, согласно которым в структуре налогов в консолидированный бюджет РФ [1], самые большие поступления в бюджет идут от налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ). Таким образом, при расходовании государственного бюджета с целью инвестирования инновационных проектов [5], поддержки наукоемких отраслей наибольшую важность имеет именно НДПИ.

По итогам корреляционного анализа было выявлено также, что хотя показатель X9 – "ВРП" и является интегральным показателем состояния экономики РФ и зависит от основных шести признаков: объем отгруженных товаров по видам экономической деятельности "Обрабатывающие производства" (X1), "Добыча полезных ископаемых" (X2), "Производство и распределение электроэнергии, воды и газа" (X5), "Потребление электроэнергии" (X3), "Энергоемкость ВРП" (X4), "Численность экономически активного населения" (X6), однако на ВРП не влияют признаки "Степень изношенности основных фондов" (X7) и "Доля продукции высокотехнологических и наукоемких отраслей" (X8), что говорит о незначительной доле наукоемких отраслей в структуре промышленности регионов.

1.2. Регрессионный анализ

Целью проведения регрессионного анализа являлось более детальное изучение структуры зависимости показателя Y – "ВРП" от остальных показателей. На основе результатов корреляционного анализа было выявлено два набора статистически независимых между собой показателей (базиса).

Уравнение регрессии по первому базису выявило закономерную зависимость ВРП от промышленного производства, а именно, от объема отгруженных товаров по видам экономической деятельности "Обрабатывающие производства" (X1) и "Добыча полезных ископаемых" (X2) (табл. 2).

Таблица 2.

Показатели	Коэффициенты в уравнении регрессии
X1	0,963
X2	0,2259
X4	-0,302
X7	-0,738
$Y = 0,963 * X1 + 0,2259 * X2 - 0,302 * X4 - 0,738 * X7$	

Отрицательная зависимость ВРП от энергоемкости (X4) объясняется высокими ценами на энергоносители, так как каждая неэффективно затраченная единица энергии уменьшает прибыль на свою стоимость. В отличие от корреляционного анализа в регрессионном анализе выявлена отрицательная зависимость между ВРП и степенью изношенности основных фондов (X7). В этом случае эта взаимосвязь отражает процесс амортизации в виде переноса стоимости основных средств по мере их износа на стоимость производимой продукции.

Уравнение регрессии на основе второго базиса показало, что на объем ВРП сильное влияние оказывает энергопотребление (X3) и доля продукции наукоемких отраслей (X8). Сильная зависимость ВРП от инноваций (производства высокотехнологичной промышленности) под-

тверждается необходимостью модернизации промышленности в виде сильной отрицательной зависимости между степенью изношенности основных фондов ( $X_7$ ) и ВРП (табл.3).

Таблица 3.

Показатели	Коэффициенты в уравнении регрессии
$X_3$	1,14
$X_4$	-0,9
$X_7$	-1,34
$X_8$	0,398
$Y = 1,14 * X_3 - 0,9 * X_4 - 1,34 * X_7 + 0,398 * X_8$	

Результаты регрессионного анализа показали также сильное отрицательное влияние показателя "Энергоемкость ВРП" ( $X_4$ ), вызванное известной проблемой российской промышленности – ее высокой энергоемкостью.

### 1.3. Кластерный анализ

На следующем этапе интеллектуального анализа был выполнен кластерный анализ производственных процессов регионов РФ с учетом полученных базисов. Исходное множество объектов (регионов) разделилось на пять кластеров. Координаты центроидов кластеров приведены в табл. 4.

В первый кластер вошли регионы, у которых объем отгруженных товаров по виду экономической деятельности "Добыча полезных ископаемых" имеет значение, в несколько раз превышающее среднее по России, а степень изношенности основных фондов имеет наибольшее значение среди всех. Одним из таких регионов является Ханты-Мансийский АО, в котором добывается 51% всей российской нефти.

Во второй кластер попали регионы с высоким значением объема отгруженных товаров по виду экономической деятельности "Обрабатывающие производства". Среди них такие регионы, как Самарская и Свердловская

области, Республики Башкортостан и Татарстан.

Третий кластер составили регионы, в промышленности которых важную роль играют энергоемкие отрасли: цветная металлургия и производство алюминия. Например, в этот кластер вошли республики Хакасия и Бурятия.

Четвертый кластер получился наиболее "густонаселенным" (44% объектов выборки). Сюда вошли регионы со средним уровнем показателей состояния промышленности и с большими значениями степени изношенности основных фондов и энергоемкости.

Пятый кластер составили регионы со средними значениями всех показателей. Так как данные были нормированы средним значением по РФ, и три из пяти кластеров имеют координаты центроидов со значениями степени изношенности основных фондов выше единицы, можно сделать вывод о достаточно высокой степени изношенности основных фондов по всей стране.

## 2. Интеллектуальный анализ производственных процессов в регионах Приволжского федерального округа

Проведенный анализ производственных процессов в регионах РФ дал достаточно общие результаты по причине высокой степени дифференциации регионов, начиная от различий в географическом положении и климате до различий в видах добываемых полезных ископаемых. Так, по результатам проведенного исследования, республика Башкортостан вошла во второй кластер, основной характеристикой которого является высокая доля обрабатывающего производства в структуре промышленности региона.

Для более точной оценки производственных процессов в республике Башкортостан был проведен анализ показателей регионов Приволжского федерального округа (ПФО), близких по географическому положению.

Результаты корреляционного анализа показали, что ВРП регионов ПФО зависит от пяти показателей (табл. 5).

Таблица 4.

№ кластера	$X_4$	$X_4$	$X_4$	$X_4$	% доля от общего кол-ва объектов
1	0,346	17,548	0,49	1,25	1,19
2	3,76	1,063	0,808	1,031	13,1
3	0,892	0,503	2,215	0,935	11,9
4	0,452	0,264	0,8864	1,103	44,05
5	0,576	0,676	0,717	0,844	29,76

Таблица 5.

	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>X7</i>	<i>X8</i>	<i>X9</i>
ВРП	0,95	0,75	0,96	0,18	0,92	0,96	0,16	-0,21	0

Таблица 6.

Показатели	Коэффициенты в уравнении регрессии
<i>X1</i>	0,417
<i>X2</i>	0,292
<i>X4</i>	-0,1445
<i>X7</i>	-0,248
$Y = 0,417 * X1 + 0,292 * X2 - 0,1445 * X4 - 0,248 * X7$	

Таблица 7.

Показатели	Коэффициенты в уравнении регрессии
<i>X3</i>	0,417
<i>X4</i>	0,292
<i>X7</i>	-0,1445
<i>X8</i>	-0,248
$Y = 0,9577 * X3 - 0,69 * X4 - 0,2344 * X7 - 0,492 * X8$	

Таблица 8.

№ кластера	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X4</i>	<i>X7</i>	% доля от общего кол-ва объектов
1	2,788	0,682	1,03	1,067	21,43
2	0,4606	0,165	0,892	1,146	42,86
3	3,227	2,421	0,752	1,16	7,14
4	0,469	0,0319	0,82	0,99	14,29
5	1,575	1,756	1,392	1,247	14,29

В отличие от результатов корреляционного анализа для "полной" выборки (для всех регионов России), на "малой" выборке (для регионов ПФО) ВРП в меньшей степени зависит от энергоемкости (*X4*). В остальном, результаты хорошо согласуются с кластерным анализом для "полной" выборки с участием всех регионов страны, по итогам которого республика Башкортостан оказалась в кластере с высокой долей обрабатывающей промышленности.

Результаты регрессионного анализа по первому базису (табл. 6) показали, что значения коэффициентов уравнения регрессии для значений базисных показателей регионов ПФО меньше аналогичных коэффициентов в уравнении регрессии для "полной" выборки.

ВРП на "малой" выборке меньше зависит от энергоемкости (*X4*) и степени изношенности основных фондов (*X7*).

По результатам регрессионного анализа на основе второго базиса (табл. 7) можно сделать вывод о том, что ВРП для регионов Приволжья меньше зависит от потребления энергии (*X3*), энергоемкости (*X4*), степени изно-

шенности (*X7*). Следует отметить отрицательную связь показателя доли продукции наукоемких отраслей (*X8*) со значениями объема ВРП. Эта зависимость свидетельствует о слабом развитии высокотехнологичных производств в исследуемом федеральном округе.

Результаты кластерного анализа состояния регионов Приволжского федерального округа (табл. 8) несколько отличаются от результатов кластерного анализа для "полной" выборки, в котором характер кластеров проявлялся в большей степени каким-то одним признаком.

В первый кластер вошли регионы со значительными уровнями объема отгруженных товаров в обрабатывающем производстве (*X1*), энергоемкости (*X4*) и высокой степени изношенности основных фондов (*X7*). Это такие регионы, как Республика Башкортостан, Нижегородская область, Самарская область.

Во второй, самый густонаселенный кластер вошли регионы с небольшими значениями объемов отгруженных товаров в обрабатывающем производстве (*X1*) и добыче полезных ископаемых (*X2*), но так же, как и в пер-

вом кластере, существенным значением степени изношенности основных фондов (X7). К данному кластеру относятся республики Марий Эл, Мордовия, Удмуртия, Кировская область, Пензенская область, Саратовская область.

Третий кластер составил единственный регион – Республика Татарстан, у которого высокие показатели объема отгруженных товаров как в добывающей (X2), так и в обрабатывающей (X1) отраслях.

В четвертый кластер вошли регионы, в которых самая низкая по сравнению с другими добыча полезных ископаемых. Сюда относятся республика Чувашия, Ульяновская область.

Пятый кластер образовали регионы с достаточно большими значениями объемов отгруженных товаров в добывающей и обрабатывающей отраслях (X1 и X2), наибольшими значениями энергоемкости (X4) и степенью изношенности основных фондов (X7). Это такие регионы, как Пермский край, Оренбургская область.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что объем ВРП в большинстве регионов зависит в основном от добывающей отрасли и в меньшей степени – от обрабатывающей. Выделились регионы с повышенной энергоемкостью и энергопотреблением. Вызывает тревогу высокая степень изношенности основных фондов, которая является характерной чертой состояния промышленности регионов почти во всех кластерах.

Выявленные закономерности позволили определить в качестве основных причин снижения темпов воспроизводственного процесса российской экономики и нарушения воспроизводственных макроструктурных пропорций такие причины, как высокая степень износа основных фондов, высокая энергоемкость производственных процессов, снижение доли высокотехнологических и наукоемких отраслей, что приводит к снижению жизнеспособности и устойчивости промышленности, реального сектора и всей российской экономики в целом по отношению к угрозам внешнеэкономической безопасности России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-аналитические материалы Федеральной службы государственной статистики, 2014. – <http://www.gks.ru>
2. Рейтинги инвестиционной привлекательности российских регионов: 1995–2013 годы // "Эксперт РА". Электронный ресурс. <http://www.raexpert.ru>
3. Фетисов Г.Г., Орешин В.П. Региональная экономика и управление: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 416 с.
4. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: учебное пособие / А.П.Кулаичев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 312 с.
5. Курнышев В.В. Закономерности размещения производительных сил в прогнозировании развития регионов России // Региональная экономика: теория и практика. 2008. – № 2 (59). – С.2–6.

© Е.А. Макарова, Э.Р. Габдуллина, Е.Ш. Закиева, ( [makarova-ea@mail.ru](mailto:makarova-ea@mail.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



Уфимский государственный авиационный технический университет

# СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ СИСТЕМ СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

## THE STRUCTURE OF THE SOFTWARE COMPLEX TO OPTIMIZE THE FUNCTIONING OF COMPLEX SERVICE SYSTEMS WITH STOCHASTIC PARAMETERS

*S. Oleinikova  
O. Kravets*

### Annotation

The article deals with the specifics of the system, designed to serve the applications received at random times. The application is a set of mutually-dependent work with a random duration of service. Given the nature of the subject area the requirement specifications were formulated. On this basis, the structure of software was obtained and the main subsystems, their goals and routines were described.

**Keywords:** software complex, requirement specifications, structure.

*Олейникова Светлана Александровна  
К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО  
"Воронежский государственный  
технический университет"  
Кравец Олег Яковлевич  
Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО  
"Воронежский государственный  
технический университет"*

### Аннотация

В статье рассматривается специфика функционирования системы, предназначенной для обслуживания заявок, поступающих в случайные моменты времени. Заявка представляет собой совокупность взаимно-зависимых работ со случайной длительностью обслуживания. С учетом особенностей предметной области были выдвинуты требования к программному обеспечению. На их основе получена структура программного комплекса, а также описаны основные подсистемы, их цели и подпрограммы.

### Ключевые слова:

Программный комплекс, требования к программному обеспечению, структура.

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития вычислительной техники и информационных технологий характеризуется разработкой приложений, которые не просто качественно решают свою основную задачу, но и учитывают самые разнообразные пожелания заказчиков. Наличие достаточно серьезной конкуренции на рынке программного обеспечения требует от разрабатываемых программ дополнительных возможностей, позволяющих быть конкурентоспособными среди существующих аналогов. В связи с этим, разработка структуры программных комплексов, ориентированных на решение трудоемких прикладных задач, обладающих высоким уровнем сервиса и позволяющих учесть все требования заказчиков, является сложной и практически значимой задачей.

Данная работа посвящена разработке структуры программного комплекса, предназначенного для оптимизации функционирования сложных обслуживающих систем

путем автоматизации решения задач планирования их работы. Как показывает практика, эффективность функционирования таких программ во многом зависит от качества разработанных математических моделей и соответствующих методов решения задачи. Как правило, задачи по оптимизации подобных систем оказываются NP-полными, и, как следствие, требуют разработки эвристических алгоритмов, которые позволяли бы получить решение, близкое к оптимальному, за приемлемое время. Особенностью исследуемой задачи является стохастические параметры заявок (в частности, случайное время обслуживание). В связи с этим, особое внимание при разработке программного комплекса уделяется механизмам, позволяющим оценить риски, связанные со случайными факторами, а также смоделировать процесс обслуживания для возможности получения статистических данных по выполнению проекта.

В результате предложена структура приложения для оптимизации сложных обслуживающих систем со стоха-



стическими параметрами, учитывающая все особенности задачи и обладающая универсальностью, что обеспечивает возможность применения программы в различных предметных областях.

### 1. Постановка задачи и выявление требований к программному обеспечению

Рассматривается работа сложной обслуживающей системы, на вход которой поступает поток заявок, требующих выполнения множества взаимно-зависимых работ со случайной длительностью обслуживания. Целью является разработка программного обеспечения для оптимизации функционирования такой системы путем формирования план-графика обслуживания заявки и возможности оценки и управления рисками, связанными с ее несвоевременным обслуживанием.

*Для достижения этой цели программный комплекс должен выполнять следующие функции:*

- ◆ уметь оценить длительность отдельных работ, а также время обслуживания заявки в целом;
- ◆ уметь разработать план-график по обслуживанию заявки с учетом полученных оценок, временных требований и имеющихся ресурсов;
- ◆ уметь оценить риски несвоевременного обслуживания заявки;
- ◆ обеспечить хранение данных о работах, ресурсах, специалистах и составленном расписании обслуживания заявок, поступивших ранее, в базе данных с целью доступа к ним во время формирования план-графика для новой заявки;
- ◆ обладать универсальной структурой, позволяющей использовать приложение для различных обслуживаемых систем, минимизируя изменения, связанные с использованием программы в данной области применения;
- ◆ быть расширяемым и модифицируемым, чтобы иметь возможность корректировать не только содержание, но и структуру базы данных при появлении новых обслуживаемых особенностей системы (добавлении новых видов обслуживания, специалистов, оборудования и т.д.).

*Исходя из этих функций, сформулируем требования, предъявляемые к разрабатываемому приложению:*

- ◆ наличие аппарата, позволяющего осуществлять оценку длительностей отдельных работ, а также времени обслуживания заявки в целом с минимальной погрешностью;
- ◆ наличие механизмов, обеспечивающих формирование план-графика по обслуживанию заявки с точки зрения заданного критерия и позволяющих учесть ее специфику и минимизировать риски, связанные с откло-

нением фактического расписания от запланированного;

- ◆ наличие аппарата, позволяющего производить оценку рисков, связанных с несвоевременным обслуживанием заявки и предоставляющего пользователю возможность количественной оценки вероятности выполнения проекта в выбранные им сроки;
- ◆ база данных, обеспечивающая хранение всех необходимых данных с целью доступа к ним во время формирования план-графика и отличающаяся универсальной структурой, позволяющей с минимальной адаптацией использовать ее для различных областей планирования, а также механизмы, обеспечивающие взаимодействие приложения с этой базой;
- ◆ универсальная структура, позволяющая использовать программу для различных обслуживаемых систем с минимальными корректировками, вызванными особенностями данной предметной области;
- ◆ программные инструменты, позволяющие пользователям осуществлять настройку системы, выбор критерия оптимизации план-графика, а также корректировку не только содержания, но и структуры базы данных.

### 2. Анализ существующих программных средств для решения поставленной задачи

Исследуемая задача относится к классу задач управления проектами. В настоящее время на программном рынке существует ряд программных средств, специализирующихся в данной области. К наиболее распространенным из них относится продукт Microsoft Project, выпускающий несколько версий (Microsoft Project Standard для небольших проектов, Microsoft Project Professional – корпоративная версия продукта, поддерживающая совместное управление проектами и ресурсами, Web-интерфейс Microsoft Project Web Access, Microsoft Project Portfolio Server). Приложение PprojectLibre, а также ее предшественник OpenProj, являются кроссплатформенными программами, которые позиционируются как открытая замена Microsoft Project. BaseCamp – это онлайн инструмент для управления проектами в небольших компаниях, состоящих из нескольких человек. GanntProject – одно из приложений для задач управления проектами, несомненным преимуществом которого является распространение на условиях GNU General Public License, Единственный известный программный продукт в данной серии, разработанный отечественными производителями и учитывающий специфику потребностей и особенностей российского рынка – это Spider project. Кроме продуктов общего назначения, существуют программы по управлению проектами в определенных отраслях (в частности, в строительстве и т.д.). К ним относятся

Особенности решения задач управления проектами с помощью вышеперечисленных приложений были проанализированы в [2–6]. Проанализируем их с точки зре-

ния предъявляемых требований. В качестве общего недостатка для решения поставленной задачи можно выделить использование ими критерия скорейшего завершения проектов. Другим недостатком является либо полное отсутствие возможности, позволяющей анализировать риск несвоевременного завершения проекта, либо недостаточную с точки зрения предъявляемых требований функциональность соответствующего аппарата. В частности, практически у всех вышеперечисленных программных средств отсутствует возможность визуального представления плотности распределения случайной величины, описывающей длительность проекта, с набором инструментов, позволяющих с помощью мыши и/или клавиатуры изменять интересующий временной интервал и получать оперативный результат, показывающий вероятность завершения проекта в заданный период, а также решать обратную задачу. Кроме того, у большинства продуктов отсутствует возможность модификации, позволяющей разрабатывать приложения и вести базу данных для конкретной обслуживающей или производственной системы, учитывать составленное ранее расписание и т.д.

Исходя из данного анализа, можно сделать вывод о необходимости разработки собственного программного продукта, учитывающего все вышеперечисленные требования.

### 3. Структура программного комплекса

Исходя из сформулированных ранее требований к программному обеспечению, разработаем структуру программного комплекса. Основной его задачей является решение оптимизационной задачи по формированию план-графика. Эта задача приведена в [7]. В силу случайной длительности выполнения отдельных операций ключевую роль будет играть оценка как параметров отдельных работ, так и проекта в целом, а также оценка риска несвоевременного завершения обслуживания заявки. Для обеспечения возможности пользователю получить статистику об обслуживании заявки с заданными параметрами, целесообразно использовать специализированную систему имитационного моделирования, позволяющую симулировать процесс выполнения всех работ. Поскольку система будет оперировать с большим объемом однотипных данных (множеством выполняемых операций, ресурсов и т.п.), все сведения должны храниться в базе данных. С учетом этого, потребуется система работы с базой данных, основным назначением которой будет являться возможность импорта данных из базы с последующим преобразованием к виду, необходимому для решения оптимизационной задачи, экспорта результатов в базу, а также возможность корректировки не только содержимого базы, но и ее структуры посредством соответствующих SQL-запросов.

Таким образом, выделено четыре основных системы программного комплекса:

- ◆ система оптимизации и планирования;
- ◆ система имитационного моделирования;
- ◆ система оценки стохастических параметров и рисков;
- ◆ система работы с базой данных.

В [8] была подробно рассмотрена структура системы имитационного моделирования, предназначенной для имитации обслуживания сложных заявок с взаимной зависимостью между работами и случайным временем их выполнения. Разработаем структуру других систем.

Система оптимизации и планирования будет содержать три основные подсистемы:

- ◆ подсистему предварительного планирования;
- ◆ подсистему оптимизации;
- ◆ подсистему коррекции расписания.

Рассмотрим каждую из подсистем более подробно. Основным назначением системы предварительного планирования является определение основных характеристик работ для последующего планирования. К этим характеристикам относятся, в первую очередь, раннее и позднее время начала работ, их временной резерв и т.д. Непосредственно формирование план-графика с точки зрения выбранного критерия и имеющихся ограничений будет осуществляться в подсистеме оптимизации. Подпрограммы этой подсистемы будут отвечать за общий прогон модели, планирование на заданном временном интервале, определение и возврат на один из предыдущих интервалов, оценку степени эффективности времени для начала работы и т.д. Целью подсистемы коррекции является возможность внесения изменений в разработанный план-график.

Система оценки стохастических параметров представляет собой совокупность математического и программного обеспечения, позволяющего с минимальной погрешностью оценить случайные величины, описывающие процесс функционирования системы по обслуживанию заявки. К таким величинам в первую очередь относятся длительность выполнения отдельных работ и длительность обслуживания заявки в целом. Эти параметры играют ключевую роль в алгоритмах планирования, в связи с чем возникает необходимость в использовании оценок, позволяющих получить результат с наивысшей точностью. Другим важным назначением системы является предоставление пользователю механизмов, позволяющих максимально точно оценить риски, связанные с возможным несвоевременным обслуживанием заявки (например, с запаздыванием обслуживания). С учетом возможных штрафных санкций, которые могут возникнуть из-за нарушения заявленных ранее сроков оконча-

ния обслуживания, ухудшения репутации обслуживаемой системы и т.д., наличие математической модели, численного метода и соответствующего программного обеспечения является важной составляющей для решения поставленной задачи.

Исходя из вышесказанного, система оценки стохастических параметров будет включать в себя три основные подсистемы:

- ◆ подсистему оценки стохастических параметров работ;
- ◆ подсистему оценки длительности проекта;
- ◆ подсистему оценки рисков.

Основным назначением подсистемы оценки стохастических параметров работ является определение ожидаемой длительности работ по ее дополнительным параметрам (наименьшему, наибольшему времени, моде и т.д.). В случае, если известна дисперсия случайной величины, описывающей длительность данной работы, оценка получится более точной. По умолчанию дисперсия считается неизвестной и оценивается шестой частью размаха распределения.

Подсистема оценки длительности проекта предназначена для определения ожидаемого времени, затрачиваемого на выполнение всех его работ. Данная подсистема содержит подпрограммы, позволяющие оценить математическое ожидание и дисперсию случайной величины, описывающей длительность проекта, а также ее параметры в предположении о бета или нормальном ее распределении. По умолчанию предполагается бета-распределение длительности проекта. Это предположение основано на серии экспериментов, описанных в [10]. Однако, в подсистеме предусмотрена возможность оценки длительности нормальным распределением (в случае соответствующей команды от пользователя). Подсистема также содержит описание функций, позволяющих для заданного аргумента с заданными параметрами выдать значение плотности бета или нормального распределения.

Одной из главных подсистем в программном комплексе является подсистема оценки рисков. Целью данной подсистемы является предоставление пользователю инструментов для анализа и количественной оценки рисков несвоевременного завершения проекта и вероятности его окончания в тот или иной период. Подсистема содержит подпрограммы для визуализации закона распределения длительности проекта, функционального определения вероятности попадания в выбранный временной интервал (по умолчанию, на основании бета распределения, или с помощью нормального распределения по команде пользователя), определение ориентировочного завершения проекта по данной вероятности и т.д.

Одной из неотъемлемых составляющих пользовательского программного обеспечения является база данных, содержащая все необходимые для планирования сведения.

В связи с этим, необходима система работы с базой данных, которая включает в себя следующие подсистемы:

- ◆ подсистему ввода и редактирования данных;
- ◆ подсистему преобразования данных;
- ◆ подсистему формирования отчетов.

Как было отмечено в требованиях, разрабатываемая система должна обладать свойством универсальности. Это означает возможность ее применения в любых областях, где возникает необходимость планирования взаимно-зависимых работ со стохастическими параметрами. В связи с этим, может возникнуть необходимость не только для ввода и удаления данных, но и для редактирования структуры базы с учетом специфики конкретной предметной области. Подсистема ввода и редактирования данных содержит ряд подпрограмм, позволяющих на основании SQL-запросов добавлять или удалять таблицы в базу данных, добавлять или удалять поля, а также редактировать непосредственно сами данные.

Решение задачи планирования требует оперирования с данными определенной структуры. В частности, алгоритмы в системе предварительного планирования определяют работу с помощью событий (начального и конечного). Хранение данных в такой форме не совсем удобно пользователю. Для него взаимная зависимость задается с помощью операций предшествования (т.е. указания множества работ, которые непосредственно предшествуют данной работе). Чтобы преобразовать данные из формы, хранящейся в базе к виду, более удобного для работы алгоритмов, используется подсистема преобразования данных.

Целью подсистемы формирования отчетов является возможность получения интересующей пользователя сводной информации (в виде отчетов) по планированию.

Кроме четырех вышеперечисленных систем, программный комплекс содержит подсистемы взаимодействия между АРМ и подсистему настройки. Первая подсистема необходима для работы приложения в условиях географической рассредоточенности отдельных центров обслуживания. Подсистема настройки позволяет выбрать определенные параметры планирования (например, критерий оптимизации), позволяющие сделать работу комплекса более универсальной и применимой для различных областей планирования.

Таким образом, определена структура программного комплекса, которая представлена на рис. 1.

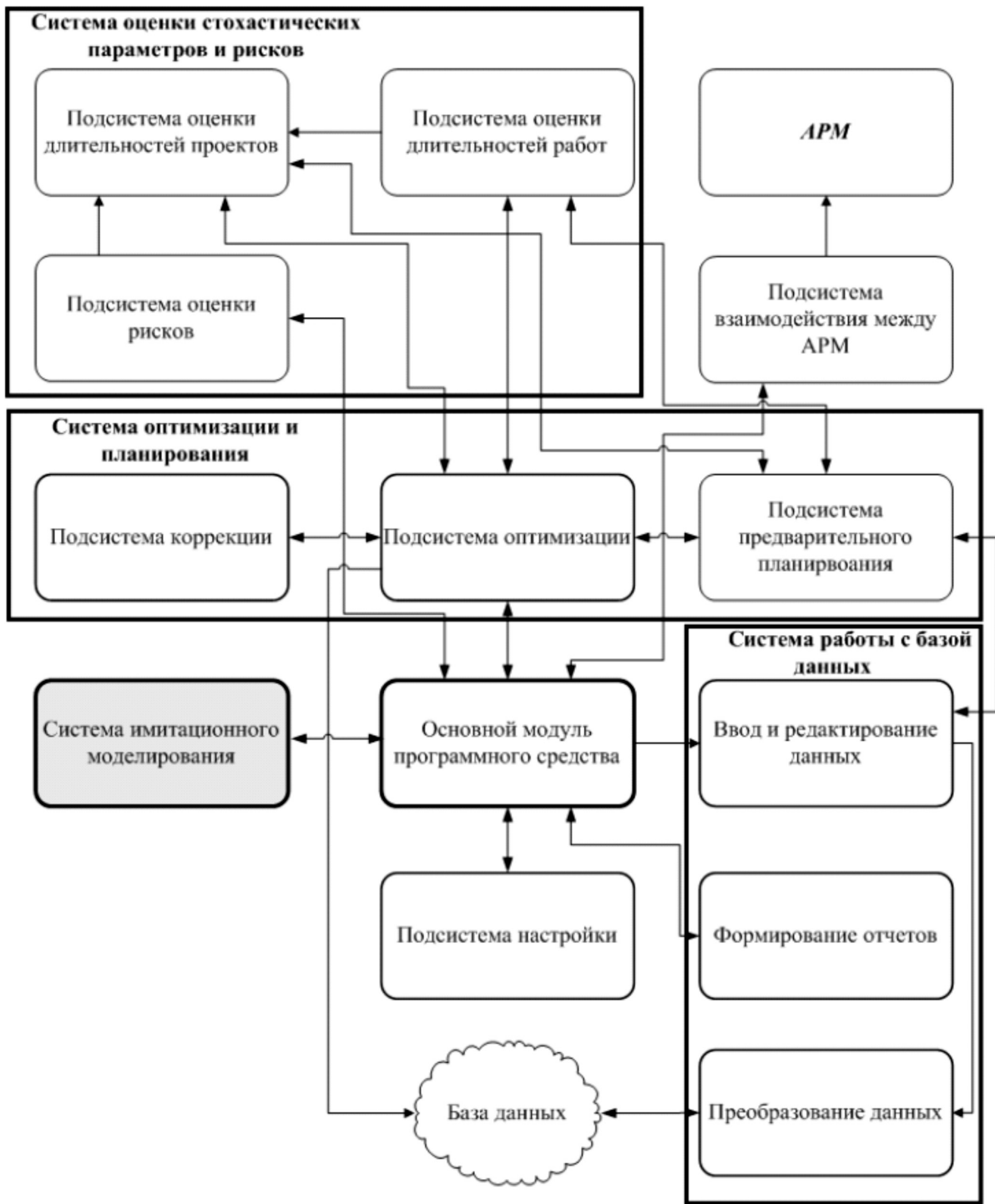


Рисунок 1 - Структура программного комплекса.

## ВЫВОДЫ

1. На основании анализа специфики задачи и возможных областей ее применения, определены требования к программному средству, автоматизирующему процесс ее решения.

2. Анализ существующих программных разработок с точки зрения вышеперечисленных требований обусловил необходимость разработки собственного приложения, позволяющего оптимизировать процесс функционирования сложных систем путем планирования работ и анализа рисков их несвоевременного завершения.

3. Был определен состав программного комплекса и детализированы подсистемы и их основные подпрограммы.

В результате разработана структура программного комплекса, отличающаяся возможностью формирования план-графиков по обслуживанию заявок, оценивания стохастических параметров и рисков несвоевременного завершения, моделирования выполнения проекта с последующим получением статистики о выполнении работ и обеспечивающая взаимодействие соответствующих систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. : пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс". – 2002. – 448 с.
2. Муллинов Д.О., Пронина О.Ю., Баженов Р.И. Управление проектами в среде MS Project // Nauka-Rastudent.ru. – 2015. – № 7(19). – С. 32.
3. Винокуров А.С., Николаев С.В., Баженов Р.И. Реализация метода PERT в программной системе GanntProject // Nauka-Rastudent.ru. – 2015. – № 6(18). – С. 22.
4. Николаев С.В., Винокуров А.С., Баженов Р.И. Управление проектами в программной среде SPIDER PROJECT // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-1 (51). – С. 55-63.
5. Пронина О.Ю., Лагунова А.А., Баженов Р.И. Управление проектами в PROJECTLIBRE // Science Time. – 2015. – № 6 (18). – С. 423 – 428.
6. Лагунова А.А., Муллинов Д.О., Николаев С.В., Баженов Р.И. Управление проектами в среде OpenProj // Science Time. – 2015. – № 8 (20). — С. 100 – 106.
7. Олейникова С. А. Математическая модель и оптимизационная задача составления расписания для мультипроектной системы с временными и ресурсными ограничениями и критерием равномерной загрузки // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т9. – № 6-3. – С. 58-61.
8. Олейникова С. А. Структура программного комплекса для реализации одной системы имитационного моделирования // Международна научна школа "Парадигма": сборник научни стати. – Варна. – 2015. – С.177-184.
9. Олейникова С.А., Кравец О.Я. Программный комплекс для планирования работы мультипроектных систем с временными ограничениями на примере составления расписания учебных // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 02(80). – С. 64-74.
10. Олейникова С. А. Вычислительный эксперимент для анализа закона распределения случайной величины, описывающей длительность проекта в задачах сетевого планирования и управления // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – № 3(9). – С. 91-97.

© С.А. Олейникова, О.Я. Кравец, (osa@vmail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПОСРЕДСТВОМ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СИНГУЛЯРНОГО СПЕКТРА И ИНТЕРСУБЪЕКТНОГО АНАЛИЗА

STRATEGIC ENVIRONMENTAL  
MANAGEMENT USING  
THE IMPLEMENTATION OF INFORMATION  
AND COMMUTATION SYSTEM  
OF ENVIRONMENTAL AUDIT BASED  
ON SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS  
AND INTERSUBJECTIVE ANALYSIS

*Y. Romashevskaya  
I. Stepanovskaya*

#### Annotation

At the moment, the problem of fresh water shortage is an urgent one, so it requires to address control and maintaining issues of drinking water quality. In this paper offer of using an electronic environmental audit to support decision making in the implementation of environmental protection (in particular water protection) activity is made. Consideration is given to the structure of the automated data-collection system based on cloud technology. A software implementation of information support of cognitive multiagent expert-analytical system is described.

**Keywords:** synergetics, information technology, cognitive system, large systems, fractal technology, environmental audit, catchment area.

*Ромашевская Яна Андреевна  
Аспирант, Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва  
Степановская Ираида Александровна  
К.т.н., в.н.с., Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва*

#### Аннотация

На данный момент проблема дефицита пресной воды является актуальной, поэтому требуется решать вопросы контроля и сохранения качества питьевой воды. В данной статье предлагается использовать электронный экологический аудит для поддержки принятия решений при осуществлении природоохранной (в частности водоохранной) деятельности. Рассмотрена структура автоматизированной системы сбора данных, основанной на облачной технологии. Описана программная реализация информационной поддержки когнитивной мультиагентной экспертно-аналитической системы.

#### Ключевые слова:

Синергетика, информационные технологии, когнитивная система, крупномасштабная система, фрактальная технология, экологический аудит, водный бассейн.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время питьевая вода становится основным продаваемым ресурсом. Только 3% от мировых запасов воды приходится на пресные воды, для потребления же человечеством доступно лишь 1,5%. Этих 1,5% было бы достаточно для удовлетворения потребностей всего населения планеты в случае равномерного распределения запасов воды.

Преимущественное неравномерное ее распределение обуславливает все возрастающий дефицит пресной питьевой воды, который наиболее явно проявляется в следующих регионах: Северная и Южная Африка, Северный Китай, полуостров Сомали, Ближний и Средний Вос-

ток, Центральная Азия.

Согласно прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, к 2030 г. проблема дефицита питьевой воды сильно обострится в связи с увеличением мировой потребности в воде на 60%.

Вместе с тем Российская Федерация занимает второе место после Бразилии по имеющимся ресурсам пресной воды и в будущем может стать одним из лидирующих экспортеров воды на мировом рынке [1].

Таким образом, подтверждается необходимость контроля и сохранения качества питьевой воды в крупном масштабе (в масштабе бассейнов).

Средством достижения этой цели может служить реализация экологического аудита. Необходимость осуществления экологического аудита как поддержки принятия управленческих решений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования регламентируется нормативно-правовыми актами и законами [2, 3].

В данной статье предлагается использовать электронный экологический аудит на основе информационных технологий, которые могут успешно применяться для поддержки принятия решений при осуществлении природоохранной (в частности водоохранной) деятельности.

Проблемы принятой на практике процедуры экологического аудита

В условиях все увеличивающейся техногенной нагрузки и существования трансграничных переносов загрязняющих веществ целесообразно акцентировать внимание на развитии и управлении именно крупномасштабными системами. Это подразумевает максимальную автоматизацию процессов документооборота (сбор, обработка, хранение информации) и использование автоматизированных экспертно-аналитических систем, т.е. трансформацию традиционного экологического аудита в контроллинг – электронный экологический аудит.

Существующие процедуры реализации экологического аудита позволяют собирать, накапливать, хранить и проводить первичную обработку поступающих данных, используя документооборот, поддержку географических, картографических и геоинформационных систем. Однако нет единой модели информационного взаимодействия всех агентов этой сложной системы (в частности, источников и приемников первичной, промежуточной информации и результатов ее преобразования и анализа).

Часто возникают сложности в верификации приведенных данных ввиду невозможности определения ответственного за их появление лица. Кроме того, обработка информации в большинстве случаев основана только на данных, при этом фундаментальные знания о закономерностях развития экосистем, распространении загрязнений в них, взаимодействиях и взаимопревращениях поллютантов и т.д. практически не принимаются в расчет.

Описанные выше трудности вкупе с огромными потоками данных не позволяют использовать существующие информационные технологии для адекватного ранжирования и обработки постоянно поступающей информации о состоянии окружающей среды и потенциально опасных объектах природного и техногенного происхождения. В результате осуществление рационального управления природно-антропогенной средой в крупных масштабах и

своевременного принятия решений, направленных на стабилизацию и улучшение экологической обстановки, не представляется возможным. Нехватка актуальной информации при большом объеме собираемых данных и необходимость постоянного присутствия оператора и его контроля за функционированием системы являются принципиальными проблемами для управляющих приложений охраны окружающей среды и экологического аудита.

Кроме того, обнаруживается необходимость создания новых методологических и технологических принципов компьютеризации и автоматизации природоохранной деятельности. Тем самым подтверждается актуальность предлагаемого авторами данной статьи подхода создания когнитивной информационно-коммуникационной технологии для многоагентной системы экологического аудита, способной к самоорганизации и саморегулированию.

Исследование связи синергетики и экологии, использование особенностей и принципов синергетических систем при создании и эксплуатации когнитивных систем реализации экологического аудита

Современная наука находится на постнеклассическом этапе своего становления, основной особенностью которого является междисциплинарность и осознание присутствия сложных взаимосвязей природных и антропогенных процессов. Апофеозом постнеклассического этапа является наука о самоорганизации сложных неравновесных систем – синергетика.

Именно такими сложными и неравновесными являются экологические системы (в том числе и экосистемы водных бассейнов), поскольку они включают многообразные химические, физические, биологические, гидрологические, геологические и технологические процессы. В последнее время на это обращают внимание все большее число исследователей [4, 5, 6, 7]. Следовательно, для реализации процесса экологического аудита очевидна необходимость привлечения синергетики при изучении и прогнозировании поведения экологических систем в ответ на антропогенные и техногенные воздействия.

Взаимосвязь основных характеристик синергетических систем, а именно: нелинейности динамики, открытости, саморегуляции, целостности, наличие бифуркационных процессов, применительно к экологическим системам и влияющим на них факторам внешней среды проиллюстрирована в виде блок-схемы (рис. 1).

Синергетичность экологических систем подразумевает их постоянное взаимодействие с внешними факторами, результатом чего является появление флуктуаций и переход экосистемы на новый уровень развития при про-

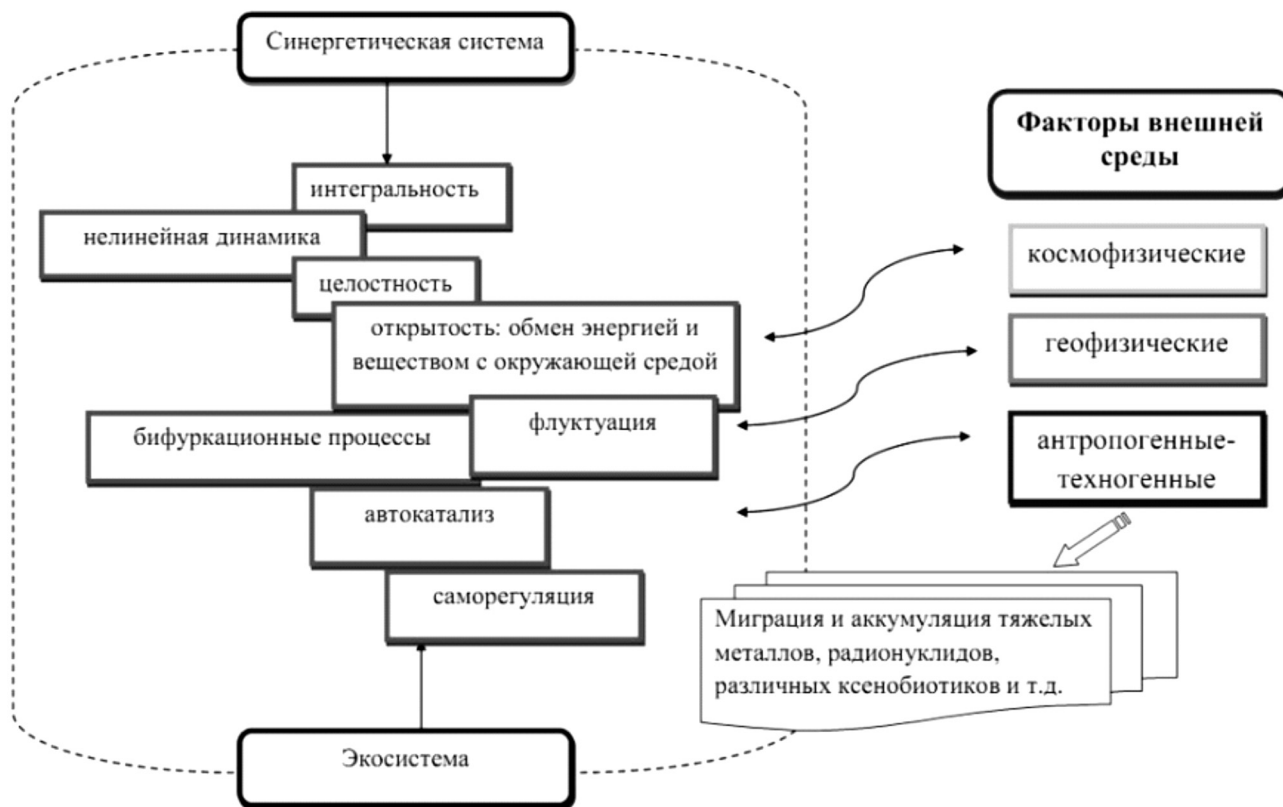


Рисунок 1. Соответствие экологической системы принципам синергетики с учетом воздействия факторов внешней среды.

хождении точки бифуркации.

Переизбыток внешних факторов (большой частью техногенных и антропогенных), негативно влияющих на окружающую среду в целом и отдельные экосистемы в частности, делает практически невозможным улучшение качественного состояния экосистемы. Поэтому важной задачей предлагаемой авторами когнитивной системы экологического аудита является определение интенсивности флуктуации экологической системы и предупреждение прохождения ее через точку бифуркации путем выявления существующих и потенциально возможных антропогенных нагрузок и принятия превентивных мер.

Фрактальная технология аудита развития крупномасштабных нелинейных систем

Источниками сведений о степени вмешательства в экосистему, используемых экспертно-аналитической системой экологического аудита, являются следующие внешние информационные ресурсы (агенты):

- ◆ мониторинг качества поверхностных вод;
- ◆ мониторинг качества подземных вод;
- ◆ мониторинг качества атмосферного воздуха;

- ◆ мониторинг концентраций загрязняющих веществ в сбросах, выбросах, отходах производства и потребления предприятий-природопользователей (например, на основе отчетов по формам 2-ТП-воздух, 2-ТП-водхоз и 2ТП-отходы);
- ◆ мониторинг осуществления природоохранных мероприятий и их финансирования;
- ◆ нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Каждый из перечисленных агентов мультиагентной системы является сложным, поскольку включает в себя множество подуровней, например: мониторинги содержания в объектах окружающей среды и сбросах, выбросах, отходах предприятий конкретных загрязнителей и их сочетаний; мониторинг качества природных сред, осуществляемый территориально распределенными датчиками; особенности установленных на рассматриваемой территории нормативов содержания загрязнителей и пр.

Для эффективного принятия решений в области управления охраной окружающей среды и природопользованием необходимо учитывать данные системного многолетнего мониторинга данных, на основе которых можно

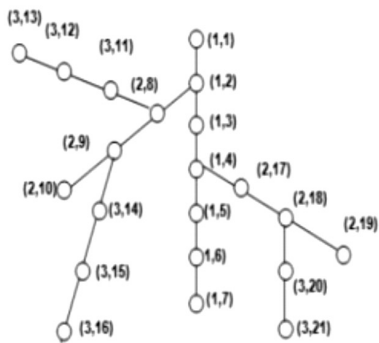


провести анализ динамики состояния объекта. Реализация когнитивной мультиагентной экспертной системы экологического аудита в масштабе водного бассейна предполагает построение имитационных моделей системной динамики экологической обстановки и профилей загрязнений.

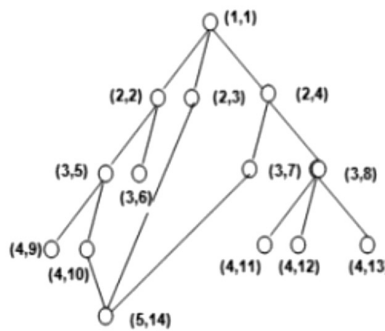
Нелинейность рассматриваемых крупномасштабных систем обуславливает необходимость применения синергетического подхода и учета синергетических эффектов: реакция системы даже на незначительные воздействия может проявляться как в краткосрочной, так и в

долгосрочной перспективе, причем отклик не всегда пропорционален силе воздействия и может обладать различной интенсивностью в зависимости от воздействий различных факторов. Таким образом, исследовать крупномасштабную систему водного бассейна необходимо в ее динамике.

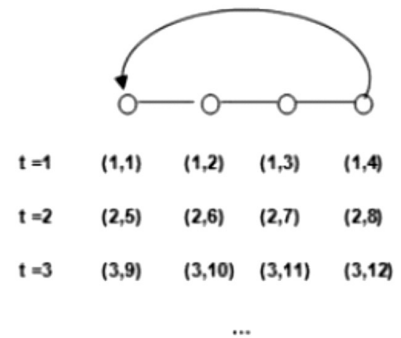
При изучении нелинейных динамических систем целесообразно использовать фрактальные модели, которые детерминируют основные свойства системы и фокусируются на обнаружении устойчивых процессов самоорганизации и саморазвития системы (рис. 2).



Стволовидная структура фрактала



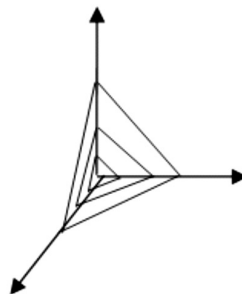
Ризомная структура фрактала



Итеративная структура фрактала



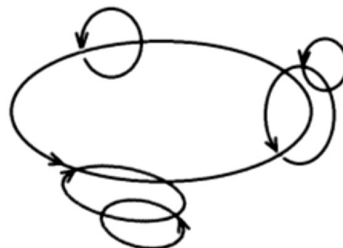
Иерархическая структура фрактала



Кратномасштабная структура фрактала



Вихревая структура фрактала



Поливихревая структура фрактала

Рисунок 2. Тип структур фракталов, используемые при визуализации системной динамики синергетических эффектов.

Стволовидные фракталы могут использоваться для визуализации структуры водного бассейна и определения масштабов проявления синергетических эффектов (распространение загрязнений, деградация экосистемы). Источником данных для построения фрактала такого типа является государственный водный реестр, адаптированный для эффективного использования предлагаемой информационно-коммутиционной экспертной системой.

Фракталы ризомной (диффузной) структуры целесообразно использовать для отображения этапов изменения и результатов интеграции различных синергетических эффектов. На базе данного фрактала строятся модели оценки изменения токсичности первичных и вторичных загрязнителей, устанавливаются обратные связи между существующим фоновым загрязнением водного объекта и его реальными источниками, моделируются фоновые профили концентрации основных химических загрязнителей и профили антропогенного загрязнения по особо токсичным поллютантам. Источниками информации являются международные реестры химических соединений.

Поскольку не только предприятия-природопользователи осуществляют периодическое воздействие на окружающую среду, но и природные явления также происходят с определенным интервалом, модель воздействия множества негативных факторов может быть представлена итеративным фракталом. Источниками документальной информации являются отчеты природопользователей (например, формы 2ТП-водхоз), мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Иерархический фрактал отображает структуру источников негативного воздействия (отраслевую структуру предприятий-природопользователей) и используется для моделирования и прогнозирования комплексного влияния на объекты окружающей среды. Информационные источники: промышленные стандарты и реестры.

Задачи электронного аудита рисков и последствий комплексного влияния факторов негативного воздействия сводятся к: а) моделированию природоохранных мероприятий упреждающего управления (модели программно-целевого управления); б) моделированию профилей критического развития крупномасштабной системы (модель обоснования первоочередных неотложных задач природоохранной деятельности).

Семантическое ранжирование задач первого типа может быть визуализировано посредством иерархического фрактала, задач второго типа – стволовидным, кратномасштабным, вихревым и поливихревым фракталами, построение которых возможно на основе схем причинно-следственных связей, линейных и циклических контуров отрицательной обратной связи.

Источниками данных служат отчеты природопользо-

вателей и региональных администраций об осуществляемых и запланированных природоохранных мероприятиях.

*Таким образом автоматизированная когнитивная экспертная система, реализуемая на базе фракталов, выполняет следующие функции аудита:*

- ◆ построение модели максимально допустимого интегрального негативного влияния внешних факторов;
- ◆ обнаружение отклонения рассматриваемой экосистемы от нормы на ранних стадиях;
- ◆ определение и классификация потенциальных источников отклонений;
- ◆ проведение оценки рисков потери управляемости рассматриваемой природно-антропогенной системы;
- ◆ определение основных и первоочередных задач упреждающего управления.

*Использование принципов деонтической логики и intersубъектного анализа при принятии управленческих решений экспертно-аналитической системой*

Экологический аудит и непосредственно принятие решений должны осуществляться по единым непротиворечивым правилам, определенным инструкциями и директивами. Целесообразнее всего организовать данные процедуры на основе языка деонтической модальной логики (логика норм). Особенность деонтической логики в том, что она характеризует высказывания (подразумевающие практические действия) относительно системы норм: анализируя высказывания, логика норм отделяет необоснованные схемы рассуждений от обоснованных и систематизирует последние. Результатом является теория нормативных умозаключений, запрещающих, обязывающих или разрешающих высказывание.

*В логике норм понятия "обязательно", "запрещено", "разрешено", "нормативно безразлично" взаимоотноделены и взаимообусловлены:*

- ◆ то, от чего не разрешено воздерживаться, и то, что запрещено не делать – *обязательно*;
- ◆ то, от чего обязательно воздерживаться, и все, что не является разрешенным – *запрещено*;
- ◆ то, от выполнения чего не обязательно воздерживаться, и все, что не запрещено – *разрешено*.

С целью автоматизации и упрощения процедуры обработки информации и представления знаний предлагается использовать метод визуализации формата "доски объявлений" [8]. Данный метод определяет правила саморегулирования системы: агенты мультиагентной системы (преимущественно природопользователи) фиксируют сведения о своих возможностях по развитию экосистемы (в масштабе водного бассейна), проведению превентивных мер по снижению и предупреждению угроз

и рисков, восстановлению стабильного гомеостаза исследуемой системы.

Интерсубъектная система электронного экологического аудита определяет проектирование системы мультиагентного экспертного мониторинга, организует управление компетенциями и задачами при проектировании, регистрацию агентов (экспертов и природопользователей) и распределении их компетенций, концептуальный дискурс (в рамках которого в дальнейшем проводится экспертиза), формирование, настройку и регулирование базы данных и знаний в формате "доски объявлений".

На рис. 3 проиллюстрированы основные принципы когнитивного представления знаний, сравнения альтернативных возможностей различных агентов, сокращение общего количества угроз в текущих или потенциально возможных (при рассмотрении заявки на разрешение строительства нового объекта) ситуациях и мотивированного выбора согласованных действий.

Шкале оценки текущих/потенциальных угроз и рис-

Градиентная оценка ожидаемого  
уровня снижения рисков

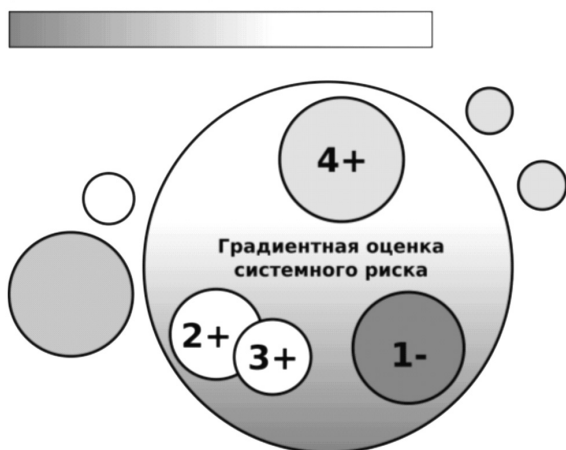


Рисунок 3. "Доска объявлений":  
пример правил саморегулирования системы.

ков развития системы соответствует градиентная заливка "Доски объявлений". Объявлениями на одноименной "доске" являются субъективные оценки способности агентов воздействовать на ситуацию, приведенные в сравнении между собой и с ситуацией в целом.

Предлагаемая оценка сопоставления согласуется с объявлением каждого агента на "доске", соответствующим градиентной шкале оценки синергетических эффектов и угроз, и заключается в визуализации данных таких категориях, как:

- ◆ активные и пассивные агенты (способные и неспособные оказать воздействие на динамику развития

системы) – изображаются на "доске" или снаружи ее соответственно;

- ◆ агенты, оказывающие положительное и отрицательное воздействие (уменьшают или увеличивают интегральные риски) – отмечаются знаками "+" и "-" соответственно ("обязательно" или "запрещено" на языке деонтической логики);

- ◆ агенты, способные к оказанию синергетического эффекта в различных областях опасности (сравнительно безопасных и чрезвычайно опасных, например, как 4 и 1);

- ◆ агенты, отличающиеся по степени и масштабу воздействия (через относительный размер символа и значение оценочной шкалы, например,  $2 < 3 < 4$ );

- ◆ группы некоррелирующих агентов (например, 3 и 4) и группы сходных по характеру воздействия агентов (например, 2 и 3) [8].

Приведенный способ представления знаний соответствует требованиям, предъявляемым к гибко масштабируемым образцам интерсубъективного знания:

- ◆ концептуально оформляется в предварительном проведении дискурс-анализа в режиме интерактивного обсуждения;

- ◆ применяется в качестве одного из основных составляющих интеллектуальной информационно-коммуникационной системы поддержки принятия управленческих решений в интерактивном режиме;

- ◆ позволяет переформатирование в программную систему режима реального времени, разделенную и по интервалам оценки текущей ситуации, и по ареалам применимости методов.

Таким образом, каждой модели/действию/методу присваивается электронный паспорт "услуг", который может быть использован при формировании GRID-систем самоактивизирующихся услуг (при мультиагентном мониторинге ситуации). Паспорт содержит информацию о SWOT-характеристиках ("Strengths" – сильные стороны, "Weakness" – слабые стороны, "Opportunities" – возможности, "Threats" – недостатки) "услуги" при рассмотрении ее в различных ситуациях. Для централизованного контура применяется как продукционная система "Оценка ситуации – рекомендуемые действия".

*Программная реализация предлагаемой информационно-коммуникационной технологии управления развитием крупномасштабных систем.*

Реализация разработанной концепции когнитивной информационно-коммуникационной технологии управления развитием крупномасштабных систем, продемонстрированная на примере мультиагентного интерсубъектного экологического аудита, состоит из двух частей:

- ◆ Интернет–портала, отвечающего за взаимосвязь и взаимодействие всех участников многоагентной системы и включающего в себя постоянно изменяющуюся и расширяющуюся Базу Данных;
- ◆ программы "Информационная поддержка для экспертно–аналитической системы intersубъектного экологического аудита", выполняющая роль вычислительного и аналитического центра.

*Интернет–портал как составная часть  
когнитивной мультиагентной  
экспертно–аналитической системы*

Рассматриваемая концепция когнитивного электронного экологического аудита предполагает трансформацию привычного документооборота в электронный Интернет–портал, осуществляет управление информационными потоками автоматически, опираясь на уже накопленные и проанализированные данные. Автоматическая работа предлагаемого документооборота детерминруется основными его свойствами: самоорганизацией и саморазвитием.

В системе происходит обмен между агентами не хаотическим набором данных, а сепарированными пакетами документации, например, пакетом картографических материалов, пакетом текстовых документов и т.д. Для систематизации приема, регистрации и накопления информации в системе используется номенклатура всех видов знаний, агентов, их взаимосвязи и взаимообусловленности. В соответствии с номенклатурой и выставляемыми пометками происходит рассылка и запрос информации между агентами системы, то есть осуществляется заказ потоков информации.

Интернет–портал представляет собой автоматизированную систему сбора данных, основанную на облачной технологии, и является специализированным пакетом сервисных средств межведомственной информационной интеграции разнотипных разноформатных документальных сводок, поступающих от разных территориально удаленных поставщиков данных – агентов мультиагентной системы intersубъектного экологического аудита.

С целью обеспечения достоверности получаемой информации ввод данных целесообразно сделать доступным только для зарегистрированных пользователей.

Перспективность портальной технологии сбора информации для экологического аудита и принятия решений по управлению охраной окружающей среды связана с отказом от ручного ввода данных, повышением достоверности фактических данных, повышением персональной ответственности участников многоагентной системы за истинность поставляемой информации, организация сбора данных в режиме реального времени, автоматиза-

ция интеграции документальных потоков данных, поступающих от различных агентов–источников.

*Основные функции Интернет–ресурса, реализация которых обеспечивает эффективную работу когнитивной мультиагентной экспертно–аналитической системы:*

- ◆ взаимосвязь и взаимодействие агентов мультиагентной системы intersубъектного экологического аудита;
- ◆ прием, регистрация, сбор и обработка поступающих от участников мультиагентной системы анкет интегрированных данных о состоянии объектов окружающей среды и объектов антропогенной нагрузки;
- ◆ формирование когнитивной постоянно расширяющейся Базы Данных и Знаний Экологического Аудита;
- ◆ перераспределение полученной/накопленной информации между агентами мультиагентной системы;
- ◆ направление данных в программу "Информационная поддержка для экспертно–аналитической системы intersубъектного экологического аудита" для их анализа;
- ◆ рассылка экспертного заключения (сформированного программой "Информационная поддержка для экспертно–аналитической системы intersубъектного экологического аудита") заинтересованным участникам мультиагентной системы.

Данные, регистрируемые и накапливаемые в Базе Данных и Знаний Интернет–портала и используемые программой "Информационная поддержка для экспертно–аналитической системы intersубъектного экологического аудита" при проведении анализа, ситуационного моделирования и прогнозирования, включают сведения:

- ◆ о степени загрязненности компонентов природной среды (содержание основных загрязнителей в атмосферном воздухе, поверхностных и подземных водоисточниках, почве);
- ◆ о законодательно закрепленных нормах содержания основных показателей качества природной среды (предельно допустимые концентрации веществ в воздухе, воде, почве);
- ◆ об источниках загрязнений, прямо или косвенно определяющих экологическое состояние на рассматриваемой территории (род деятельности предприятий; основные технологические циклы; исходные и конечные продукты деятельности; направленные на защиту и охрану природной среды мероприятия и результаты их реализации);
- ◆ о гидрогеохимические, экологические и другие показатели, характеризующие данную территорию в интересующий момент времени и обусловленные природными особенностями и антропогенной нагрузкой;
- ◆ о метеорологические характеристики (температура, скорость и направление ветра) и т.д.

Наибольший интерес из перечисленных категорий данных представляют собой сведения об уровне антропогенного вмешательства (степени загрязненности компонентов природной среды) и источниках загрязнений.

Предлагаемая концепция электронного экологического аудита предполагает создание для каждого природного и техногенного объекта в данной географической точке информационной среды (паспорта), в которой содержатся данные обо всех учреждениях и организациях (включая точные названия, адреса, телефоны, направления деятельности и т.д.), обладающих информацией о состоянии рассматриваемого объекта.

*К таким организациям относятся, например:*

- ◆ организации, осуществляющие измерение содержания загрязнителей в различных компонентах окружающей среды, определяющие состав сбросов и выбросов от техногенных объектов и т.д. (измерительные лаборатории и центры);
- ◆ организации, регламентирующие возможность осуществления той или иной деятельности и выдающие разрешения при условии выполнения природопользователем условий, направленных на охрану окружающей среды (Министерство экологии и природопользования, Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, ФГБУ Росрыбвод и т.д.);
- ◆ организации, осуществляющие учет существующих антропогенно-техногенных объектов и надзор за выполнением ими всех предписаний, в том числе проведение мероприятий по охране и защите окружающей среды (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, частные и государственные организации, осуществляющие экологический контроль и аудит);
- ◆ организации, осуществляющие прием и учет налогов и иных платежей за пользование природными объектами (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральная налоговая служба и пр.) и т.д.

Проанализировав совокупность сведений, которыми обладают вышеперечисленные организации, можно проследить весь жизненный цикл техногенного объекта и/или всю историю проведения различных типов мониторинга и контроля (в том числе экологического) состояния природного объекта, что позволит принимать аргументированные и актуальные решения в сфере управления природопользованием.

Кроме того, имея полученные от гидрометеорологических станций сведения о температуре, скорости и направлении ветра и используя программный продукт [9] и ему подобные, можно с большей точностью определить находящиеся под угрозой загрязнения объекты, сплани-

ровать и предпринять на их территории превентивные меры [10].

Таким образом, для реализации ситуационного моделирования и прогнозирования надо учитывать закономерности распространения поллютантов в природной среде.

Закономерности распространения антропогенных загрязнений и описывающие их математические модели могут быть различны по типам среды (почва, вода, воздух), загрязнений и климатических районов.

Типовые модели распространения загрязнений были изучены и изложены в работах таких авторов, как: Карашев А.В., Фролов В.А., Родзиллер И.Д., Бабков В.С., Ткаченко Т.Ю., Сузан Д.В., Бурков А.И., Кундас С.П., Молокова Н.В.

Несмотря на различия в математическом описании рассматриваемых процессов, целесообразно сохранить единую методологию реализации когнитивной информационной системы для принятия наиболее эффективных управленческих решений в сфере рационального природопользования и защиты и охраны окружающей среды.

#### *Программная реализация информационной поддержки когнитивной мультиагентной экспертно-аналитической системы*

Программа "Информационная поддержка для экспертно-аналитической системы intersubъектного экологического аудита" является семантическим преобразователем накопленных в Базе Данных и Знаний данных мониторинга уровня загрязнения рассматриваемой экосистемы (например водного бассейна) и источников этих поллютантов.

Программа проводит обработку и интеграцию имеющихся сведений на основе описанного выше фрактального метода анализа данных. Результатом анализа являются профили концентрации основных химических загрязнителей и профили антропогенного загрязнения по особо токсичным показателям. Данные профили содержат информацию, структурированную в хронологическом порядке, и по сути представляют собой временные ряды.

Каждое загрязнение поступает в объект окружающей среды, в данном случае поверхностный водный источник, не непрерывно, а оказывает порционное (квантовое) воздействие. В масштабе водного бассейна каждый такой квант создает свою волну загрязнения. То есть, поллютанты поступают в водный объект циклично, порождая волну за волной. Кроме того, существует множество пространственно распределенных по бассейну источников загрязнений, волны которых накладываются друг на дру-

га. Следовательно, анализировать полученные временные ряды методами статистического анализа не корректно. Для этих целей целесообразно применять метод анализа сингулярного спектра.

Для обнаружения общего тренда каждого загрязнителя, определения периодичности его проявления и сглаживания и подавления "шума" целесообразно применять метод анализа сингулярного спектра.

Анализ сингулярного спектра – метод исследования временных рядов, базирующийся на трансформации одномерного временного ряда в многомерный ряд с дальнейшей обработкой полученного многомерного ряда методом главных компонент. В настоящее время существует ряд программных продуктов, позволяющих осуществлять обработку загружаемых данных этим методом, например MATLAB.

Подробное математическое описание работы метода анализа сингулярного спектра не приводится, поскольку механизмы хорошо изучены и существуют различные программные приложения, осуществляющие обработку загружаемых данных этим методом, например MATLAB.

Использование данного метода позволяет обнаружить общий тренд каждого загрязнителя, определить периодичности его проявления, сгладить "шум".

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время становится особенно актуальным вопрос автоматизации экологического аудита в целях стратегического управления охраной окружающей сре-

ды. Кроме того, стали очевидными неадекватность применения методов статистического анализа при прогнозировании фронта распространения загрязнений в крупных масштабах (например, водных бассейнах). Для решения этих проблем авторами в данной работе предлагается создание когнитивной информационно-коммутиционной технологии для многоагентной системы экологического аудита, способной к самоорганизации и саморегулированию. Данный подход предполагает использование методов фрактальной технологии, синергетики, деонтической логики и анализа сингулярного спектра при анализе данных о состоянии объектов окружающей среды. Программная реализация предлагаемой информационно-коммутиционной технологии управления развитием крупномасштабных систем состоит из двух частей: Интернет-портала, отвечающего за взаимосвязь и взаимодействие всех участников многоагентной системы и включающего в себя постоянно изменяющуюся и расширяющуюся Базу Данных; программы "Информационная поддержка для экспертно-аналитической системы интрасубъектного экологического аудита", выполняющей роль вычислительного и аналитического центра.

Формирование, варьирование параметров и регулирование базы данных и знаний осуществляется в формате "доски объявлений". Все это допускает унификацию используемых программных приложений, облегчает проведение экологического интрасубъектного аудита, позволяет верифицировать используемую информацию и минимизировать временные затраты на анализ и прогнозирование состояния исследуемой экосистемы и стратегическое планирование мероприятий по управлению охраной окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев В.А. Еще раз о участии России в мировом рынке воды. // Общество. Среда. Развитие. 2013. № 3. С. 237–246.
2. Федеральный закон № 7 "Об охране окружающей среды".
3. Проект Федерального закона "Об экологическом аудите, экологической аудиторской деятельности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
4. Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю., Пляцук Д.Л. Синергетика: экосистемные процессы. // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2014 (89). Частина 1. С. 127–142.
5. Филобокова Л.Ю. Экологический аудит в системе устойчивого развития региона. // Экономика природопользования I (22) УЭКС, 2/2010.
6. Левина С.В. Применение синергетического подхода при изложении основ экологии. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 14, No 2 (4), 2012. С. 911–913.
7. Симонян Г.С. Анализ состояния гидроэкологических систем в свете синергетической теории информации. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление. – Махачкала. АЛЕФ, 2013. С. 275–280.
8. Степановская И.А. Управляющие системы и технологии для кибер-физических систем. Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конференции (22–25 июня 2015 г.г. Самара, Россия)/Под ред.: акад. Е.А. Федосова, акад. Н.А. Кузнецова, проф. В.А. Виттих. – Самара: Самарский научный центр РАН. 2015 г. С. 394–401.
9. Бережной Д.В., Ромашевская Я.А., Ставровский М.Е. Свидетельство № 2012661295 от 11.12.2012 г. о регистрации программы для ЭВМ "Анализ метеорологических факторов рассеивания примесей, влияющих на уровень загрязнения приземного атмосферного воздуха".
10. Ромашевская Я.А. Разработка программы для обработки метеорологических условий и анализа их влияния на уровень загрязнения приземного атмосферного воздуха, доклады IX всероссийской научно-технической конференции "Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности, образовании и экологии", 2010 г.

# СИСТЕМА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ (РЕЙТИНГА) КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗ-а

## THE SYSTEM OF INTEGRAL EVALUATION (RATING) OF QUALITY OF EDUCATION AND EFFICIENCY OF UNIVERSITY ACTIVITY

G. Sirotkin

### Annotation

The article presents the system in the form of models, patterns factors and of a web layout app. The system can be used as both internal university evaluation system and how the system of ranking of universities. From the process of assessment of education quality, the efficiency or inefficiency of universities and the ranking of universities excluded people. Presents a procedure of payments of level of quality of University education. The error of calculation of the quality level is 0%. In comparison with analogues, the system is able to cover the assessment of entire system of higher education. Describes how to use the system in practice. The article may be of interest to specialists in the field of universities rankings.

**Keywords:** system; the structure, the layout; integral estimation; the calculation; the level of quality; rating; quality of education; higher institution.

Сироткин Григорий Вячеславович  
Аспирант,  
Астраханский государственный  
технический университет

### Аннотация

В статье представлена система в виде модели, структуры факторов и макета веб. приложения. Система может быть использована и как внутривузовская система оценки и как система рейтинга вузов. Из процесса оценки качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности вузов и определения рейтинга вузов исключен человек. Представлен порядок расчета уровня качества образования вуза. Погрешность расчета уровня качества составляет 0 %. По сравнению с аналогами, система способна охватить оценкой всю систему высшего образования. Описан порядок использования системы на практике. Статья может представлять интерес для специалистов в области рейтингов вузов.

### Ключевые слова:

Система; структура; макет; интегральная оценка; расчет, уровень качества, рейтинг; качество образования; ВУЗ.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы оценки деятельности вузов являются актуальными для современного российского высшего образования. Интегральная оценка деятельности вуза с целью выявления его эффективности / неэффективности – проблема, не имеющая пока идеального решения.

Выравнивание качества образования вузов на огромной территории России, требует формирования новой системы оценки. Необходимо чтобы оценка охватила всю систему высшего образования. Актуальность оценки качества бесспорна, поскольку от этого в наибольшей степени зависят конечные результаты деятельности работников, структурных подразделений и вузов. Поэтому формирование востребованной системы оценки качества образования и образовательных результатов является одной из задач развития образования.

Актуальными являются и проблемы, связанные с раз-

витиём механизмов и процедур независимой системы оценки российских вузов. Есть разные системы оценивания. Но они все условны без исключения [3]. При этом, единой системы оценки качества образования, эффективности деятельности и формирования рейтингов российских вузов, на сегодня нет. Поэтому работы по развитию методологии независимой оценки вузов для формирования ежегодного национального рейтинга вузов России являются востребованными. Важным в этой связи является создание объективных рейтингов российских вузов. Именно на активизацию этой работы и нацелено исследование.

Среди доступных научных работ много работ, которые посвящены оценке качества образования, эффективности деятельности и рейтингов вузов, но не удалось обнаружить работ, посвящённых оценке качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и рейтинга вузов одновременно по одному числу. Нет и методики такой оценки. Поэтому задача по её разработ-

ке является актуальной.

Идея независимого рейтинга вузов интересует все целевые аудитории и считается делом необходимым и полезным. В то же время присутствует и скептическое отношение к возможности независимой оценки, считается, что в российских условиях само понятие независимости утрачивает смысл, с чем согласиться нельзя.

Несмотря на множество появляющихся рейтингов и оценок вузов, перед абитуриентами, руководством системы образования и университетов стоят "вечные вопросы": какой вуз выбрать для обучения, откуда приглашать на работу лучших специалистов, где проводят самые передовые исследования? И вопрос относительно новый для России ставят предприниматели: в какие образовательные и исследовательские учреждения и организации эффективней инвестировать средства?

Чтобы помочь этому, цель данной работы – предложить систему интегральной оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вуза (далее система) в виде системы факторов, макета веб-приложения и расчета величины качества образования.

*Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:*

1. Показать анализ методов оценивания рейтингов вузов.
2. Кратко описать систему.
3. Кратко описать структуру системы факторов.
4. Описать способ реализации системы.
5. Представить структуру системы в виде макета веб-приложений.
6. Описать алгоритм работы веб-приложений.
7. Показать вычисление величины качества образования вуза.

Данная статья является продолжением работ [6,7], в которых подробно описаны и представлены в рисунках и таблицах структура и модель системы, описаны её преимущества.

Методической основой исследований являются методы системного анализа, математического моделирования, квалиметрии и методологии Анализа Среды Функционирования (АСФ).

#### Анализ методов оценивания рейтингов ВУЗ-ов

Согласно толковому словарю Уэбстера (1986), рейтинг академического качества "составляется согласно некоторому показателю или набору показателей, которые составители рейтинга считают отражающими или измеряющими академическое качество. Рейтинг представля-

ет собой перечень лучших колледжей, университетов, факультетов или кафедр в некоторой области знания, расположенных в порядке убывания или возрастания качества. При этом каждый вуз или кафедра, имеет свой собственный рейтинговый балл, а не объединяется с другими вузами в группы, однотипные по уровню качества".

Европейским Центром по Высшему образованию (ЮНЕСКО–СЕПЕС, Бухарест) и Институтом Политики в Высшем Образовании (ИЕР, Вашингтон) собраны, проанализированы и систематизированы различные типы и виды методов, применяемых в рейтинговании образования. Рейтинги вузов классифицируются по типам:

Рейтинги с начислением единого итогового балла – их применяют для ранжирования вузов в целом. Процедура такова: составляется набор показателей, каждому из них присваиваются свой вес, с учетом которых вычисляется единая итоговая оценка качества для данного вуза. Это очень распространенный подход, наиболее удачными примерами его применения могут послужить рейтинги U.S.News and World Report (США) и журнала "Перспективы" (Польша).

Рейтинги вузов по конкретным дисциплинам, программам обучения или по отдельным предметам. В этом случае ранжированию подвергаются не вузы, а предлагаемые ими отдельные программы или обучение определенным предметам. Таким образом, можно оценивать качество учебных программ любого уровня – от программ получения диплома до аспирантских, профессиональных и др. Такие рейтинги готовит журнал "Перспективы" (Польша), "Штерн" (Германия), "Бизнес уик", "Файнэншл Таймс" (Великобритания) и многие другие.

Рейтинги с комбинированным подходом в ранжировании. В данном случае присутствуют свои, особенные методы рейтингов/таблиц, которые невозможно объединить в единый тип. Рейтинги вузов классифицируются по своей структуре: Порядковый. В этом случае вузам присваиваются порядковые номера, и они располагаются в рейтинге в соответствии с этими номерами. Такой подход применяют в "Приложении по высшему образованию к газете "Таймс", рейтинги DAAD в Германии и др.

Кластерный (группировка вузов по рейтингу). Например, рейтинг "Штерн" (Германия) объединяет ранжируемые вузы в три группы – лучшую, среднюю и худшую. Комбинированный. Каждому вузу присваивается количественная оценка, но данные публикуются только по определенному числу лучших вузов. Этот вариант представляет своего рода гибрид двух первых. Такой подход применяет "Рекрут" (Япония), где в рейтинг по каждому показателю включаются только 50 лучших вузов. Возможны и другие комбинации. Рейтинги вузов классифицируются по источникам данных:



По имеющимся данным (например, содержащимся в опубликованных отчетах ВУЗ-ов).

По собранным данным (анкетирование студентов, профессорско-преподавательского состава, работодателей, выпускников).

Применяемые в России методики оценки рейтинга трудоёмки и противоречивы. При всем многообразии уже существующих ныне позиций данную проблему нельзя считать решенной. Более того, некоторые важные аспекты, позволяющие сделать модель полной, целостной, пока остаются разработанными весьма слабо [13].

Рейтинги Рейтингового агентства "ЭКСПЕРТ РА" построены на основе статистических показателей, масштабных опросов среди респондентов: работодателей, представителей академических и научных кругов, студентов и выпускников. Методика рейтинга составлена с учетом мнений, высказанных представителями ведущих вузов РФ.

Рейтинги Высшей школой экономики и РИА Новости построены на основе баллов ЕГЭ студентов, зачисленных на первый курс бакалавриата / специалитета.

Рейтинг ООО "Деловая Россия" дает оценку российским ВУЗам с точки зрения востребованности их выпускников на рынке труда.

Рейтинг Федерального агентства по образованию составляется на основании официальных данных, полученных от администраций вузов (форма 2нк). При составлении рейтинга ФАО учитывались такие параметры, как: состав и качество профессорско-преподавательского состава, количество студентов разных форм обучения, наличие студентов из других стран, объем научных исследований, издательская деятельность, обеспечение студентов общежитиями, профилакториями и т.д. Подсчет итоговых результатов производится с учетом филиалов ВУЗов.

Рейтинг ВУЗов издательского дома "Коммерсантъ" формировался на основе опроса крупнейших российских компаний, которые предоставили информацию о нескольких тысячах молодых специалистах, принятых ими на работу.

Независимое рейтинговое агентство в сфере образования "Рейтор" проводило рейтинговые исследования ВУЗов по критериям общественной оценки, опираясь на собственные социологические исследования и официальную информацию государственных органов [14].

Президент Владимир Путин по итогам съезда Российского союза ректоров в октябре 2014 года поручил пра-

вительству и российскому совету ректоров (РСР) представить предложения по формированию ежегодного национального рейтинга вузов. Для оценки рейтинга предлагаются определенные показатели качества деятельности вуза. Однако механизмов решения проблемы, которую ранее поставил президент РФ В.В. Путин, – определить критерий, по которому можно бы выстроить вузы с точки зрения эффективности [4], ни в практике, ни в концепции нет.

Предлагаемая система, как один из возможных способов решения задачи, поставленной президентом В.В. Путиным.

#### Система интегральной оценки качества образования и эффективности деятельности ВУЗ-а

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000–2001 [2] менеджмент качества – это координированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству.

Система качества образовательного учреждения является частью системы менеджмента организации, которая направлена на достижение результатов в соответствии с целями в области качества, чтобы удовлетворять потребности, ожидания и требования потребителей и других заинтересованных сторон.

Важной составной частью национальной системы управления качеством образования является национальная система оценки качества образования, обеспечивающая обратную связь в управлении качеством.

Система представлена как один из способов решения проблемы оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вузов с помощью одного итогового показателя.

*При построении системы оценки была использована концепция "ограниченной рациональности" по Герберту Саймону о том, что наиболее эффективной стратегией принятия решений является выбор первого вполне удовлетворительного варианта, даже если известно, что он не является оптимальным.*

Система обеспечивает качество трех видов деятельности вуза: основной – направленной на обучение и результат, вспомогательной – направленной на создание условий обучения, проверки и реализации результата, и дополнительной – коммерческой, направленной на продажу услуг и получения дохода. Модель системы показана на **рис. 1**, которая подробно описана и представлена на рисунках и таблицах в работах [5,6].

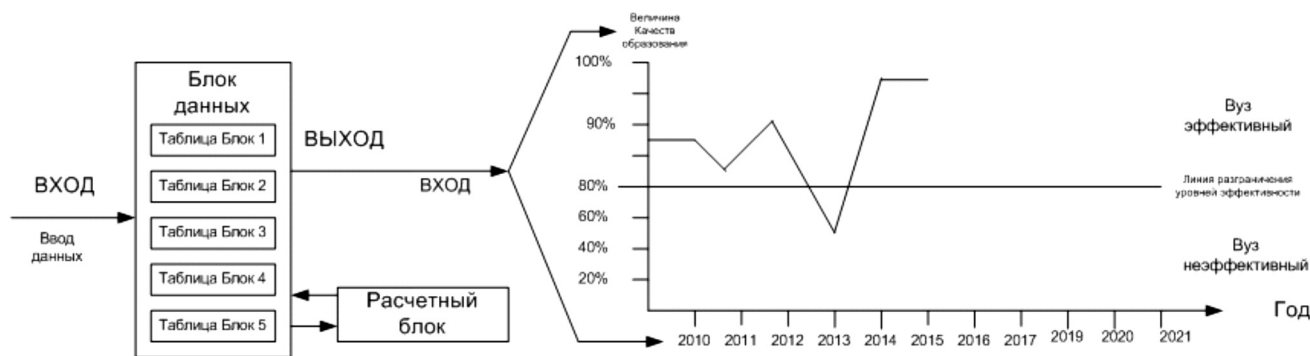


Рисунок 1. Модель системы оценки качества образования и эффективности деятельности вуза в целом.

Система проста и понятна. Она состоит из блока данных, расчетного блока и линейной диаграммы в прямоугольной системе координат.

**Блок данных** состоит из 5 таблиц. Таблицы блока данных включают в себя элементы структуры системы, расположенные в строках и показателей элементов структур, расположенные в столбцах. На пересечениях строк и столбцов располагаются значения показателей для элементов структуры системы. Таблицы блоков 1, 2, 3, 4 и 5 объединены в одну таблицу (см. Приложение 5). Данные столбцов таблицы 4, 6 и 7 обрабатываются расчетным блоком, и результат выводится в диаграмму.

**Расчетный блок** предназначен для расчета величины качества образования (Вк). Вк – это уровень качества образования вуза в целом, выраженный одним числом в процентном выражении. Вк показывает общую величину отклонения всех параметров количественных и качественных показателей на определенный момент. Вк рассчитывается в определенном порядке по 9 формулам по годам либо годам и полугодиям.

**Диаграмма** построена в прямоугольной системе координат. По вертикали определяется расчетное Вк, а по горизонтали – время контроля: год, либо год и полугодие – время ввода фактических величин показателей в систему. Место данных в системе координат определяется точкой пересечения Вк и времени расчета. Динамика мониторинга состояния системы определяется положением линий пересечения данных (см. Рисунок 1). Диаграмма построена произвольно, для наглядности. Линия разграничения уровней эффективности либо неэффективности равной 80%, определена результатами сценарного моделирования ядра НСУ [9]. Она определяет критический уровень, который в последствие может быть повышен с целью повышения уровня эффективности деятельности вуза, а это повлечет за собой и повышение качества образования.

Согласно методологии Анализа Среды Функционирования (АСФ), граница системы оценки, определенная совокупностью параметров показателей системы, принимается за 100 % качества, и дальнейшие рассуждения построены на анализе отклонений фактических величин показателей от базовых [1].

Факторы, по которым показатели не определены, в расчетах не учитываются и считается, что фактор находится в требуемом состоянии. По мере определения показателей и встраивания их в систему по каждому фактору каждого блока, система считается сформированной, т.к. система охватит оценкой и контролем все структуры вуза в целом.

#### Структура системы факторов

Исходя из концепции, нами были определены и группированы факторы, влияющие на качество образования вуза в целом [11]. На их основе нами построена когнитивная модель [10], которая была преобразована в сценарную модель [12,13] и представлена на Рисунке 2. Факторы и сценарная модель описана в работе [10,12,13].

Сценарная модель определила основу структуры системы, которая состоит из трех уровней целей – факторов (см. Приложение 5).

*Первый уровень* состоит из основной цели – фактора – обеспечение высокого качества образования.

*Второй уровень* состоит из 5 блоков вспомогательных целей – факторов:

1. Обеспечение качества образовательной программы.
2. Обеспечение качества образовательного процесса.
3. Обеспечение качества внеучебной деятельности.
4. Обеспечение качества финансовой стабильности.
5. Обеспечение качества проверки и реализации знаний.

Третий уровень состоит из 61 текущей цели – факторов, обеспечивающих качество второго уровня системы. Он является основой для формирования системы показателей, качество которых они обеспечивают.

Таким образом, высокое качество образования достигается системой за счет обеспечения пяти вспомогательных и 61-й и более текущих целей факторов.

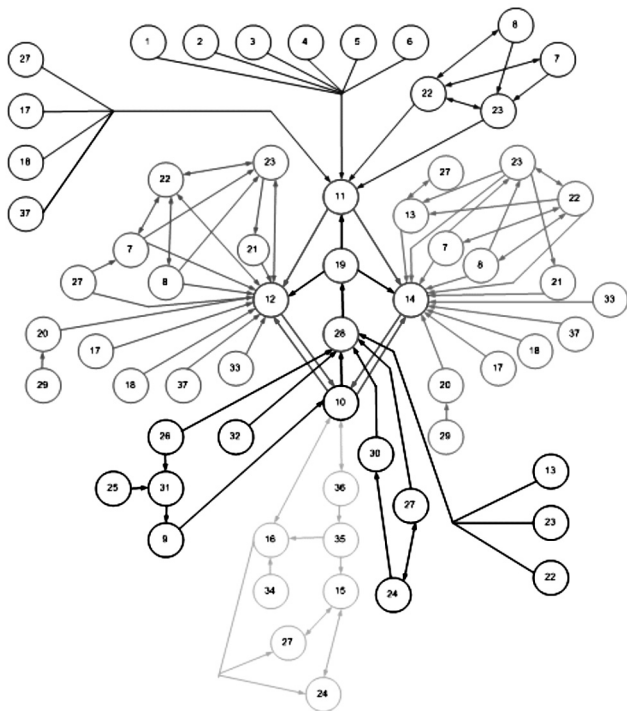


Рисунок 2. Сценарная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом.

Система факторов позволяет охватить оценкой всю деятельность вуза в целом. Показатели формируются по каждому подразделению вуза отдельно и распределяются по факторам, качество которых они обеспечивают. Основное отличие предлагаемой системы факторов от аналогичных в том, что все они охватывают оценкой только отдельные направления деятельности, а не всю деятельность вуза в целом. Общее отличие систем по целям, факторам, их группировке, количеству факторов и показателей их качества.

Система факторов предназначена для формирования системы показателей, которые известны и в той или иной последовательности используются вузами для оценки качества образования и эффективности деятельности вузов. Их необходимо только распределить по структурным подразделениям вузов и факторам системы, качество которых они определяют. Например, "Общие показатели самообследования деятельности вузов, утвержденные приказом Министерства образования и науки РФ от 10 декабря 2013 г. № 1324", общие (типо-

вые) показатели и критерии оценки качества деятельности и образования вуза [8] и др., как показано в Приложении 5. При уточнении факторов и формировании показателей требуется, чтобы они имели положительные взаимосвязи с факторами, обеспечивали и влияли на качество образования и блоковые факторы прямо или косвенно, в той или иной степени, чтобы достичь основной цели – высокого качества образования вуза в целом.

#### Способ реализации системы

Сегодня каждый вуз имеет свой собственный официальный сайт. Под официальным веб-сайтом вуза понимается принадлежащий вузу веб-сайт, предназначенный для всестороннего и достоверного информирования (от имени руководства) внешних и внутренних посетителей о деятельности вуза, а также представляющий посетителям сайта всю необходимую для обеспечения взаимодействия с вузом, его руководством или его подразделениями справочную информацию [4]. Информация, размещенная вузами на их сайтах, находится в открытом доступе. С помощью Интернета, любой пользователь, независимо от места его нахождения, может свободно ознакомиться с содержанием сайта в объеме, определенном вузами.

В новых экономических условиях веб-сайт стал эффективным инструментом рекламы и продажи образовательных услуг. При этом, современные технологии позволяют внедрение в веб-сайты различные готовые веб-приложения, в виде отдельного портала для предоставления определенной информации, и её обработки [14]. Преимущества веб-сайта, как инструмента обеспечения вузовской деятельности, очевидны – относительная дешевизна, информационная мобильность, общедоступность, а также – мультимедийность [4]. Отмеченные обстоятельства и технологии позволили использовать возможности веб-сайтов для реализации результатов диссертационных исследований, для продвижения вузов в виртуальном пространстве. Поэтому нами предлагается макет будущего веб-приложения, которое встраивается в сайт вуза в виде отдельного портала под названием "Система оценки качества образования". Например, как это показано на рис. 3 веб-сайта АГТУ.



- [Электронный университет](#)
- [Виртуальная экскурсия](#)
- [Телепрограммы АГТУ](#)
- [Система менеджмента качества](#)
- [Система оценки качества образования](#)
- [Объявления о защитах](#)
- [Журнал "Вестник АГТУ"](#)
- [Издательство АГТУ](#)

Рисунок 3. Пример ссылки на портал "Система оценки качества образования" в меню веб-сайт АГТУ.

Структура системы

Описание макета веб-приложения "Система оценки качества образования"

Макет веб-приложения "Система оценки качества образования" прост, понятен и практически реализуем. Он состоит из 6 страниц. Макеты страниц показаны в приложениях 1–6.

Основной элемент системы – это таблица данных (Приложение 5). Данные таблицы с 1 по 7 столбец, заполняются вручную в самой таблице. Данные столбца 7 – фактические показатели, могут также заполняться в сводной таблице (см. Приложение 4). При изменении данных в таблице Приложения 5 или в таблице Приложения 4, аналогичные данные, в автоматическом режиме заполняются в той или другой таблице.

При вводе времени рейтинга в Приложение 3, автоматически оно отображается в Приложении 4. Время рейтинга определяет срок, до которого подразделения должны внести в Приложение 4 данные фактических величин показателей качества, за обеспечение которых они несут ответственность.

При вводе в таблицу Приложения 4 либо Приложения 5 новых показателей, им присваивается идентификационный код структуры (любая новая буква), которая несет ответственность за их обеспечение. При вводе в таблицу Приложения 4 новых показателей структурным подразделением, они автоматически отображаются в таблице Приложения 5.

При вводе в таблицу Приложения 5 идентификационного кода нового структурного подразделения, по каждому новому коду автоматически создается таблица Приложения 4 и в неё автоматически вносятся данные: номер по порядку, единицы измерения, показатели и код. В таблице также указывается наименование структуры.

При нажатии на код подразделения в таблице Приложения 4 открывается таблица Приложения 5. Если "Код" удаляется, таблица Приложения 4 автоматически помещается в архив.

При введении в таблицу Приложения 4 фактической величины показателей, она автоматически переносится в таблицу Приложения 5 и наоборот.

После заполнения столбца 3 Приложения 5 "Сила влияния факторов", сумма весов складывается и вносится в формулу 8. При вводе нового веса, общая их сумма пересчитывается, и новое число вводится в формулу 8. При изменении или удалении размера весов, сумма также пересчитывается с внесением данных в формулу 8.

Сила веса каждого фактора при одном показателе вводится в формулу 3, при нескольких показателях в формулу 6. Как отмечено выше, основная часть системы – это таблица данных (см. Приложение 5). На первом этапе в таблице данных уточняются факторы и по таблице 1 определяется сила влияния каждого фактора на целевые факторы и качество образования в весах.

Затем в таблицу данных вводятся показатели качества факторов, их пороговые величины и идентификационный код подразделения, которое ответственно за его обеспечение. В график Приложения 3 вводят время проведения мониторингов. После ввода вышеуказанных данных, система считается готовой к работе, даже если не все показатели введены в систему. По отсутствующим показателям считается, что они находятся в требуемом состоянии и система проводит расчет по введенным показателям.

Система может проводить расчет величины качества образования и при одном показателе, но точность и объемность величины качества образования будет выше, если по каждому фактору будет по одному показателю и выше. При этом общее количество показателей не ограничено, что дает возможность охватить контролем все структурные подразделения ВУЗ-а.

Таблица 1. Шкала для формализации силы влияния факторов в системе.

Элемент шкалы	Интерпретация в терминах силы влияния
0	Влияние отсутствует
0,1	Минимально возможное (практически отсутствует)
0,3	Слабое
0,5	Среднее
0,7	Существенное
0,9	Сильное
1	Максимально возможное
0,2, 0,4, 0,6, 0,8	Промежуточные уровни

После введения последней фактической величины показателя в столбце 7 Приложения 5, блок расчета автоматически начинает расчет величины (уровня) качества образования. Сначала по столбцам 6–7 сверху в низ по формулам 1–6, затем по формулам 7–9. Конечный результат наносится на диаграмму и вводится в эл. почту веб-приложения. Затем, в автоматическом режиме, наименование вуза и его величина качества образования отправляются на эл. почту веб-приложения "Рейтинг вузов России" Приложение 7.



Приложение 4.

Макет страницы "Сводные таблицы данных" веб-приложения "Система оценки качества образования".

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА							
Финансово – экономический отдел Код - Э							
№ п\п	Ед.изм ер.	Фактич. величина показателя	Показатели качества	Год 2014	Год 2015	Год 2016. 1	Год 2016. 2
38.1	тыс. руб.	200	Доходы образовательной организации по всем видам финансового обеспечения (деятельности)	10 %	9,09 %	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

[Отменить](#)   [Сохранить](#)    Логин: \_\_\_\_\_    Пароль: \_\_\_\_\_   [Печать](#)   [Назад](#)   [Выход](#)

2015 © Система оценки качества образования | Сироткин Г.В

Приложение 5.

Макет страницы "Таблица блока данных" веб-приложения "Система оценки качества образования".

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
Блок 1 . ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательной программы</i>						
1	Стандарты					
1.1	Соответствие программ международным стандартам	И	0,9	+ -	+	+
1.2						
2	Правовые требования					
2.1	Соответствие программ правовым требованиям	И	1	+ -	+	-
3	Образовательная программа					
3.1						
4	Качества образовательной программы					
4.1						
5	Профессорско-преподавательский состав					
5.1						
6	Специалисты					
6.1						
6.2						
7	Международная деятельность					
7.1						
8	Научная деятельность					
8.1						

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
9	Партнерская деятельность					
9.1						
9.2						
<b>Блок 2 . ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательного процесса</i>						
10	Профессорско-преподавательский состав					
10.1						
10.2						
11	Специалисты					
11.1						
12	Студенты					
12.1						
13	Качества образовательного процесса					
13.1						
14	Соответствия правовым нормам					
14.1						
15	Соответствия нормам безопасности					
15.1						
16	Материально -техническая база					
16.1						
17	Научно-методическое обеспечение					
17.1						
18	Международная деятельность					
18.1						
19	Партнерская деятельность					
19.1						
20	Строительная деятельность					
20.1						
21	Информационный ресурс					
21.1						
22	Научная деятельность					
22.1						
22.2						
<b>Блок 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество внеучебной деятельности</i>						
23	Профессорско-преподавательский состав					
23.1						

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
24	Специалисты					
24.1						
25	Слушатели					
25.1						
26	Дополнительное образование					
26.1						
27	Внеучебная деятельность					
27.1						
28	Правовые требования					
28.1						
29	Безопасности жизнедеятельности					
29.1						
30	Материально-техническая база					
30.1	<i>Удельный вес стоимости оборудования (не старше 5 лет) образовательной организации в общей стоимости оборудования</i>	М	0,7	%	10	6
31	Научно-методическое обеспечение					
31.1						
32	Международная деятельность					
32.1						
33	Научная деятельность					
33.1	<i>Количество лицензионных соглашений</i>	Н	0.2	ед.	5	3
34	Партнерская деятельность					
34.1						
35	Строительная деятельность					
35.1						
36	Информационный ресурс					
36.1						
37						
37.1						
<b>Блок 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ФИНАНСОВОЙ СТАБИЛЬНОСТИ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество финансовой стабильности</i>						
38	Финансово-экономической деятельности					
38.1	<i>Доходы образовательной организации по всем видам финансового обеспечения (деятельности)</i>	Э	0,5	тыс.руб.	220	200
38.2						
39	Абитуриенты					
39.1						



№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
40	Обучающиеся					
40.1						
41	Дополнительное образование					
41.1						
42	Международная деятельность					
42.1						
43	Научная деятельность					
43.1						
44	Инновационная деятельность					
44.1						
45	Информационная деятельность					
45.1						
46	Издательская деятельность					
46.1						
47	Партнерская деятельность					
47.1						
48	Маркетинговая деятельность					
48.1						
49	Маркетинг образовательных услуг					
49.1						
50	Энергосбережение и энергоэффективность					
50.1						
<b>Блок 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОВЕРКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество проверки и реализации знаний</i>						
51	Оценка качества знаний обучающихся					
51.1						
52	Самоконтроль качества образования обучающихся					
52.1	<i>Количество часов на самоподготовку</i>					
52.2	<i>Посещаемость</i>					
53	Производственная и преддипломная практика					
53.1						
54	Инновационная деятельность					
54.1						
55	Содействие в трудоустройстве выпускников					
55.1						
56	Мониторинг рынка образовательных услуг и труда	M	1			
56.1	<i>Потребность рынка в специалистах</i>			+ -	+	+
56.2	<i>Спрос на услуги вуза</i>			+ -	+	-
56.3	<i>Результат востребованности выпускников вуза</i>			%	15	2
56.4	<i>Востребованность бюджетных мест</i>			ед.		
56.5	<i>Потери вуза от отчислений студентов</i>			тыс руб.	300	200

Приложение 6.

Макет страницы "Перечень подразделений" веб-приложения "Система оценки качества образования".

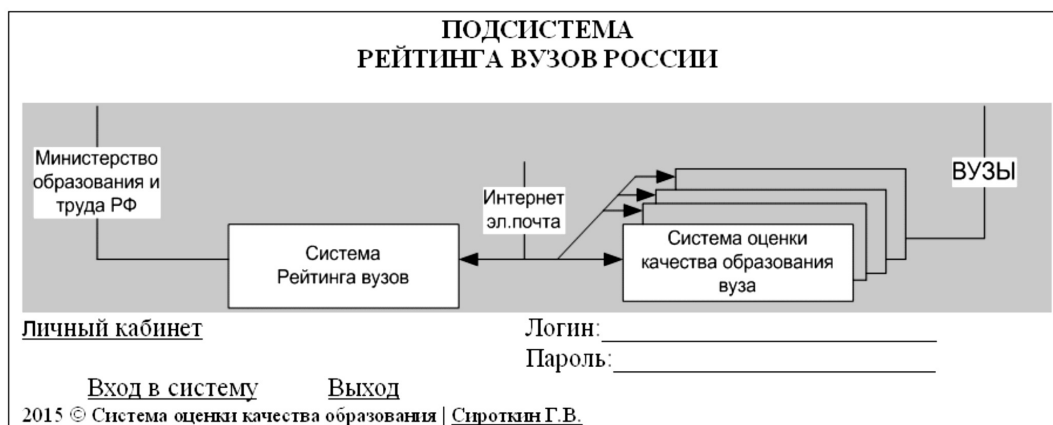
НАИМЕНОВАНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ	Код
1. Финансово-экономический отдел	<u>Э</u>
2. _____	<u>В</u>

[Назад](#)      [Выход](#)      [Сохранить](#)

2015 © Система оценки качества образования | [Сироткин Г.В.](#)

Приложение 7.

Макет страницы "Главная" веб-приложения "Система рейтинга ВУЗ-ов".



Приложение 8.

Макет страницы "Рейтинг вузов России" веб-приложения "Система рейтинга ВУЗ-ов".

**РЕЙТИНГ ВУЗОВ РОССИИ**

<b>Список 1 Рейтинг эффективных вузов</b>	<b>ВКО</b>
1. <a href="#">Звездный свободный университет (ЗСУ)</a>	100%
<b>Список 2 Рейтинг неэффективных вузов</b>	
2. <a href="#">Западный государственный технический университет (ЗГТУ)</a>	55,91977 %
4. <a href="#">Восточный педагогический институт (ВПИ)</a>	0 %

[АРХИВ](#)      [Выход](#)      [Печать](#)

2015 © Система оценки качества образования | [Сироткин Г.В.](#)

Алгоритм работы веб-приложения "Система оценки качества образования"

Алгоритм работы веб-приложения также прост и понятен. Щелкнув мышкой на название веб-приложения на сайте вуза (см. рис. 1), откроется страница Приложения 1 – Главная страница. С этой страницы можно либо выйти из системы, либо в неё войти, щелкнув мышкой на тот или иной знак.

При входе в систему откроется страница Приложения 2 – страница Меню. С этой страницы мы можем закрыть эту страницу, выйти из системы через страницу Приложения 1, либо войти в указанные в меню страницы. Вход в указанные в меню страницы либо свободный, либо через систему паролей для сайтов служебного пользования.

Страницы Приложения 3 и Приложения 6 информационные, предназначенные для свободного пользования.

При открытии страницы Приложения 3 мы увидим диаграмму качества образования вуза в динамике за множество лет, а также величину качества образования, уровень эффективности либо неэффективности вуза и рейтинг вуза среди вузов России на текущий момент. Данные могут быть распечатаны. Поэтому Приложение 3 – это визитная карточка вуза, которая позволит потребителю сделать правильный выбор вуза среди их множества на рынке образовательных услуг. Время проведения оценки, на графике в Приложении 3, вносится заранее. Оно также автоматически отображается в Приложении 4.

Приложение 6 содержит перечень наименований подразделений вуза, контроль за деятельностью которых осуществляется вузом. Щелкнув мышкой на наименование подразделения, откроется сводная таблица показателей качества Приложение 4. В ней мы увидим наименование показателей качества деятельности подразделения и динамику их качества в процентном выражении за длительный срок.

Они позволят потребителю сделать выводы об эффективности деятельности интересующего его конкретного подразделения вуза на текущий момент в сравнении с предыдущими данными за многие годы. Эти данные могут быть распечатаны. Изменение данных левой части Приложения 4 производится ответственными лицами подразделения вуза через логин и пароль. Со страницы можно выйти из системы либо вернуться на назад в Приложение 6 щелкнув мышкой на тот или иной знак.

Страница Приложения 5 предназначена для служебного пользования. В неё структурные подразделения входят через страницу Приложения 2.

После внедрения веб-приложения в вузы на всей территории России, на его основе может быть разработано веб-приложение "Система рейтинга вузов" с открытием на сайте Министерства образования и науки РФ его портала. Исходными данными будут наименование вуза и величина его качества образования. Для наглядности, потоки обмена информации в объединенной системе, нами показаны на рисунке Приложения 7.

#### Описание макета веб-приложения "Система рейтинга вузов"

Макет веб-приложения "Система рейтинга вузов" также прост, понятен и практически реализуем. Он состоит из 2 страниц. Макеты страниц показаны в приложениях 7 и 8.

Раз в год или в другое определенное время, в автоматическом режиме, система обрабатывает полученные данные от всех вузов России и выстраивает их в Приложении 8 по спискам по порядку – от лучшего к худшему.

Эффективные вузы в список 1, не эффективные вузы в список 2. Нумерация расположения вузов в списках 1 и 2 общая от начала до конца. Это дает нам возможность выстроить вузы по очередности по качеству образования и одновременно по уровням эффективности либо неэффективности деятельности вузов. Перечень вузов в списке и данные указаны произвольно для наглядности. Данные списков, на сайте Минобрнауки РФ, будут иметь открытый доступ и каждый желающий, не зависимо от его места нахождения по интернету может с ним ознакомиться и распечатать. Вход в систему и выход из неё через сайт Минобрнауки РФ.

После формирования списков, рейтинговые номера по эл. почте рассылаются по вузам. Полученный по эл. почте рейтинговый номер, системой вносится в Приложение 3. После чего обработка данных системой считается законченной. Данный процесс повторяется после каждого мониторинга, а прежние данные отправляются в архив или хранятся в Приложении 3 и Приложении 4.

Все операции в системе осуществляются без вмешательства человека, что свидетельствует об объективности расчетов и их результатов.

#### Вычисление величины качества образования ВУЗ-а

До проведения расчета  $V_k$ , для обеспечения равных условий для всех вузов, необходимо сформировать систему факторов путем уточнения, изменения, добавления и удаления текущих факторов. Затем по таблице 2 определить силу влияния каждого фактора в весах и отдельно их сумму. Таким образом, система будет готова к работе.

Проведем апробацию методики математическим способом путем вычислений. За основу возьмет 5 единичных показателей отдельных факторов и группу из 5 показателей одного фактора. Наименования вузов и величин показателей взяты произвольно. Показатели взяты, как отмечено выше, из перечня "Общие показатели самообследования деятельности вузов, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10 декабря 2013 г. № 1324", работы [8] и по усмотрению автора.

#### Вариант 1.

Рассчитаем уровень качества образования Западного государственного технического университета (ЗГТУ). Величины показателей имеют разные параметры отклонения. Данные внесены в Приложение 4,5 и 6 для анализа и наглядности.

Вычислив доли отклонения от весов факторов показателей, по формуле 3 и 6, определяем общее отклоне-

ние веса факторов по формуле 7.

$$O_{\text{общ}} = F_1 (F_{\text{гр}1}) + F_2 ( F_{\text{гр}2} ) + F_n (F_{\text{Г}n}), \quad (7)$$

$$O_{\text{общ}} = 0,28 + 0,04545 + 0,08 + 0 + 1 + 0,4899999 = 1,8954499 \text{ веса}$$

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов (gобщ = 4,3 веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{\text{общ}} * 100 : g_{\text{общ}}, \quad (8)$$

$$Q = 1,8954499 * 100 : 4,3 = 44,08023 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину (уровень) качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$Вк = 100\% - Q, \quad (9)$$

$$Вк = 100\% - 44,08023 \% = 55,91977 \%$$

**Вариант 2.**

Рассчитаем уровень качества образования Звездного свободного университета (ЗСУ). Все величины показателей имеют нулевое отклонение.

Вычислив доли отклонения от весов факторов показателей, по формуле 3 и 6, определяем общее отклонение веса факторов.

$$O_{\text{общ}} = F_1 (F_{\text{гр}1}) + F_2 ( F_{\text{гр}2} ) + F_n (F_{\text{Г}n}), \quad (7)$$

$$O_{\text{общ}} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \text{ веса}$$

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов (gобщ = 4,3 веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{\text{общ}} * 100 : g_{\text{общ}}, \quad (8)$$

$$Q = 0 * 100 : 4,3 = 0 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину (уровень) качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$Вк = 100\% - Q, \quad (9)$$

$$Вк = 100\% - 0 \% = 100 \%$$

**Вариант 3.**

Рассчитаем уровень качества образования Восточного педагогического института (ВПИ). Все величины показателей имеют 100 % отклонение.

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов (gобщ = 4,3 веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{\text{общ}} * 100 : g_{\text{общ}}, \quad (8)$$

$$Q = 4.3 * 100 : 4,3 = 100 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину (уровень) качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$Вк = 100\% - Q, \quad (9)$$

$$Вк = 100\% - 100 \% = 0 \%$$

Таким образом, математическим путем доказано, что система позволяет вычислять уровень качества образования одним числом. Погрешность расчета методики составляет 0 %, поскольку результат вычислений изменится только в границах от 0 до 100 %.

Граница уровня эффективности/неэффективности деятельности вузов составляет 80 %. Отсюда, можно сделать вывод, что Западный государственный технический университет, (Вк = 55, 91977 %) и Восточный педагогический институт (Вк = 0 %) являются неэффективными, а Звездный свободный университет (Вк = 100%) является эффективным. Рейтинг вузов определен Приложением 8 с направлением данных в Приложения 3. Данные расчета отклонений направляются в Приложение 4 и 5.

*Таким образом, доказано, что система работоспособна и может проводить оценку качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и рейтинг вузов по одному числу.*

Таблица 3.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 6 = 4	40 %	0,7	0,28
руб	220-200 = 20	9,09 %	0,5	0,04545
ед.	5 - 3 = 2	40%	0,2	0,08
+-	+	0%	0,9	0
+-	-	100%	1	1
	$V_i = P_{\text{б}i} - P_{\text{ф}i}, \quad (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{\text{б}i}, \quad (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, \quad (3)$

Таблица 4.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 2 = 13	86,666666 %	1	0,4899999
руб	300-200 = 100	33,333333 %		
ед.	20 - 15 = 5	25 %		
+-	+	0 %		
+-	-	100%		
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$ $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$	$V_{oi} "+" = 0 \% (4),$ $V_{oi} "-" = 100 \% (5).$	4,3 веса	$F_{rpi} = g_{rpi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), (6)$

Таблица 5.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 10 = 0	0 %	0,7	0
руб	220-220 = 0	0 %	0,5	0
ед.	5 - 5 = 0	0 %	0,2	0
+-	+	0 %	0,9	0
+-	+	0 %	1	0
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, (3)$

Таблица 6.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 15 = 0	0%	1	0
руб	300-300 = 0	0%		
ед.	20 - 20 = 0	0%		
+-	+	0%		
+-	+	0%		
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$ $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$	$V_{oi} "+" = 0 \% (4),$ $V_{oi} "-" = 100 \% (5).$	4,3 веса	$F_{rpi} = g_{rpi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), (6)$

Таблица 7.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 0 = 10	100%	0,7	0,7
руб	220-0 = 220	100%	0,5	0,5
ед.	5 - 0 = 5	100%	0,2	0,2
+-	-	100%	0,9	0,9
+-	-	100%	1	1
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, (3)$

Таблица 8.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 0 = 15	100%	1	1
руб	300 - 0 = 300	100%		
ед.	20 - 0 = 20	100%		
+-	-	100%		
+-	-	100%		
	$V_i = P_{бi} - P_{fi}$ , (1) $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}$ , (2)	$V_{oi} "+" = 0 \%$ (4), $V_{oi} "-" = 100 \%$ (5)	4,3 веса	$Gr_{pi} = gr_{pi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n)$ , (6)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Тема оценки деятельности вузов очень актуальная и сложная, иногда очень спорная. Предлагаемая система не идеальна, но имеется возможность её доведения до приемлемого состояния путем уточнения, добавления, изменения и исключения факторов. Доказана её способность одновременно определять отклонение множества качественных и количественных величин фактических показателей качества от множества базовых показателей. Также определять уровень качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности вуза и рейтинга вуза по одному числу.

Система новая, проста, понятна, реальна, практически применима, востребована в образовании. Может быть использована любой другой организацией путем формирования факторов и показателей, отражающих их качество без изменения структуры и основ работы системы.

На практике показано и доказано математическим способом путем вычислений готовность системы к использованию при 10 показателях, что не предел. Ограничения, связанные с человеческими возможностями, устраняются путем автоматизации системы.

В отличие от других систем, уровень качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и рейтинга вузов, определяется системой одновременно по одному числу. При этом, система позволяет проводить оценку, как количественных, так и качественных показателей, как на уровне вуза, так и его структурных подразделений. Может быть использована, и как внутривузовская система оценки качества образования и эффективности деятельности вузов, и как система рейтинга вузов России. Как отдельно, так и вместе. Любым типом вуза (Институт; Академия; Университет), техническим или гуманитарным, государственным или негосударственным, так как не учитывает специфику вузов, а определяет общие для всех вузов направления обеспечения

качества образования и эффективности их деятельности. Это позволит проводить оценку качества по единым правилам для всех типов вузов Российской Федерации.

Преимущество системы в том, что из процесса оценки исключен человек, что свидетельствует о её объективности и независимости. Система способна охватить оценкой не только вузы, но и всю систему высшего образования России в целом. Поэтому она может быть общей системой для всех вузов, и использована для массового внедрения в вузы России. Позволит создать единый мировой ежегодный национальный рейтинга вузов России, как предусмотрено концепцией Российского Союза Ректоров 2015 года, чтобы получить признание качества образования вузов России за рубежом.

При использовании предлагаемой системы отпадет необходимость Министерству образования и науки РФ в ежегодном проведении мониторингов деятельности вузов на предмет их эффективности и рейтинга, отпадет необходимость в услугах рейтинговых организаций, что снизит затраты на эти цели и повысит эффективность управления, оценки и контроля качеством высшего образования в России.

Использование системы позволит повысить эффективность деятельности не только вузов в области качества образования, но и всей системы высшего образования России за счет охвата оценкой структурных подразделений всех вузов России.

Эффективность системы очевидна, так как ее внедрение не требует значительных материальных затрат и человеческих ресурсов, громоздкого документооборота и лишней отчетности. Она достигается за счет увеличения количества обрабатываемой информации, снижения времени на обработку информации и принятие управленческих решений, снижения затрат на эти цели и перераспределения освободившихся средств на цели обеспечения качества образования.

Система не требует специальной подготовки специалистов для её использования, так как при сформированной системе, от пользователей требуется только введения в систему в определенное время величин фактических показателей качества. В автоматическом режиме система сама определит уровень качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и рейтинга вуза среди других вузов, отразит данные на одной диаграмме и таблицах контроля структурных подразделений. Расчеты можно производить вручную, но в этом случае количество показателей ограничено человеческими возможностями.

#### Предложены:

- ◆ новый подход к интеграции отдельных показателей деятельности вуза на основе нечетко-когнитивного моделирования деятельности вуза в целом;
- ◆ новый подход к оценке качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и рейтинга вуза по одному числу;
- ◆ новый подход рейтингования вузов по уровню качества образования и эффективности либо неэффек-

тивности деятельности вузов.

- ◆ новая методика расчета уровня качества образования вуза на основе математических пропорций чисел и процентов.

В целом, результаты диссертационных исследований, решают проблему оценки качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и определения рейтингов вузов по одному числу.

Предложенные подходы и метод могут быть применимы и к другим организациям, что может внести значительный вклад в развитие управленческой науки, как в теоретическом, так и практическом плане.

Статья может представлять интерес для специалистов в области рейтингов вузов.

*Дальнейшие исследования связаны с разработкой программ веб-приложений системы, экспериментальными исследованиями и их практической реализацией. Полностью методика будет представлена позже.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаффорова Е. Б., Карловский А. В. О подходах к оценке эффективности деятельности вузов // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. – 2009. – Т. 9. – Вып. 3. – С. 81–87.
2. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.
3. Интервью Министра образования и науки РФ Дмитрия Ливанова [Электронный ресурс]: URL: <http://unirating.ru/txt.asp?rbr=56&txt=Rbr56Text6764&Ing=0> (дата обращения 27. 05.2015)
4. Полтавец, А.В. Веб-сайт вуза как эффективный инструмент обеспечения вузовской деятельности // Вопросы управления. [Электронный ресурс]: URL: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2010/03/3/> (дата обращения 23.04.2015).
5. Рейтинги вузов России [Электронный ресурс]: URL: <http://www.edu.ru/abitur/index.php?act=9> (дата обращения 3.07.2015)
6. Сироткин Г.В. Модель системы интегральной оценки качества образования и эффективности деятельности вуза. // Инновации в науке: сборник статей по материалам XLIV международная научно-практическая конференция (Новосибирск, 24 июня 2015 г.). 2015, С.38 – 60.
7. Сироткин Г.В. Новая структура системы оценки качества образования и эффективности деятельности для любого типа вуза в целом. // Инновации в науке: сборник статей по материалам XLIV международная научно-практическая конференция (Новосибирск, 27 мая 2015 г.). 2015, С.68 – 82.
8. Сироткин, Г.В. Общие (типовые) показатели и критерии оценки качества деятельности и образования вуза // Технические науки – от теории к практике: сборник статей по материалам XXXVII международной научно-практической конференции. (27 августа 2014 г.). 2014, С. 34–44.
9. Сироткин, Г.В. Сценарная модель ядра новой системы управления качеством образования вуза в целом // "Естественные и математические науки в современном мире": сборник статей по материалам XX международной научно-практической конференции. (Новосибирск, 02 июля 2014 г.). 2014, С.6–17.
10. Сироткин, Г.В. Когнитивная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом. // "Технические науки – от теории к практике": сборник статей по материалам XXIX международной научно-практической конференции (25 декабря 2013 г.). 2013, С.53–68.
11. Сироткин, Г.В. Системный анализ факторов качества образования в вузе // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 2 (22). С. 109–118.
12. Сироткин, Г.В. Сценарная модель новой системы управления качеством образования вуза в целом // "Естественные и математические науки в современном мире": сборник статей по материалам XXVII международной научно-практической конференции. (04 февраля 2015 г.). 2015, С.63–73.
13. Фещенко, А.В Веб-сайт университета в современном информационно-коммуникационном пространстве [Электронный ресурс]: URL: <http://ido.tsu.ru/files/pub2010/Feshenko.pdf> (дата обращения 10.04.2015).
14. Шершакова, Т.Л. Рейтинговая оценка вузов: российский подход [Электронный ресурс]: URL: <http://expert-nica.ru/library/sbornik2012/III%20part/Shershakova.pdf> (дата обращения 10.04.2015).

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ВУЗ-а

### THE METHOD FOR ESTIMATING RELATIVE MAGNITUDE THE EDUCATION QUALITY OF THE UNIVERSITY

G. Sirotkin

#### Annotation

This article first presents a method of calculating magnitude of the quality of education of the University based on the mathematical numbers and proportions, allowing to define for a certain time the deviation of many quantitative and qualitative indicators by one number.

**Keywords:** method; calculation magnitude, education; university.

*Сироткин Григорий Вячеславович*  
Аспирант,  
Астраханский государственный  
технический университет

#### Аннотация

В данной статье впервые представлена методика расчета величины качества образования вуза на основе математических пропорций чисел и процентов, позволяющая определить на определенное время величину отклонения множества количественных и качественных показателей одним числом.

#### Ключевые слова:

Метод; расчет величины, образование; университет.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время деятельность высших учебных заведений характеризуется определенным набором показателей. Анализ отклонений является основным инструментом оценки деятельности вузов. Отклонение – это разность между фактическими и базовыми величинами показателей. Соответственно, необходим объективный и независимый метод сравнения всех показателей.

Существующие сегодня методы сравнения характеризуются внутренним единством и базируются на общих принципах квалиметрии. Они ориентированы на анализ либо числовых показателей, либо показателей, оцениваемых в нечисловой форме (знаках "+" или "-"). Тем самым обоснована целесообразность разработки математических моделей, допускающих совместную обработку как числовых, так и нечисловых данных.

Важнейшим вопросом квалиметрии является объективное установление уровня качества. Согласно ГОСТ 15.467–79 – уровнем качества продукции называется относительная характеристика его качества, основанная на сравнении совокупности показателей качества продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей [1]. Согласно ГОСТ 2.116 – 84 – базовым называется образец продукции, соответствующий передовым научно-техническим достижениям в установленном периоде как в нашей стране, так и в других промышленно

развитых странах [2].

Уровень качества продукции характеризуются совокупностью единичных и (или) комплексных показателей.

*Сравнив их с базовыми показателями или с нормированными значениями, в зависимости от цели оценки можно сделать выводы:*

- ◆ качество оцениваемой продукции выше или ниже, или на уровне базового образца;
- ◆ качество продукции соответствует или не соответствует установленным требованиям (нормам).

Для оценки уровня качества продукции применяют дифференциальный, комплексный или смешанный методы [3]. Разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделий, является интегральный показатель качества продукции [4].

Проведенным анализом методов расчета уровня качества установлено, что при определении отклонений, для определения комплексного показателя качества, методики используют среднеарифметические и средние величины [5]. Также используют и квалиметрические шкалы [3]. Однако, несмотря на наличие множества методик, работы по развитию методологии независимой и объективной оценки качества на сегодня являются востребованными и актуальными.



**Цель работы** – предложить методику расчета уровня качества образования вуза на основе математических пропорций чисел и процентов.

Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Описать математическую модель методики расчета уровня качества образования вуза.
2. Апробировать методику математическим способом путем вычислений.

Данная статья является продолжением работы [6]. Методической основой исследований являются методы системного анализа, математического моделирования и методология Анализа Среды Функционирования (АСФ).

Основой для разработки метода является таблица блока данных модели системы интегральной оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вуза [6]. Для наглядности в **табл. 1** показана часть таблицы блока данных, которая является основой системы и источником данных для расчетов.

Таблица 1.

Таблица блока данных.

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
<b>Блок 1 . ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательной программы</i>						
1	Стандарты	А	0,7			
1.1	<i>Международный стандарты</i>			+-	+	+
1.2	<i>Европейский стандарты</i>			+-	+	-
2	Правовые требования	А	1			
2.1						
3	Образовательная программа	Д	1			
3.1						
4	Качества образовательной программы	Д	1			
4.1						
5	Профессорско-преподавательский состав	И	1			
5.1	<i>Доля молодых специалистов в общем составе</i>			%	20	15
6	Специалисты	И	0,3			
6.1	<i>Доля молодых специалистов в общем составе</i>			%	10	5
6.2						
7	Международная деятельность	М	0,7			
7.1						
8	Научная деятельность	Н	0,7			
8.1	<i>Доля работ по качеству обр.программ в общем количестве работ</i>			%	10	7
9	Партнерская деятельность	С	0,7			
9.1						
9.2						
<b>Блок 2 . ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательного процесса</i>						

Исходными данными для математического моделирования будут величины фактических и базовых, количественных (в числах) и качественных (в знаках "+" или "-"), одиночных и групповых показателей факторов. Веса факторов, как по каждому фактору, так и их сумме. Конечный результат – уровень качества образования должен быть выражен одним числом.

Математическая модель  
методики расчета уровня  
качества образования ВУЗ-а

Разработанная методика расчета уровня качества образования вуза включает в себя следующие основные этапы:

1. Вычисление разницы количественных величин показателей.
2. Вычисление разницы количественных и качественных величин показателей в процентном выражении к базовому показателю.
3. Вычисление доли отклонения веса фактора при одном и группе показателей.
4. Вычисление общей доли отклонения веса влияния по всем факторам.
5. Вычисление общего отклонения всех величин показателей.
6. Вычисление уровня качества образования вуза.

Для использования методики на практике, процесс обработки информации, нами был формализован путем разработки её математической модели.

Процесс решения задачи основан на пропорциях чисел и процентов, а именно:

- ◆ нахождение числа по его процентам, по формуле (1):

$$a = 100\% * b : x\% \quad (1);$$

- ◆ нахождение процентов от числа, по формуле (2):

$$b = x\% * a : 100\% \quad (2).$$

**Пропорция** в переводе с латинского языка (proportio) означает соотношение, выравнивание частей, то есть равенство двух отношений (например:  $a/b=c/d$ ), соразмерность частей между собой и с целым.

**Пропорциональные величины** – величины, зависящие друг от друга таким образом, что с увеличением одной из них в несколько раз, соответственно во столько же раз увеличивается другая величина. В противном случае пропорции нарушаются [7].

Согласно методологии Анализа Среды Функционирования (АСФ), граница системы оценки, определенная со-

вокупностью параметров показателей системы, принимается за 100 % качества, и дальнейшие рассуждения построены на анализе отклонений фактических величин показателей от базовых [8].

Так, зная величины базовых и фактических количественных (в цифрах) и качественных (в знаках "+" или "-") показателей, можно вычислить величину отклонения показателя по формуле:

$$V_i = P_{бi} - P_{фi}, \quad (1)$$

где  $V_i$  – величина отклонения показателя,  $P_{бi}$  – базовый показатель,  $P_{фi}$  – фактический показатель,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , где  $n$  – номер показателя (фактора).

Если  $P_{бi}$  принять за 100%, а  $V_i$  за  $x$ , то можно вычислить отклонение величины показателя в процентном выражении по формуле:

$$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, \quad (2)$$

где  $V_{oi}$  – отклонение величины показателя в процентном выражении.

Каждый фактор имеет свою силу веса в системе. Определено, что базовая величина показателя (сумма базовых величин показателей) равна силе веса фактора (сумме весов факторов), в пределах которых величины показателей снижают требуемое состояние системы (качество). Отсюда, зная величину отклонения базового (базовых) показателя (показателей), можно определить долю отклонения веса фактора. Если величину веса фактора ( $g_i$ ) принять за 100%, а  $x$  за  $V_{oi}$ , то доля отклонения веса фактора  $F_i$  можно вычислить по формуле:

$$F_i = g_i * V_{oi} : 100, \quad (3)$$

где  $F_i$  – доля отклонения веса фактора,  $g_i$  – величина веса фактора.

А поскольку показатели оцениваются и в качественных единицах измерения, то по этим элементам величину долю отклонений предлагается определять исходя из результатов действий вуза: "+" произвел требуемые действия, "-" не произвел требуемые действия. Например, обновил образовательную программу (+) либо не обновил (-). Отсюда,

$$V_{oi} "+" = 0\% \quad (4),$$

$$V_{oi} "-" = 100\% \quad (5).$$

Если, один фактор имеет несколько показателей, то долю отклонения веса фактора группы показателей фактора ( $F_{грi}$ ) можно вычислить по следующей формуле:

$$F_{грi} = g_{грi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), \quad (6)$$

где  $g_{грi}$  – величина веса фактора при группе показателей

Если отклонение произошло по нескольким факторам, то общую долю отклонения факторов можно вычислить по формуле:

$$O_{общ} = F_1 (F_{гр1}) + F_2 (F_{гр2}) + F_n (F_{грn}), \quad (7)$$

где  $O_{общ}$  – общая доля отклонения веса всех величин факторов.

Зная, отклонение веса по фактору, группе факторов и общую силу веса системы, можно вычислить величину отклонения всех величин показателей (системы) в процентном выражении. Если общий вес факторов ( $g_{общ}$ ) принять за 100 %, а  $F_i (F_{грi})$  принять за  $x$ , то величину отклонения всех величин показателей можно вычислить по формуле:

$$Q = O_{общ} * 100 : g_{общ}, \quad (8)$$

где  $Q$  – величина отклонения всех величин показателей (уровень качества).

Таким образом, мы вычислили отклонение качества образования вуза в целом. Зная  $Q$ , мы можем вычислить величину качества образования вуза в целом ( $V_k$ ), по формуле:

$$V_k = 100\% - Q, \quad (9)$$

где  $V_k$  – величина качества образования вуза в целом.

Таким образом, нами создана математическая модель методики расчета величины качества образования, состоящая из 9 формул и определенного ими порядка вычислений.

#### Апробация методики путем вычислений

До проведения расчета величины качества образования вуза ( $V_k$ ), для обеспечения равных условий для всех вузов, необходимо сформировать систему факторов путем уточнения, изменения, добавления и удаления текущих факторов. Затем по **табл. 2** определить силу влияния каждого фактора в весах и отдельно их сумму. Сформировать систему показателей.

Таким образом, система будет готова к работе и созданы равные условия для всех ВУЗ-ов.

Таблица 2.

Шкала для формализации силы влияния факторов в системе.

Элемент шкалы	Интерпретация в терминах силы влияния
0	Влияние отсутствует
0,1	Минимально возможное (практически отсутствует)
0,3	Слабое
0,5	Среднее
0,7	Существенное
0,9	Сильное
1	Максимально возможное
0,2, 0,4, 0,6, 0,8	Промежуточные уровни

Проведем апробацию методики математическим способом путем вычислений. За основу возьмет 5 единичных показателей отдельных факторов и группу из 5 показателей одного фактора. Наименования вузов и величин показателей произвольные.

#### Вариант 1.

Рассчитаем уровень качества образования Западного государственного технического университета (ЗГТУ). Величины показателей имеют разные параметры отклонения.

Вычислив доли отклонения от весов факторов показателей, по формуле 3 и 6, определяем общее отклонение веса факторов по формуле 7.

$$O_{общ} = F_1 (F_{гр1}) + F_2 (F_{гр2}) + F_n (F_{грn}), \quad (7)$$

$$O_{общ} = 0,28 + 0,04545 + 0,08 + 0 + 1 + 0,4899999 = 1,8954499 \text{ веса}$$

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов ( $g_{общ} = 4,3$  веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{общ} * 100 : g_{общ}, \quad (8)$$

$$Q = 1,8954499 * 100 : 4,3 = 44,08023 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$V_k = 100\% - Q, \quad (9)$$

$$V_k = 100\% - 44,08023 \% = 55,91977 \%$$

Таблица 3.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 6 = 4	40 %	0,7	0,28
руб	220-200 = 20	9,09 %	0,5	0,04545
ед.	5 - 3 = 2	40%	0,2	0,08
+-	+	0%	0,9	0
+-	-	100%	1	1
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, (3)$

Таблица 4.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 2 = 13	86,666666 %	1	0,4899999
руб	300-200 = 100	33,333333 %		
ед.	20 - 15 = 5	25 %		
+-	+	0 %		
+-	-	100%		
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$ $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$	$V_{oi} "+" = 0 \% (4),$ $V_{oi} "-" = 100 \% (5).$	4,3 веса	$F_{rpi} = g_{rpi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), (6)$

Таблица 5.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 10 = 0	0 %	0,7	0
руб	220-220 = 0	0 %	0,5	0
ед.	5 - 5 = 0	0 %	0,2	0
+-	+	0 %	0,9	0
+-	+	0 %	1	0
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, (3)$

Таблица 6.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 15 = 0	0%	1	0
руб	300-300 = 0	0%		
ед.	20 - 20 = 0	0%		
+-	+	0%		
+-	+	0%		
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$ $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$	$V_{oi} "+" = 0 \% (4),$ $V_{oi} "-" = 100 \% (5).$	4,3 веса	$F_{rpi} = g_{rpi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), (6)$

Таблица 7.

Расчет по единичным показателям факторов.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	10 - 0 = 10	100%	0,7	0,7
руб	220-0 = 220	100%	0,5	0,5
ед.	5 - 0 = 5	100%	0,2	0,2
+-	-	100%	0,9	0,9
+-	-	100%	1	1
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$	$V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$		$F_i = g_i * V_{oi} : 100, (3)$

Таблица 8.

Расчет по группе показателей фактора.

Ед. изм.	Доля отклонения от базового показателя в единицах	Доля отклонения от базового показателя в %	Вес ед. фактора	Доля отклонения от веса фактора показателя
%	15 - 0 = 15	100%	1	1
руб	300- 0 = 300	100%		
ед.	20 - 0 = 20	100%		
+-	-	100%		
+-	-	100%		
	$V_i = P_{бi} - P_{фi}, (1)$ $V_{oi} = V_i * 100 : P_{бi}, (2)$	$V_{oi} "+" = 0 \% (4),$ $V_{oi} "-" = 100 \% (5)$	4,3 веса	$F_{гpi} = g_{гpi} * (V_{o1} + V_{o2} + V_{on}) : (100 * n), (6)$

**Вариант 2.**

Рассчитаем уровень качества образования Звездного свободного университета (ЗСУ). Все величины показателей имеют нулевое отклонение

Вычислив доли отклонения от весов факторов показателей, по формуле 3 и 6, определяем общее отклонение веса факторов.

$$O_{общ} = F_1 (F_{гp1}) + F_2 (F_{гp2}) + F_n (F_{гn}), (7)$$

$$O_{общ} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \text{ веса}$$

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов ( $g_{общ} = 4,3$  веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{общ} * 100 : g_{общ}, (8)$$

$$Q = 0 * 100 : 4,3 = 0 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$B_k = 100\% - Q, (9)$$

$$B_k = 100\% - 0\% = 100\%$$

**Вариант 3.**

Рассчитаем уровень качества образования Восточного педагогического института (ВПИ). Все величины показателей имеют 100 % отклонение.

Вычислив доли отклонения от весов факторов показателей, по формуле 3 и 6, определяем общее отклонение веса факторов.

$$O_{общ} = F_1 (F_{гp1}) + F_2 (F_{гp2}) + F_n (F_{гn}), (7)$$

$$O_{общ} = 0,7 + 0,5 + 0,2 + 0,9 + 1 + 1 = 4,3 \text{ веса}$$

Вычислив общее отклонение веса факторов, зная сумму весов факторов ( $g_{общ} = 4,3$  веса), вычислим отклонение всех величин показателей системы.

$$Q = O_{общ} * 100 : g_{общ}, (8)$$

$$Q = 4,3 * 100 : 4,3 = 100 \%$$

Вычислив общее отклонение всех величин показателей, рассчитаем величину качества образования вуза в целом по формуле 9.

$$B_k = 100\% - Q, \quad (9)$$

$$B_k = 100\% - 100\% = 0\%$$

Таким образом, математическим путем доказано, что предлагаемая математическая модель и методика позволяют вычислять величину качества образования одним числом. Погрешность расчета методики составляет 0 %, поскольку результат вычислений изменяется в границах от 0 до 100 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод новый, представлен впервые. Он прост, понятен, востребован, практически реализуем и может быть использован любой организацией.

На практике показано и доказано математическим способом путем вычислений готовность системы к использованию при 10 показателях, что не предел. Ограничения, связанные с человеческими возможностями, устраняются путем автоматизации методики.

Метод позволит более объективно и достоверно проводить расчет величины качества, т.к. погрешность расчета величины качества составляет 0%, а объективность и достоверность расчета величины качества могут быть легко проверены любым заинтересованным лицом путем повторения вычислительной процедуры.

Преимущества метода в том, что из процесса расчета исключается человек, что подтверждает её объективность и независимость. При этом, эффективность расчета величины качества образования, при большом количестве показателей, достигается за счет автоматизации его процесса. Однако расчеты можно производить вручную, но в этом случае количество показателей ограничено человеческими возможностями.

Использование метода позволит значительно увеличить объем обрабатываемой информации при оценке качества образования, деятельности и рейтинга вузов, а также сократит время для оценки результатов, принятия по ним решений и расходов на эти цели.

## Предложены:

- ◆ новый подход к интеграции отдельных показателей деятельности вуза на основе нечетко – когнитивного моделирования деятельности вуза в целом,
- ◆ новый метод расчета уровня качества образования вуза на основе математических пропорций чисел и процентов.

В целом, результаты диссертационных исследований, теоретически обобщают и развивают методы расчета величины качества, а также, решают проблему оценки качества образования, эффективности либо неэффективности деятельности и определения рейтингов вузов по одному числу.

*Дальнейшие исследования связаны с разработкой программы методики, экспериментальными исследованиями и их практической реализацией.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.
2. ГОСТ 2.116 – 84 Межгосударственный стандарт. Карта технического уровня и качества продукции. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 15 с.
3. Квалиметрические шкалы [Электронный ресурс]: URL: <http://lektsiopedia.org/lek-17165.html> (дата обращения 03.07.2015).
4. Электронный учебник. Методы оценки уровня качества продукции [Электронный ресурс]: URL: [http://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?index=12&tutindex=18](http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=12&tutindex=18) (дата обращения 03.07.2015).
5. Способы расчета абсолютных, относительных, средних величин [Электронный ресурс]: URL: <http://lektsiopedia.org/lek-17165.html> (дата обращения 03.07.2015).
6. Сироткин Г.В. Модель системы интегральной оценки качества образования и эффективности деятельности вуза. // Инновации в науке: сборник статей по материалам XLIV международная научно-практическая конференция (Новосибирск, 24 июня 2015 г.). 2015, С.38 – 60.
7. Пропорции и пропорционирование [Электронный ресурс]: URL: [http://studopedia.net/4\\_4227\\_proportsii-i-proportsionirovanie.html](http://studopedia.net/4_4227_proportsii-i-proportsionirovanie.html) (дата обращения 03.07.2015). [The proportions and proportioning (2015, July 27). NoSQLdatabases]
8. Гаффорова Е. Б., Карловский А. В. О подходах к оценке эффективности деятельности вузов // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. – 2009. – Т. 9. – Вып. 3. – С. 81–87.

# ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ОБЪЕКТОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

## PROBLEMS OF QUALITY CONTROL OF BUILDING STRUCTURES IN THE EXAMINATION OF GAS DISTRIBUTION AND GAS FACILITIES

*J. Shtefan  
I. Dokuchaev  
M. Poltavskiy*

### Annotation

Describes typical problems encountered during the examination of industrial safety of constructions works, recommendations are offered to increase the reliability of the results of buildings.

**Keywords:** expertise, industrial safety, building structures, non-destructive testing, NDT methods.

**Штефан Юрий Витальевич**

*К.т.н., доцент каф. ПРАДМ*

*Московского автомобильно-дорожного  
государственного технического университета*

**Докучаев Игорь Александрович**

*Директор ООО ФИРМА "РТМ",*

*эксперт высшей квалификации*

**Полтавский Максим Игоревич**

*Эксперт, ООО ФИРМА "РТМ"*

### Аннотация

Описаны типичные проблемы, встречающиеся при проведении экспертизы промышленной безопасности строительных конструкций сооружений, предложены рекомендации увеличения достоверности результатов обследования зданий и сооружений.

### Ключевые слова:

Описаны типичные проблемы, встречающиеся при проведении экспертизы промышленной безопасности строительных конструкций сооружений, предложены рекомендации увеличения достоверности результатов обследования зданий и сооружений.

При обследованиях строительных конструкций на опасных производственных объектах часто возникают значительные трудности в доступе к закрытым участкам конструкций, особенно в фундаментах. При этом, как правило, невозможно обследование всех без исключения несущих конструкций да и точность методов контроля прочности бетонов все еще невелика.

На такие затруднения указывают и исследователи [1]. Такое положение не позволяет однозначно оценить несущую способность указанных конструкций. По нашему мнению, следует выполнить требование авторов об изменении терминов и определений в нормативном документе [2]. Это особенно актуально в связи с необходимостью найти консенсус между принимающими международный регламент странами членами ЕВРАЗЭС [3].

В условиях ужесточающихся требований к экспертам, введением уголовной ответственности эксперта за недостоверные сведения, отраженные в заключении экспертизы промышленной безопасности, на первый план должны выйти вопросы получения достоверных сведений об объекте в процессе экспертизы. Невозможность систематических обследований несущих конструкций приводит к получению лишь приблизительных результатов оценки состояния несущих конструкций, особенно после длительной эксплуатации опасных производственных объектов (котельных, дымовых труб, газораспределительных объектов и т.д.). Поэтому, на наш взгляд, следует государству усилить финансирование научных разработок в области неразрушающего контроля прочности строительных конструкций, с целью обеспечения более точных данных по результатам неразрушающего контроля прочности.

Заказчику необходимо вменить в обязанность активнее предоставлять эксперту возможность максимального доступа ко всем несущим конструкциям, включая колонны, откапывание фундаментных конструкций и т.п. Тем более, что сейчас заставить заказчика за свой счет вскрывать свои же строительные конструкции весьма не просто со стороны эксперта. В то же время, с появлением конкурсного отбора на основе тендера или запроса котировок выигрывают в них экспертные организации, предложившие наименьшую цену, а значит держать штат копателей фундаментов им не по силам. Поэтому откапывание

вание следует также вменить в обязанность заказчику, как и предусматривает справочник базовых цен ОАО "Сибпроектстальконструкция" [16], по которому обычно и определяют начальную стоимость работ по тендеру. Однако об этом заказчик почему-то забывает быстро и считает, раз экспертная организация взялась выполнить работы за данную сумму, то в нее включены все работы, включая геологию грунта, геодезическую съемку объекта, обмерочные работы и вскрытие конструкций и отрывку шурфов. Но на самом деле в нормативном документе, по которому рассчитывают стоимость работ, все четко прописано, за какие работы рассчитана стоимость работ. А когда в ходе торгов цена упала раза в полтора – два, а то и больше, то, конечно, ни о каком вскрытии конструкций, откопке фундаментов и прочих не лишних для эксперта сведениях можно забыть и рассчитывать только на знания и опыт работы эксперта. А меж тем, строительная наука знает множество случаев, когда скрытые дефекты, не видные не вооруженным глазом, приводят к разрушениям и даже обрушениям. Например волосяные трещины в приопорных зонах плит перекрытия, особенно мелкоштучных типа ПРТ или аналогичных.

Кроме того, необходимо совершенствовать методики и соответственно нормативную базу для разработки новых методик контроля качества бетона новыми неразрушающими методами. Как показали многочисленные межлабораторные сравнительные эксперименты, проведенные в начале двухтысячных годов, в соответствии с международными стандартами ИСО [4–6], точность и сходимость методов неразрушающего контроля по которым судят о компетентности испытательной лабораторий, крайне не велика.

А значит немаловажную роль при контроле прочности строительных конструкций играет уровень профессиональной квалификации, или как сейчас говорят, компетенции эксперта.

С нашей точки зрения, следует шире использовать менеджмент контроля качества экспертизы с привлечением ряда испытательных лабораторий с целью получения достоверных результатов, как было показано исследователями в работах [7–8].

Профессиональный стандарт на профессию эксперта в России еще не разработан, не говоря уже о курсах повышения квалификации, дополнительного профессионального образования на экспертизу промышленной безопасности. При всем при этом без повышения уровня профессиональных компетенций эксперта невозможно говорить о стабильном повышении объективности и качества измерений прочностных и других показателей

строительных конструкций, а значит и уровня ответственности за достоверность получаемой в ходе обследования информации.

Теперь более подробно о нормативной базе процедуры измерения фактического состояния строительных конструкций. Безусловно самый точный метод определения прочности бетонной конструкции, это отбор образцов непосредственно из самой конструкции по ГОСТ 28570–90 [9]. При этом на конструкции выбираются участки, предположительно с наименьшей прочностью, где и выбурируется керн, который затем распиливают на образцы, и испытывают на сжатие в лаборатории. Класс бетона определяют по результатам испытаний трёх кернов.

#### *Недостатки этого метода очевидны:*

- ◆ трудоемкость проведения работ (большие габариты установки) для отбора образцов из конструкций;
- ◆ локальное разрушение конструкции, находящейся в эксплуатации под нагрузкой
- ◆ концентрация внутренних напряжений, в местах выбурирования кернов, что может повлечь появление трещин;
- ◆ не всегда возможно определить среднюю прочность конструкции, так как значения прочности верхних и нижних слоев керна имеют большую разницу, иногда более чем в два раза.

ГОСТы на контроль прочности строительных конструкций [10–15] предусматривают несколько способов неразрушающего контроля прочности бетонов: это контроль ультразвуковыми приборами [14], методами замеров упорного отскока [15] или старые, проверенные временем, молотки Кашкарова, Физделя. Используя последнее в прошлом эксперты сталкивались с такими недостатками, как трудоемкость процесса замеров диаметра отпечатков и необъективность. Молоток Шмидта, пришедший на смену этим молоткам или склерометр ОМШ–1 имеет свою шкалу измерений, по которой потом человек осуществляет перевод в мегапаскали, но диаметр в этом случае уже не меряют

Однако результаты измерений на склерометре ОМШ требует от исполнителя дополнительных навыков и умений.

#### *Недостатки ультразвуковых приборов же следующие:*

1. На результат измерений влияют: состав бетона, крупность заполнителя, влажность, инородные включения, насыщенность конструкции стальной арматурой или



фиброй.

2. Нельзя использовать его для контроля высокопрочных бетонов (классов более В 45), поскольку надежность метода при этом значительно падает.

Широко распространены сегодня электронные измерители прочности бетона, измеряют прочность они методом упругого отскока, ничего вручную пересчитывать на них не нужно, казалось бы, все просто. Но и эти приборы также не лишены недостатков. При определении прочности бетона большое влияние на результаты замеров оказывает шероховатость поверхности конструкции, которую требуется шлифовать. Кроме того, определяют они прочность только поверхностных слоёв бетона, прочность нижележащих слоёв не учитывается.

Добавляет заводской, тоже не малой погрешности еще и то, что производят и калибруют их зачастую на Урале, а используют их потом в средней полосе, где свойства сырьевых материалов для производства бетона совсем другие, не говоря уже о технологиях, оборудовании, добавках для бетонов.

Как показали масштабные эксперименты [12], говорить о сходимости этих неразрушающих методов, реализованных разными людьми и приборами между собой не приходится. Разброс значений настолько велик, что не позволит определить не только класс бетона по прочности, а даже попасть пределы плюс минус одной марки невозможно. В связи с этим встает резонный вопрос, что же считать за истинное значение прочности? Среднее арифметическое здесь перестает работать, поскольку оно очень сильно зависит от объема выборки. ГОСТ в ответ на этот вопрос требует установки калибровочных зависимостей для таких приборов, применяя уже более точные методы испытаний, такие как скол ребра, отрыв со скалыванием или вырыв анкера.

Однако, с точки зрения экспертизы промышленной безопасности, а значит и заказчика, и эксперта, это уже нельзя назвать неразрушающими методами. Ситуацию усложняет еще и отсутствие конструкторской и проектной документации на здания и сооружения, построенные в советский период и, как правило, имеющие достаточный запас ресурса. В этом случае создавать заведомо известные места концентрации напряжений в ответственных строительных конструкциях, применяя методы отрыва со скалыванием или использовать аналогичные приборы вообще не целесообразно. Для находящихся в эксплуатации много лет назад построенных конструкций главная задача у эксплуатирующей организации – это не навредить и сохранить здание или конструкцию, обеспе-

чив, разумеется, безопасную эксплуатацию. В итоге эксперты вынуждены рассчитывать только на неразрушающие приборы и свой собственный опыт, а это значит, что объективности добиться, не нарушая требований ГОСТ по калибровке электронного прибора на конкретной строительной конструкции, не получится добиться объективной информации о степени износа и несущей способности опасного производственного объекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Основные выводы можно сформулировать следующим образом:*

1. Применение той или иной методики и приборов для определения прочности бетона не может быть универсальным для всех опасных производственных объектов.

2. Вне зависимости от выбранной методики неразрушающего контроля, следует учитывать, что приборы контроля имеют достаточно высокую погрешность, поэтому требуется не только иметь калиброванное и поверенное на заводе-изготовителе оборудование, строить градуировочные зависимости на бетонах местного производства, но и производить контрольную проверку вторым методом с применением разрушающего контроля.

3. Необходимо проведение исследований, направленных на разработку рекомендаций по применению различных методов неразрушающего контроля прочности бетонов, учитывающих не только характеристики материала конструкции и технологию их возведения, но и отнесенность существующих методик и погрешность приборов.

Таким образом, из высказанных положений следует, что, **во-первых**, требуются изменения нормативных документов, регламентирующих как правила обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений, особенно для опасных производственных объектов, так и методов неразрушающего контроля строительных конструкций.

**Во-вторых**, требуется разработка новых более точных методов и приборов неразрушающего контроля прочности несущих строительных конструкций, не зависящих от испытателя.

**В-третьих**, следует организовать курсы повышения квалификации экспертов за счет бюджетных средств, так как частные предприятия требуют от экспертов завышенных цен за обучение.

**В-четвертых**, следует внедрить в практику обследований менеджмент качества экспертизы с привлечением нескольких испытательных лабораторий для получения сравнимых результатов.

**И в-пятых**, разработать профессиональный стандарт на профессию эксперта во всероссийском масштабе, где должны быть четко регламентированы права и обязанности как эксперта, так и заказчика.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кухта, А.В. Парадоксы нормативно-правовой базы мониторинга технического состояния зданий и сооружений. /А.В. Кухта, Н.П. Четверик. //Строительные материалы, оборудование и технологии, № 7, 2012.– С.48–49.
2. ГОСТ Р 53778–2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, приказ № 37–ст от 25.03.2010г.
3. Технический регламент ЕврАзЭС. О безопасности зданий и сооружений строительных материалов и изделий (ТР 301/00 ЕврАзЭС).
4. ГОСТ Р ИСО 5725–2002 "Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений".
5. ISO/IEC 17043:2010 Оценка соответствия. Общие требования к проверке квалификации лабораторий
6. ISO/IEC Guide 43–1:1997 Проверка компетентности путем межлабораторных сравнений.
7. Васильев Ю.Э. Регулярные межлабораторные испытания / Ю.Э. Васильев, В.Л. Шляфер, П.В. Козик, С.А. Маринич, С.А. Матвеевич // Журнал Наука и техника в дорожной отрасли. 2006. № 2 (37). С. 6–7.
8. Васильев Ю.Э. Автоматизация и управление результатами межлабораторных сравнительных испытаний прочности цементобетона // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 10 (77). С. 65–72.
9. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций: ГОСТ 28570–90 / Госстрой СССР. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 13 с.
10. "Бетоны. Правила контроля и оценки прочности": ГОСТ 18105–2010 / Госстрой России. – М.: Стандартинформ, 2010. –13 с.
11. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–2012 / Госстрой России. – М.: Стандартинформ, 2013. –31с.
12. Берестевич М.Л./ Неразрушающий контроль прочности бетона в мостостроении/ [Текст] Берестевич М. Л., Осадковский А.Л. //Мир дорог .–2014. –№9. – с.22...27.
13. Испытание бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264–2012 Госстандарт Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 20 с.
14. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности: ГОСТ 17624–2012/ Госстрой России. – М.: Стандартинформ, 2012. –16с.
15. Бетоны. "Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля": ГОСТ 22690–88 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
16. "Справочник базовых цен на проектные работы по обследованию, оценке, технического состояния, усилению, испытанию строительных конструкций зданий, сооружений, грузоподъемных кранов (подъемников) и экспертизе промышленной безопасности опасных производственных объектов (СБЦ по–2008). Издание 3–е, переработанное и дополненное". Новокузнецк, 2008 г.

© Ю.В. Штефан, И.А. Докучаев, М.И. Полтавский, ( rtmgas@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

# ОБЕЗБОЛИВАНИЕ ЗУБОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

## ANESTHESIA MANDIBULAR TEETH TAKING INTO ACCOUNT INDIVIDUAL FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE MAXILLOFACIAL REGION

V. Arkhipov  
A. Arkhipov  
V.Y. Arkhipov

### Annotation

In the study of 502 patients CT scan revealed the individual features of the structure of the mandible in 24 patients (4.8%). Lack of pain relief was observed in 68 patients (13.5%), which caused the need for additional analgesia. The innervation teeth and mucosa alveolar bone nerves are involved, penetrating into the lower jaw from the oral cavity. Most often it manifests itself in the field of cutting tools, the first of the third molars. Recommendations to improve the efficiency of anesthesia.

**Keywords:** dental anesthesia, the effectiveness of anesthesia, innervation jaws tomography.

**Архипов Вячеслав Дмитриевич**

Д.мед.н., профессор,  
зав. каф. стоматологии

ГБОУ ИПО Самарского государственного  
медицинского университета МЗ РФ

**Архипов Алексей Вячеславович**

Д.мед.н., доцент каф. стоматологии

ГБОУ ИПО Самарского государственного  
медицинского университета МЗ РФ

**Архипов Вячеслав Яковлевич**

Ординатор каф. стоматологии

ГБОУ ИПО Самарского государственного  
медицинского университета МЗ РФ

### Аннотация

При изучении компьютерных томограмм 502 пациентов выявлены индивидуальные особенности строения нижней челюсти у 24 пациентов (4,8 %). Недостаточность обезболивания наблюдалась у 68 пациентов (13,5%), что вызывало необходимость проведения дополнительного обезболивания. В иннервации зубов и слизистой оболочки альвеолярного отростка принимают участие нервы, проникающие в нижнюю челюсть со стороны полости рта. Наиболее часто это проявляется в области резцов, первого третьего моляров. Даны рекомендации по повышению эффективности обезболивания.

### Ключевые слова:

Обезболивание зубов, эффективность анестезии, иннервация челюстей, томография.

У современного человека заметно упала выносливость к боли, зато резко возросла требовательность к комфорту, связанному с лечением, удалением зубов, протезированием. Большинство стоматологических вмешательств осуществляется под местной анестезией, эффективность проведения которой зависит от ряда факторов: выбора местного анестетика и вазоконстриктора, выбора методики проводникового и инфльтрационного обезболивания, наличия воспаления тканей и, наконец, от правильной техники проведения местной анестезии [1, 3].

Кроме того эффективность обезболивания зубов определяется наличием индивидуальных особенностей строения челюстно-лицевой области [7].

Вариации в ветвлении нижнего альвеолярного нерва

и его топографического взаимоотношения с соседними анатомическими образованиями – частая причина неэффективности проведенного обезболивания зубов при проведении стоматологического лечения [2, 6, 9]. Язычные питательные отверстия содержат нервы, участвующие в иннервации зубов нижней челюсти и кровеносные сосуды [8, 10]. Это главная причина неэффективности мандибулярной анестезии которая составляет от 29% до 13% [9].

### Материал и методы

На кафедре стоматологии ИПО СамГМУ у 502 пациентов с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) в трехмерном режиме изучены индивидуальные особенности строения нижней челюсти. У этих пациентов также изучена эффективность обезболи-

вания при проведении стоматологических манипуляций.

Для определения эффективности проводимого обезболивания использовали шкалу, предложенную С.Т. Соховым и соавт. (2006).

Эффективность проводимого обезболивания определяли на основании жалоб больного, исследований чувствительности зубов и слизистой оболочки полости рта, по совокупности которых оценивали уровень обезболивания в баллах.

1. балл – полностью безболезненное вмешательство;
2. балла – незначительная болезненность, которая не препятствует проведению вмешательства без дополнительного обезболивания;
3. балла – выраженная болезненность, при которой не удается завершить вмешательство без дополнительного обезболивания.

Оценку эффективности проводимого обезболивания определяли при проведении стоматологических манипуляций (удаление зубов, лечение пульпитов, периодонтитов и пародонтита). При выраженной болевой реакции пациента (3, а иногда 2 балла по шкале) проводили дополнительное обезболивание.

#### Результаты и обсуждение

Индивидуальные особенности строения челюстей и вариабельность расположения ветвей тройничного нерва частая причина неэффективности проведенного обезболивания зубов при проведении стоматологического лечения. При изучении 502 томограмм индивидуальные особенности выявлены у 24 пациентов (4,8 %). Нижний альвеолярный нерв до входа в нижнечелюстное отверстие у 4 пациентов (0,8%) делится на 2–3 части, которые входят в ветвь через отдельные отверстия. При этом в области тела челюсти определяется 2–3 нижнечелюстных канала. Один из каналов был магистральным, другой – меньшего диаметра.

У 3 пациентов (0,6%) обнаружены два ментальных отверстия расположенных на уровне премоляров, у одного выявлены два отверстия: на уровне премоляров и резцов.

Перед входом в нижнечелюстное отверстие у 6 пациентов (1,2 %) нижний альвеолярный нерв отдавал несколько ветвей, которые на уровне ретромолярной области внедрялись в нижнюю челюсть и участвовали в иннервации зубов и слизистой оболочки альвеолярного отростка. Они также могут анастомозировать с прилегающими нервами: щечным, ушно-височным нервами.

На внутренней поверхности тела нижней челюсти у 11 пациентов (2,2%) определяются отверстия, которые имеют непостоянную топографию, вариабельны и через них прорываются челюстно-подъязычный и язычный нерв. Наиболее часто они располагаются в области подбородка и на уровне второго моляра.

Недостаточность обезболивания наблюдалась у 68 пациентов (13,5%), что вызывало необходимость проведения дополнительного обезболивания.

Традиционная методика проведения обезболивания заключается в проведении инфильтрационной анестезии при удалении резцов, мандибулярной – при удалении клыка, первого премоляра и зуба мудрости, торусальной – при удалении второго премоляра, первого и второго моляра. Применение анестетиков группы артикаина расширяет показания к использованию инфильтрационной анестезии. Она проводится при проведении манипуляций на уровне всех зубов за исключением больших коренных зубов нижней челюсти.

Анализируя индивидуальные особенности строения тройничного нерва и результаты определения эффективности проводимого обезболивания, нами разработаны рекомендации по проведению дополнительного обезболивания при его неэффективности.

Двусторонняя мандибулярная анестезия не приводит к анестезии центрального и латерального резцов, так как в иннервации зубов могут принимать участие ветви челюстно-подъязычного и язычного нервов, входящие в передний отдел нижнего зубного сплетения через отверстия на язычной поверхности подбородочного отдела нижней челюсти (Cowan N., 2006). Кроме того ввиду наличия анастомозов с передним отделом нижнего зубного сплетения противоположной стороны полного обезболивания не наступает и приходится дополнительно выполнять инфильтрационную анестезию на уровне резцов противоположной стороны (третья инъекция).

При лечении резцов достаточно проведения инфильтрационной анестезии в области преддверья полости рта. При неэффективности выполнить обезболивание по рекомендациям для удаления резцов (три инъекции).

Таким образом, инфильтрационная анестезия в подбородочном отделе нижней челюсти имеет большую клиническую эффективность по сравнению с подбородочной и мандибулярной анестезиями, что свидетельствует о наличии перекрестной иннервации резцов нижней челюсти [5].

При удалении клыка и первого премоляра целесообразно применение мандибулярной анестезии или ментальной анестезии с обезболиванием язычного нерва. При лечении этих зубов применяется мандибулярная

анестезия (обезболивать язычный нерв не нужно) или ментальная анестезия.

При удалении второго премоляра, первого и второго моляра целесообразно применение мандибулярной анестезии вместе с обезболиванием щечного нерва или тотальная анестезия. При лечении этих зубов применяется мандибулярная анестезия (обезболивать язычный нерв не нужно).

Часто при проведении мандибулярной анестезии не возникает обезболивания медиального корня первого моляра, что объясняется иннервацией его челюстно-подъязычным нервом, который входит в челюсть со стороны полости рта на уровне второго моляра. Для обезболивания нерва дополнительно выполняют инфильтрационную анестезию на уровне второго моляра со стороны полости рта.

При обезболивании третьих моляров нижней челюсти с целью проведения операции удаления зуба наиболее эффективна комбинация проводниковой мандибулярной анестезии, инфильтрационной анестезии с вестибулярной стороны или инфильтрационной анестезии ретромолярного треугольника. При лечении этого зуба применяется мандибулярная анестезия (обезболивать язычный нерв не нужно).

При неэффективности инфильтрационной анестезии осуществляют проводниковую анестезию, если доста-

точного обезболивания не возникает, последовательно выполняют интралигаментарную, интрасептальную, а затем внутрикостную анестезию.

## ВЫВОДЫ

В иннервации зубов и слизистой оболочки альвеолярного отростка принимают участие нервы, проникающие в нижнюю челюсть со стороны полости рта. Наиболее часто это проявляется в области резцов и первого моляра. В ретромолярной области нижней челюсти имеются отверстия, через них в кость внедряются дополнительные веточки нижнеальвеолярного нерва, которые при проведении мандибулярной анестезии не обезболиваются.

При неэффективности проведенного обезболивания необходимо блокировать нервы, вступающие в челюсть со стороны язычной поверхности тела нижней челюсти. Выявить их можно только при тщательном изучении томограмм, что не всегда возможно в условиях стоматологической поликлиники. В этой ситуации необходимо выполнить инфильтрационную анестезию со стороны полости рта на уровне дистально расположенного зуба, это особенно актуально при манипуляциях в области первого нижнего моляра и резцов нижней челюсти. При неэффективности инфильтрационной анестезии осуществляют проводниковую анестезию, если достаточного обезболивания не возникает, последовательно выполняют интралигаментарную, интрасептальную, а затем внутрикостную анестезию.

## ЛИТЕРАТУРА

- Архипов В.Д., Архипов А.В., Марченко Я.В., Марук С.И. Местное обезболивание в стоматологии у лиц пожилого и старческого возраста. // Медицинские и социальные вопросы в геронтологии: Сб. статей и тезисов докладов III Международного семинара по вопросам пожилых "Самарские лекции". – Самара: Самарский Дом печати, 1998. – с. 116 – 117.
- Кузин А. В. 2014 Повышение эффективности местных методов обезболивания зубов нижней челюсти с учетом анатомической variability их иннервации. // Автореф диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук Москва 2014.
- Рабинович С.А., Цыбулькин А.Г., Васильев Ю.Л. Особенности конечного отрезка нижнего альвеолярного нерва и его канала в области подбородка. // Институт стоматологии. – 2010. – №2. – С. 70–71.
- Сохов С.Т., Анисимова Е.Н., Рабинович С.А. Клиническая оценка эффективности инъекционного обезболивания в стоматологии. // Ж. практической и теоретической биологии и медицины 2006. – т. 5. – №1. – С. 174–175.
- Meehan J.G., Ledvinka J.I. Pulpal anesthesia for mandibular central incisor teeth: A comparison of infiltration and intraligamentary injections. // Int Endod J 2002; 35: 629–634.
- McDonnell D., Nouri M.R., Todd M. The mandibular lingual foramen: a consistent arterial foramen in the middle of the mandible. J Anat 1994; 184: 369–71.
- Tagaya A., Matsuda Y., Nakajima K., Seki K., Okano T. Assessment of the blood supply to the lingual surface of the mandible for reduction of bleeding during implant surgery. Clin Oral Implants Res 2009; 20(4): 351– 355.
- Rosano G., Taschieri S., Testori T., del Fabbro M., Gaudy J.F. Vascular anatomy of the mandibular symphysis and possible complications in oral surgery. Schweiz Monatsschr Zahnmed 2008; 118: 1156–61.
- Stein P., Brueckner J., Milliner M. Sensory innervation of mandibular teeth by the nerve to the mylohyoid: implications in local anesthesia. Clin Anat 2007; 20(6): 591–595
- Tagaya A., Matsuda Y., Nakajima K., Seki K., Okano T. Assessment of the blood supply to the lingual surface of the mandible for reduction of bleeding during implant surgery. Clin Oral Implants Res 2009; 20(4): 351– 355

# ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ НА ФОНЕ НЕГОРМОНАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ КЛИМАКТЕРИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

## THE THYROID STATUS OF WOMEN WITH METABOLIC SYNDROME DURING NON-HORMONAL TREATMENT OF CLIMACTERIC DISORDERS

*R. Berihanova  
I. Minenko*

### Annotation

The aim of the research is to determine the effects of non-hormonal correction of climacteric disorders in female patients with metabolic syndrome on the level of thyroid hormones and the marker of autoimmune disease of the thyroid gland. The research includes 330 women with metabolic syndrome aged 45–50. The levels of the thyroid-stimulating hormone, free thyroxine in the blood serum, and the concentration of antibodies against thyroid peroxidase were repeatedly assessed. The most effective to preserve the levels of the parameters mentioned above showed to be the complex approach, based on the combined use of non-drug treatment methods and vitamin-mineral treatment, as compared to the use of only non-drug treatment methods or only vitamin-mineral treatment.

**Keywords:** climacteric syndrome, metabolic syndrome, thyroid gland, nonmedicamental methods.

*Бериханова Румиса Рамзановна  
К.м.н., врач акушер-гинеколог,  
ФБУ Центральная клиническая больница  
Гражданской авиации, г. Москва  
Миненко Инесса Анатольевна  
Д.мед.н., профессор,  
ГБОУ ВПО "Первый Московский  
государственный мед. университет  
им. И.М. Сеченова"*

### Аннотация

Цель работы: определить влияние негормональной коррекции климактерических расстройств у пациенток с метаболическим синдромом на уровне тиреоидных гормонов и маркер аутоиммунного поражения щитовидной железы. Обследовано 330 женщин 45–50 лет с метаболическим синдромом: проводилась оценка в динамике уровней тиреотропного гормона, свободного тироксина в сыворотке крови, концентрации антител к тиреоидной пероксидазе. Наиболее выраженное позитивное влияние на сохранность указанных показателей оказал комплексный подход, основанный на сочетанном применении нелекарственных методов и витаминно-минерального средства в сравнении с использованием только комбинации нелекарственных методов или только витаминно-минерального средства.

### Ключевые слова:

Климактерический синдром, метаболический синдром, щитовидная железа, нелекарственные методы.

## ВВЕДЕНИЕ

Период климактерия у женщин сопряжен с формированием сочетанной патологии [1]. В частности, увеличивается частота метаболического синдрома (МС), фундаментом которого является инсулинорезистентность. Основные компоненты грозного симптомокомплекса: артериальная гипертония, абдоминальное ожирение, дислиппротеинемия, нарушение толерантности к глюкозе. МС ассоциирован с высоким риском кардио-васкулярных заболеваний, в том числе, с фатальным исходом [2, 3, 4].

Кроме того, в период угасания функции яичников возрастает и частота патологии щитовидной железы, спектр влияния которой чрезвычайно широк: координация всех видов обмена веществ, масса тела, статус сердечно-со-

судистой системы, система гемостаза [5]. Тожественность патогенетических звеньев аномального климакса, МС и тиреоидопатии предопределяет наличие эффекта их взаимного отягощения. В авангарде терапии возрастных расстройств стоит менопаузальная гормональная терапия (МГТ) системного и локального действия. Однако ряд ограничений, которые особенно часто встречаются у пациенток МС, лишают врача возможности ее применять: наличие противопоказаний, негативное отношение женщины к МГТ, одновременный прием большого количества препаратов при сочетанной патологии. В таких случаях требуется изыскать эффективные нелекарственные методы лечения климактерических нарушений.

Цель работы: оценить влияние комплексной нелекарственной коррекции климактерических расстройств у па-

циенток с МС на тиреоидный статус.

Материалы и методы

В рандомизированное исследование на основании информированного добровольного согласия включено 330 женщин. Основную группу составили 110 женщин, применявших сочетание нелекарственных методов (диетотерапия, психотерапия, физиолечение, лечебная физкультура) и пероральный прием витаминно-минерального комплекса. Первая контрольная группа – 110 женщин, использовавших только нелекарственные методы. Вторая группа контроля – 110 женщин, принимающих только витаминно-минеральное средство, содержащее йод в форме калия йодида в количестве 225 мкг. Критерии включения: женщины 45–50 лет с дебютом климактерических нарушений, не имеющие исходно дисфункций щитовидной железы, страдающие метаболическим синдромом, установленным согласно критериям Международной Федерации Диабета (2005). Критерии исключения: наличие у женщины в анамнезе операций на ЩЖ, диагностированного гипотиреоза или гипертиреоза; применение менопаузальной гормонотерапии; наличие психических нарушений; острой кардио-васкулярной патологии; острая стадия воспалительных заболеваний; злокачественных и не верифицированных новообразований; тяжелой органной недостаточности. Средний возраст пациенток 47,2±3,2 лет. Группы были идентичны по возрасту, социальному и образовательному уровням, региону проживания.

На автоматическом иммуноферментном анализаторе "NexGen" ("ADALTIS", Италия) в сыворотке крови с использованием набора реактивов "Алкор Био" (Россия) определялись уровни ТТГ (тиреотропного гормона), Т4св (свободного тироксина), концентрация антител к тиреоидной пероксидазе (АТ-ТПО). Референсные интервалы: ТТГ – 0,2 – 3,4 мМЕ/л; Т4 – 10 – 23,2 пмоль/л; АТ-ТПО – 0 – 30 МЕ/мл.

Для статистической обработки результатов исследования использовался стандартный пакет программ

Microsoft Office 2010 (Microsoft Excel) и "STATISTICA® for Windows 6.0". Количественные показатели представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $m$  – его стандартное отклонение. Т-критерий Стьюдента применялся для оценки достоверности различий между группами. Рассчитывался коэффициент корреляции ( $r$ ). За статистически значимое принималось значение  $p < 0,05$ .

Результаты исследования и их обсуждение

На старте исследования у пациенток всех групп отсутствовали нарушения функции ЩЖ. По истечению шестимесячного курса лечения в основной группе сохранилось состояние эутиреоза у 99 (90,0%) пациенток, а у 11 (10,0%) был диагностирован гипотиреоз. Первая группа контроля через шесть месяцев продемонстрировала наибольшее увеличение частоты гипотиреоза – у 59 (53,6%) пациенток, у 3 (2,7%) обследуемых зафиксирован тиреотоксикоз. Только у 48 (43,6%) женщин этой группы функция щитовидной железы была неизменно нормальной. Во второй группе сравнения по прошествии шести месяцев терапии гипотиреоз отмечен у 23 (20,9%) пациенток, а у 87 (79,1%) оставалось эутиреоидное состояние.

Исходно во всех группах средние значения Т4св, ТТГ находились в пределах референсных интервалов. Через шесть месяцев терапии данные показатели в основной группе оставались на уровне нормальных значений. Динамика Т4св, ТТГ в группах контроля продемонстрировала стремление к гипофункции ЩЖ, что наиболее выражено было в первой группе сравнения. Закономерно изменялись уровни АТ-ТПО: незначительный рост в основной группе, тогда как в контрольных группах зафиксировано значимое увеличение маркера аутоиммунного поражения ЩЖ, причем во второй группе контроля более чем в два раза по сравнению с исходным. Результаты гормонального и иммунологического исследования обследованных представлены в **табл. 1**.

Таблица 1.

Таблица 1. Результаты гормонального и иммунологического исследования пациенток основной и контрольных групп.

Показатели	Основная группа, $M \pm m$ , n=110		Первая контрольная группа, $M \pm m$ , n=110		Вторая контрольная группа, $M \pm m$ , n=110	
	До лечения	Через 6 месяцев	До лечения	Через 6 месяцев	До лечения	Через 6 месяцев
ТТГ мкМЕ/л	2,66±1,02	2,82±1,24	2,73±1,15	11,33±3,8	2,89±1,62	3,46±2,04
Т4св, пмоль/л	12,57±2,91	11,46±2,92	12,87±2,76	8,57±2,92	12,68±2,29	10,57±2,92
АТ-ТПО, МЕ/мл.	157,31±31,16	168,39±36,62	166,78±32,76	367,49±31,62	161,54±34,96	189,39±36,64

\*  $p < 0,05$  при сравнении между показателями до лечения и после шести месяцев лечения.

Полученные нами данные не противоречат данным литературы. Так, в работе Дерябиной Е.Г. (2010) показано, что распространенность и частота манифестаций тиреопатий у женщин в йододефицитном регионе в первые пять лет постменопаузального периода значительно возрастают, обоснована целесообразность йодной профилактики у женщин после 45 лет [6]. Результаты исследования Лукиной Е.В. (2012), Поркшеян К.А. (2013) продемонстрировали более высокую встречаемость патологии ЩЖ у больных с МС в сравнении с группой обследованных, не страдающих МС [7, 8].

Почти повсеместный природный недостаток йода в России создает базу для развития тиреоидных расстройств. Кроме того, исходные васкулярные, обменные нарушения при МС усугубляются на фоне нарастающего эстрогенодефицита, прогрессивно нарушаются перфузия, процессы гормонообразования в ЩЖ, что позволяет говорить о корреляции инволюции яичников с развитием морфофункциональной патологии ЩЖ [9, 10].

Проведенная нами оценка в динамике уровней ТТГ, Т4св, концентрации АТ-ТПО продемонстрировала максимальную сохранность эутиреоидного состояния при применении комплексной негормональной коррекции климактерических расстройств у пациенток с МС против применения по отдельности немедикаментозных воздействий или витаминно-минерального средства.

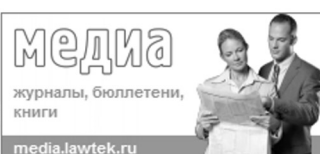
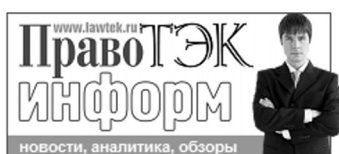
## ВЫВОДЫ

Своевременная комплексная негормональная коррекция климактерических расстройств у пациенток с МС, включающая применение комбинации нелекарственных методов (диетотерапия, психотерапия, физиолечение, лечебная физкультура) и витаминно-минерального средства, наиболее эффективна для профилактики тиреопатий в сравнении с использованием только указанной совокупности нелекарственных методов или только витаминно-минерального средства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Красникова Н. В., Шеметова Г. Н. Соматическая патология у женщин в различные декады климактерического периода // БМИК . 2013. №3. С.537–539.
2. Инсулинорезистентность и эндотелиальная дисфункция при метаболическом синдроме/ Куршаков А.А., Сайфутдинов Р.Г., Анчикова Л.И., Валеева И.Х., Никишова Т.В.// Казанский мед.ж. 2011. №2. С. 173–176,
3. Котенко К.В., Слонимский Б.Ю. Динамика липидного и метаболического дисбаланса на фоне комплексных программ реабилитации при метаболическом синдроме // Саратовский научно-медицинский журнал. 2013. Т. 9. № 4. С. 912–917
4. Киселев А.С. История биотехнологий и прогноз развития высокотехнологичной медицинской помощи с учетом долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года (обзор)//Сеченовский вестник. № 3(13) .2013. С.41–48.
5. Руюткина Л.А., Руюткин Д.С. Интегральный сердечно-сосудистый риск: метаболический синдром и дисфункция щитовидной железы // Сибирское медицинское обозрение . 2010. №4. С.11–16.,
6. Дерябина Е.Г. Тиреоидная патология у женщин после естественной и хирургической менопаузы в йододефицитном регионе: Автореферат. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2010, 40с.
7. Лукина Е.В. Особенности функционального состояния щитовидной железы у больных с метаболическим синдромом: Автореферат. дис. ... канд. мед. Наук. Санкт-Петербург, 2012,
8. Поркшеян К.А. Выявляемость поражений щитовидной железы у больных метаболическим синдромом и сахарным диабетом 2 типа по данным ультразвукового исследования. // Журн. "Кардиоваскулярная терапия и профилактика". 2011. №4. Прил.1. С. 22–23.
9. Соловьева А.В., Дубинина И.И. Особенности развития метаболического синдрома у женщин. // Сахарный диабет . 2012. №1. С.57–62.
10. Особенности функционального состояния коры надпочечников и щитовидной железы при метаболическом синдроме / Мадянов И.В., Кичигин В.А., Маркова Т.Н., Семакина С.М., Башкова И.Б.// Ожирение и метаболизм. 2011 №3. С.46–50.

© Р.Р. Бериханова, И.А. Миненко, ( gumiska07@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,





# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА

THE ESTIMATION  
OF IMMUNOSTIMULATED AGENTS  
APPLICATION EFFICIENCY  
IN THE COMPLEX TREATMENT  
OF CHRONIC GENERALIZED  
PARODONTITIS

*I. Butyugin  
I. Dolgushin*

#### Annotation

Prospective, simple "blind", randomized investigation of clinical immunological efficiency of topical tactivin, betaleikin and bestim in 99 patients with chronic generalized parodontitis (CGP) was carried out. Additional topical immunostimulator application considerably increased the efficiency of complex treatment in patients with CGP. It was reflected in parodontic patient status improving, immunoglobulin level, pro- and anti-inflammatory cytokines in the oral fluid. Betaleikin revealed the greatest efficiency surely diminishing the concentration of circulating immune complexes and proinflammatory IL-1? in peripheric blood. Whatsmore, betaleikin, exceeds tactivin and bestim in "expenses/efficiency" ratio.

**Keywords:** chronic generalized parodontitis, immunostimulators, immunoglobulins, cytokines.

*Бутюгин Иван Александрович*

*К.мед.н., зав. каф. терапевтической и детской стоматологии, ГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации*

*Долгушин Илья Ильич*

*Д.мед.н., профессор, ректор, зав. каф. микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации*

#### Аннотация

Проведено проспективное, простое "слепое", рандомизированное исследование клинико-иммунологической эффективности местного применения тактивина, беталейкина и бестима у 99 больных хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП). Дополнительное локальное применение иммуномодуляторов значительно повысило эффективность комплексного лечения больных ХГП, что выразалось в улучшении пародонтологического статуса пациентов, нормализации содержания иммуноглобулинов, про- и противовоспалительных цитокинов в ротовой жидкости. Беталейкин проявил наибольшую эффективность, достоверно снижая концентрацию циркулирующих иммунных комплексов и провоспалительного ИЛ-1? в периферической крови. При этом, по показателям соотношения "затраты/эффективность" беталейкин превосходит тактивин и бестим.

#### Ключевые слова:

Хронический генерализованный пародонтит, иммуномодуляторы, иммуноглобулины, цитокины.

В последние годы, благодаря развитию клинической иммунологии и фармакологии предложено множество иммуностимулирующих препаратов, которые с успехом применяются в различных областях медицины, в том числе и в стоматологии [1, 7, 10].

В клинической практике наиболее распространены пептидные и цитокиновые препараты. Предлагаемые в последнее время препараты для иммунотерапии воспалительных заболеваний пародонта, такие как беталейкин, ронколейкин, циклоферон показали хорошую эффективность, достоверно улучшали иммунологические показате-

тели [2, 6, 13].

Широкий спектр биологической активности ИЛ-1 привлек к себе пристальное внимание многих исследователей. Использование его в клинической практике стало возможным благодаря клонированию генов ИЛ-1 и созданию медицинского препарата рекомбинантного ИЛ-1 $\beta$  человека под названием "Беталейкин", выпускаемый в СПб ГНЦ ГОСНИИ особо чистых биопрепаратов, получившего разрешение Минздрава РФ для клинического применения (регистрационный номер 97/51/6).

Системное введение ИЛ-1 оправданно в тех случаях, когда нужно обеспечить действие препарат в нескольких органах для более эффективной активации либо иммунитета, либо клеток-мишеней, расположенных в разных частях организма, как при стимуляции костно-мозгового кроветворения. В последнее время появилось достаточное количество публикаций, в которых авторы пишут о позитивном опыте локальной иммунокоррекции данным препаратом. Данный способ имеет целый ряд преимуществ: позволяет достигать высокой локальной концентрации действующего начала, целенаправленно воздействовать на инфекционный очаг и избежать системных нежелательных эффектов. Его с успехом местно применяли при лечении хронического гнойного риносинусита [3], в комплексной терапии гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области [8], хронического генерализованного пародонтита (ХГП) [12].

"Бестим" является синтетическим пептидным иммуномодулятором и представляет собой  $\gamma$ -D-глутамил-L-триптофан, полученный методом химического синтеза и очищенный до гомогенности с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Препарат разработан в НИИОЧБ (г. Санкт-Петербург) группой ученых под руководством профессора А.С. Симбирцева и является безопасным, эффективным и современным отечественным иммуномодулятором. Структура препарата запатентована (Патент РФ №2091389).

Препарат показал высокую клинко-иммунологическую эффективность при лечении больных с хроническим гнойным риносинуситом, посттравматическим увеитом и одонтогенными флегмонами лица и шеи [9, 14].

Сведения о применении препарата "Бестим" при лечении больных с пародонтитом, имеющиеся в доступной нам литературе, отсутствуют.

#### Цель исследования

Сравнительное изучение клинко-иммунологической эффективности местного применения иммуномодуляторов – тактивина, беталейкина и бестима – при лечении хронического генерализованного пародонтита.

#### Материалы и методы

Нами проведено проспективное, простое "слепое", рандомизированное исследование клинко-иммунологической эффективности местного применения растворов тактивина, беталейкина и бестима у больных ХГП. Для исследования было отобрано 99 больных в возрасте от 18 до 59 лет с ХГП (65 женщин и 34 мужчины), обратившихся за пародонтологической помощью в стоматологическую поликлинику Клиники ГБОУ ВПО ЮУГМУ

Минздрава России, поликлинику Управления ФСКН России по Челябинской области за период 2009–2012 гг. Организация работы основывалась на положениях Хельсинской декларации – от всех больных было получено информированное согласие на участие в исследовании. Критериями исключения являлось наличие быстро прогрессирующего пародонтита, ГБ, ИБС, нефрологических заболеваний с хронической почечной недостаточностью III–IV стадии, нарушений церебрального кровообращения, острого воспалительного процесса не стоматологической локализации, сахарного диабета, алкоголизма, онкологических и психических заболеваний.

При постановке диагноза использовали классификацию болезней пародонта, принятую на XVI Пленуме Всесоюзного научного общества стоматологов в 1983 году и одобренную на Президиуме секции пародонтологии Российской академии стоматологии в 2001 году. С целью уточнения диагноза у всех больных проводили рентгенологическое обследование, которое включало анализ ортопантомограмм и прицельных рентгеновских снимков. Перед началом лечения и через 24 часа после его завершения проводилась клинко-квантифицированная оценка пародонтологического статуса. Уровень гигиены полости рта изучали с помощью упрощенного индекса OHI-S (Green, Vermillion, 1969). В качестве интегрального показателя потребности в лечении болезней пародонта рассчитывали индекс CPINT, предложенный ВОЗ (1978). Выраженность воспаления десны определяли с помощью обратимого индекса РМА, модифицированного С. Parma (1960). Тяжесть деструктивных процессов в пародонте оценивали с помощью пародонтального индекса PI (A. Russel, 1956). Степень кровоточивости десны определяли с помощью папиллярного индекса кровоточивости PBI по U.P. Saxer и M.R. Muhlemann (1975) [4]. Для интегральной оценки функционального состояния слюнных желез проводили общую сиалометрию [11].

Иммунологическое исследование заключалось в определении в периферической крови общего количества лейкоцитов и лимфоцитов, содержание субпопуляций лимфоцитов (CD3+, CD4+, CD8+, CD16+, CD20+, CD56+, CD95+) оценивали по методике С.В. Сибиряк с соавт. (1997).

Подсчитывали соотношение CD4+/CD8+. Концентрацию иммуноглобулинов классов А, М, G в сыворотке крови оценивали по методике Mancini G. et al. (1965) в модификации А.А. Тихомирова (1977). Исследование уровня концентрации комплемента (СН-50, С1, С3, С5) проводили методом молекулярного титрования (Красильников А.П., 1984). Концентрацию ЦИК в сыворотке крови определяли по методу В. Гашковой с соавт. (1978). Для функциональной активности нейтрофилов определяли фагоцитарную активность на модели поглощения частиц латекса (Фрейдлин И.С. и др., 1976), лизосомальную

активность (Фрейдлин И.С. с соавт., 1986), кислородзависимый метаболизм фагоцитов с помощью спонтанного и индуцированного НСТ-тестов (Маянский А.Н., Виксман М.Е., 1979).

Содержание иммуноглобулинов определяли в нестимулированной смешанной слюне, сбор которой проводили в течение 10 мин через 1 час после еды с предварительным полосканием полости рта водой, уровень иммуноглобулинов определяли методом ИФА (тест-системы "ИФА-БЕСТ-СТРИП", ЗАО "Вектор-Бест", РФ), концентрацию выражали в мг/л (sIgA) и мг/мл (IgA, IgM, IgG). Для определения цитокинов в ротовой жидкости (ИЛ-1 $\beta$ , ИНФ- $\gamma$ , ИЛ-4) были использованы соответствующие тест-системы для иммуноферментного анализа, произведенные ООО "Цитокин" (Санкт-Петербург). Определение концентрации цитокинов проводили строго по инструкциям, которые прилагались к каждой тест-системе. На спектрофотометре "Multiscan" определяли оптическую плотность всех проб, результаты концентрации цитокинов получали в пг/мл.

Непосредственно перед началом лечения ХГП больные, включенные в исследование, были распределены на 3 равновеликие группы (по 33 человека) с помощью процедуры "динамической рандомизации".

Все больные, включенные в исследование, получали одинаковый по объему и характеру комплекс базисных лечебных мероприятий, включающий индивидуальную (с использованием зубной пасты и ополаскивателя "Пародонтаск") и профессиональную гигиену полости рта (удаление зубных отложений ультразвуковым методом, аппаратом "Пьезон мастер", полировка зубов пастой "Детартрин"), промывание пародонтальных карманов 0,05% раствором хлоргексидина биглюконата. Перед лечением пародонтита проводилась санация полости рта: лечение зубов по поводу кариеса и его осложнений, удаление разрушенных зубов, замена некачественных пломб, неполноценных коронок и мостовидных протезов, избирательное шлифование по показаниям. Всем пациентам был рекомендован прием витаминных препаратов (таблетки аскорутин по 0,1 г 3 раза в день во время еды, курсом 1 месяц).

Пациентам 1-ой группы помимо базисного лечения ежедневно в межзубные промежутки с помощью шприца с тупой иглой вводили 0,01% раствор тактивина в количестве 1 мл, с последующим наложением защитной повязки "Septopack" (фирма "Septodont") на 2 часа. Пациенту было рекомендовано воздержаться от приема пищи и полоскания в течение этого времени. Больным 2-ой и 3-ей групп аналогичным образом назначали растворы беталейкина и бестима (соответственно). Растворы беталейкина и бестима готовили непосредственно перед использованием путем растворения содержимого 1 ампулы

в 1 мл физиологического раствора. Длительность дополнительного местного лечения зависела от степени тяжести ХГП: при легкой степени курс лечения составлял 5 дней, при средней степени – 7 дней и при тяжелой степени – 10 дней.

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ SPSS (версия 12). Данные обработаны методами дескриптивной статистики и представлены в виде средней арифметической и её стандартной ошибки ( $M \pm m$ ). Для оценки исходной сопоставимости сформированных групп применяли критерий множественных сравнений Краскелла-Уоллиса. Анализ динамики изучаемых показателей в каждой группе проводили с помощью парного критерия Вилкоксона предназначенного для суждения о значимости различий в связанных выборках. О достоверности межгрупповых различий на заключительном этапе исследования судили по U-критерию Манна-Уитни. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

Сформированные группы были сопоставимы по возрасту, полу, степени тяжести хронического пародонтита, пародонтальным индексам и другим клиническим показателям стоматологического статуса (табл. 1).

У пациентов всех групп после проведенного лечения объективно отмечались улучшение гигиенического состояния полости рта, уплотнение десневого края, снижение кровоточивости десен, уменьшение глубины пародонтальных карманов, уменьшение подвижности зубов. Это подтверждалось достоверным уменьшением индексов ОНІ-S, РМА, РВІ и РІ ( $p < 0,05$ ) (табл. 2).

При этом в группах "беталейкин" и "бестим" было зарегистрировано более выраженное снижение индексов ОНІ-S, РМА и РВІ в сравнении с группой "тактивин" ( $p < 0,05$ ).

Показатель сиалометрии статистически значимо был увеличен только в группе "тактивин" ( $p < 0,05$ ). Лекарственные средства беталейкин и бестим не влияли на уровень сиалометрии.

Влияние местного применения иммуномодуляторов на уровень иммуноглобулинов в смешанной слюне приведены в табл. 3.

Все исследуемые лекарственные средства достоверно повышали уровень sIgA и IgA в смешанной слюне. Одновременно с этим локальное применение тактивина, беталейкина и бестима сопровождалось статистически значимым снижением концентрации IgM. А в группах "беталейкин" и "бестим" было выявлено достоверное

уменьшение уровня IgG ( $p < 0,05$ ). При этом межгрупповых различий результатов лечения нами не выявлено. Это указывает на то, что тактивин, беталейкин и бестим проявляют одинаковую эффективность в отношении мукосального иммунитета полости рта.

Локальное применение иммунокорректирующих препаратов повлияло на уровень про- и противовоспалительных

цитоклинов в ротовой жидкости.

В группе "тактивин" отмечалась тенденция к снижению уровня провоспалительного цитокина ИЛ-1 $\beta$  и достоверное уменьшение концентрации ИНФ- $\gamma$  ( $p < 0,05$ ). На уровень противовоспалительного ИЛ-4 в смешанной слюне тактивин не оказывал влияние (табл. 4).

Таблица 1.

Анализ сопоставимости групп пациентов, включенных в исследование.

Показатель	Группа			Статистическая значимость (p)
	Тактивин n=33	Беталейкин n=33	Бестим n=33	
Возраст, годы	43,45±1,82	41,70±1,72	43,30±1,82	0,758
Пол (мужчины/женщины)	10/23	12/21	11/22	0,874
ХГПЛС/ХГПСС/ ХГПТС	14/11/8	16/12/5	14/12/7	0,727
КПУ, баллы	12,00±0,87	10,85±0,75	11,61±0,82	0,894
ОНIS, баллы	1,73±0,08	1,62±0,11	1,72±0,10	0,687
РМА, %	39,97±2,57	34,67±2,76	37,18±2,55	0,381
PBI, баллы	2,03±0,10	1,87±0,10	1,97±0,13	0,689
PI, баллы	3,07±0,23	2,94±0,20	3,05±0,22	0,389
СРITN, баллы	2,34±0,09	2,25±0,10	2,37±0,10	0,702
Сиалометрия, мл	3,32±0,19	3,65±0,20	3,55±0,20	0,573
Наличие зубочелюстных аномалий (есть/нет)	22/11	19/14	20/13	0,744
Наличие протезов в полости рта (есть/нет)	10/23	8/25	9/24	0,860

\* Примечание: показатели возраста больных, индексов КПУ, ОНIS, СРITN, РМА, PBI, PI и показателей сиалометрии представлены в виде средней арифметической и её стандартной ошибки (M±m); межгрупповые сопоставления проведены с использованием критерия Краскелла-Уоллиса. Все остальные показатели представлены количеством больных, у которых выявлен признак, обозначенный в соответствующей строке таблицы; межгрупповые сопоставления проведены с использованием критерия  $\chi^2$  Пирсона.

Таблица 2.

Влияние местного применения иммуномодуляторов на динамику пародонтологического статуса и показатели сиалометрии больных хроническим генерализованным пародонтитом (M±m).

Исследуемый показатель	Группа					
	Тактивин n=33		Беталейкин n=33		Бестим n=33	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
ОНIS, баллы	1,73±0,08	0,84±0,07*	1,62±0,11	0,44±0,06* $\Delta$	1,72±0,10	0,42±0,05* $\Delta$
РМА, %	39,97±2,57	25,26±1,75*	34,67±2,76	17,12±1,65* $\Delta$	37,18±2,55	19,51±1,52* $\Delta$
PBI, баллы	2,03±0,10	1,08±0,05*	1,87±0,10	0,43±0,05* $\Delta$ $\wedge$	1,97±0,13	0,81±0,08* $\Delta$
PI, баллы	3,07±0,23	2,14±0,18*	2,94±0,20	1,93±0,16*	3,05±0,22	2,14±0,17*
Сиалометрия, мл	3,32±0,19	3,55±0,24*	3,65±0,20	3,58±0,25	3,54±0,20	3,56±0,25

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению с исходными показателями в группе ( $p < 0,05$ ; парный критерий Вилкоксона);  $\Delta$  - достоверные различия с конечными показателями группы тактивин ( $p < 0,05$ ; U - критерий Манна-Уитни);  $\wedge$  - достоверные различия с конечными показателями группы бестим ( $p < 0,05$ ; U - критерий Манна-Уитни).

В свою очередь, в группе "бестим" отмечалось статистически значимое снижение уровня ИНФ- $\gamma$  и увеличение концентрации ИЛ-4 ( $p < 0,05$ ). Местное применение беталейкина при лечении ХГП сопровождалось достоверным уменьшением концентрации противовоспалительных цитокинов (ИЛ-1 $\beta$  и ИНФ- $\gamma$ ) и повышением уровня противовоспалительного цитокина ИЛ-4 в ротовой жидкости ( $p < 0,05$ ).

При межгрупповом сравнении результатов лечения беталейкин оказывал более выраженное действие на содержание цитокинов в смешанной слюне по сравнению с тактивин и бестимом ( $p < 0,05$ ).

Все изучаемые лекарственные препараты (тактивин, беталейкин и бестим) статистически значимо снижали содержание лейкоцитов в периферической крови у больных ХГП ( $p < 0,05$ ), не оказывая влияния при этом, на относительное и абсолютное количество лимфоцитов.

После проведенного лечения в группах "тактивин", "беталейкин" и "бестим" отмечалась тенденция к увеличению относительного содержания в периферической крови таких субпопуляций Т-лимфоцитов, как CD3+ и CD4+, несущественное снижение CD95+ и значения со-

отношения CD4+/CD8+. В свою очередь, уровень В-лимфоцитов (CD20+) имел тенденцию к повышению, но достоверных различий при этом не было.

Изучаемые лекарственные средства иммуномодулирующего действия, не оказывая влияния на относительное и абсолютное количество нейтрофилов в периферической крови, несущественно влияли на их активность. Интенсивность фагоцитоза и фагоцитарное число имели тенденцию к повышению во всех группах.

При оценке цитохимического профиля нейтрофильных гранулоцитов отмечалось несущественное увеличение активности кислородзависимого метаболизма в НСТ-спонтанном тесте и снижение его в НСТ-индуцированном тесте.

В свою очередь, лизосомальная активность нейтрофилов периферической крови у больных ХГП имела тенденцию к повышению в группах "тактивин" и "беталейкин" и статистически значимо была увеличена в группе "бестим" ( $p < 0,05$ ).

При анализе влияния иммуномодуляторов на содержание иммуноглобулинов в периферической крови у больных с ХГП, только беталейкин несущественно умень-

Таблица 3.

Влияние местного применения иммуномодуляторов на уровень иммуноглобулинов в смешанной слюне больных хроническим генерализованным пародонтитом ( $M \pm m$ ).

Исследуемый показатель	Группа					
	Тактивин n=33		Беталейкин n=33		Бестим n=33	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
sIgA, мг/л	205,3 $\pm$ 11,02	274,9 $\pm$ 15,13*	212,7 $\pm$ 12,38	275,8 $\pm$ 12,11*	223,6 $\pm$ 12,81	273,1 $\pm$ 13,87*
IgA, мг/мл	0,480 $\pm$ 0,024	0,532 $\pm$ 0,021*	0,463 $\pm$ 0,025	0,534 $\pm$ 0,022*	0,440 $\pm$ 0,024	0,512 $\pm$ 0,023*
IgM, мг/мл	0,030 $\pm$ 0,002	0,024 $\pm$ 0,002*	0,031 $\pm$ 0,002	0,021 $\pm$ 0,001*	0,029 $\pm$ 0,002	0,023 $\pm$ 0,002*
IgG, мг/мл	0,101 $\pm$ 0,008	0,095 $\pm$ 0,008	0,100 $\pm$ 0,008	0,081 $\pm$ 0,008*	0,099 $\pm$ 0,008	0,083 $\pm$ 0,008*

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению с исходными показателями в группе ( $p < 0,05$ ; парный критерий Вилкоксона).

Таблица 4.

Влияние местного применения иммуномодуляторов на уровень цитокинов в смешанной слюне больных хроническим генерализованным пародонтитом ( $M \pm m$ ).

Исследуемый показатель	Группа					
	Тактивин n=33		Беталейкин n=33		Бестим n=33	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
ИЛ-1 $\beta$	53,79 $\pm$ 3,39	42,60 $\pm$ 2,54	51,35 $\pm$ 3,51	30,21 $\pm$ 1,58* $\Delta$ $\wedge$	51,64 $\pm$ 3,39	37,29 $\pm$ 1,95
ИНФ- $\gamma$	184,7 $\pm$ 9,54	147,9 $\pm$ 7,29*	171,8 $\pm$ 11,21	98,01 $\pm$ 5,26* $\Delta$ $\wedge$	178,5 $\pm$ 11,37	122,9 $\pm$ 7,74*
ИЛ-4	13,91 $\pm$ 1,21	14,13 $\pm$ 0,81	14,08 $\pm$ 1,17	19,03 $\pm$ 1,21* $\Delta$ $\wedge$	12,78 $\pm$ 1,02	15,38 $\pm$ 0,82*

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению с исходными показателями в группе ( $p < 0,05$ ; парный критерий Вилкоксона);  $\Delta$  - достоверные различия с конечными показателями группы тактивин ( $p < 0,05$ ; U -критерий Манна-Уитни);  $\wedge$  - достоверные различия с конечными показателями группы бестим ( $p < 0,05$ ; U -критерий Манна-Уитни).

шал содержание IgG. В свою очередь, в группе "беталейкин" был достоверно снижен уровень ЦИК ( $p < 0,05$ ), тогда как в группах "тактивин" и "бестим" отмечалась лишь тенденция к его понижению.

Общая гемолитическая активность комплимента, а также концентрации основных белков системы комплимента – С1, С3 и С5 в периферической крови у больных ХГП после локального лечения иммуномодуляторами были несущественно увеличены по сравнению с исходными показателями во всех группах.

Анализируя результаты влияния местного применения иммуномодуляторов на уровень цитокинов в периферической крови у больных ХГП, можно констатировать, что только беталейкин достоверно снижал концентрацию провоспалительного цитокина ИЛ-1 $\beta$  ( $p < 0,05$ ). Тактивин и бестим не оказывали влияние на концентрацию интерлейкинов в сыворотке крови (табл. 5).

С целью изучения стоимости единицы эффекта изученных иммунокорректирующих препаратов нами был проведен анализ "затраты/эффективность" 7-дневного курса локального использования тактивина, беталейкина и бестима, необходимого для лечения ХГП средней степени. Этот анализ позволяет дать экономическую оценку целесообразности применения лекарственного средства на основании сопоставления его стоимости и выраженности клинически значимых эффектов. Цель данного анализа заключается в выборе местного медикаментозного вмешательства с наименьшим соотношением цены и эффективности [5].

Для реализации поставленной цели, были просчитаны курсовые дозы иммуномодуляторов для дополнительной местной терапии ХГП средней степени. Для инстилляций в пародонтальные карманы в области обеих челюстей каждому больному требовалось в среднем 1 мл раствора исследуемого медикаментозного препарата. В первое и последующие посещения обрабатывали пародонтальные карманы в области обеих челюстей. Таким образом, курсовая доза для одного пациента с ХГП средней степени составила 7 мл раствора каждого лекарственного средства.

В качестве показателей эффективности, мы использовали изменения пародонтологических индексов РВ1 и Р1 у больных ХГП. Средняя величина эффекта лечения одного пациента рассчитывалась как разница между средними показателями индекса РВ1 и РВ1 в группах с применением изученных медикаментозных препаратов на заключительном этапе исследования. При определении размера прямых затрат на лекарственные средства в денежном выражении использовали розничные цены в рублях на лекарственные средства в аптечной сети от 01.02.2015 г.

В результате фармакоэкономического анализа было установлено, что наилучший показатель "затраты/эффективность" по индексу РВ1 был получен после локального применения тактивина. Величина соответствующего соотношения в группе "тактивин" оказалась в 2,5 раза ниже, чем в группе больных, получавших беталейкин и в 2,1 раза ниже, чем в группе "бестим" (табл. 6).

Преимущество применения тактивина в комплексном лечении ХГП подтверждается также показателем соотношения "затраты/эффективность" по индексу Р1. В группе пациентов, получавших тактивин, показатель оказался в 3,5 раза ниже, чем в группе "беталейкин", и в 2,6 раза ниже, чем в группе "бестим".

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, дополнительное локальное применение иммуномодуляторов значительно повысило эффективность комплексного лечения больных ХГП. Это выразилось в улучшении пародонтологического статуса пациентов и нормализации содержания иммуноглобулинов, про- и противовоспалительных цитокинов в смешанной слюне. Наиболее эффективным при этом оказалось местное применение беталейкина, который достоверно снижал концентрацию ЦИК и провоспалительного ИЛ-1 $\beta$  в периферической крови. При этом, по показателям соотношения "затраты/эффективность" он превосходит тактивин в 2,5–3,5 раза, а бестим в 1,2–1,4 раза.

Таблица 5.

Влияние местного применения иммуномодуляторов на уровень цитокинов в периферической крови больных хроническим генерализованным пародонтитом ( $M \pm m$ ).

Исследуемый показатель	Группа					
	Тактивин n=33		Беталейкин n=33		Бестим n=33	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
ИЛ-1 $\beta$	86,24 $\pm$ 3,06	87,91 $\pm$ 2,19	84,30 $\pm$ 2,86	80,92 $\pm$ 3,15* $\Delta$	85,14 $\pm$ 2,44	86,19 $\pm$ 1,53
ИНФ- $\gamma$	341,6 $\pm$ 15,01	350,6 $\pm$ 11,83	314,3 $\pm$ 15,16	312,4 $\pm$ 13,93	333,1 $\pm$ 16,01	319,1 $\pm$ 12,06
ИЛ-4	30,23 $\pm$ 1,53	30,75 $\pm$ 1,08	28,98 $\pm$ 1,71	29,59 $\pm$ 1,23	30,91 $\pm$ 1,57	31,44 $\pm$ 1,28

Примечание: \* - различия достоверны по сравнению с исходными показателями в группе ( $p < 0,05$ ; парный критерий Вилкоксона);  $\Delta$  - достоверные различия с конечными показателями группы тактивин ( $p < 0,05$ ; U - критерий Манна-Уитни).

Таблица 6.

Анализ показателя "затраты-эффективность" по результатам использования тактивина, беталейкина и бестима, применяемых для местного лечения хронического генерализованного пародонтита.

Показатель	Тактивин 0,01%, ампулы по 1 мл (n=5)	Беталейкин 1 мкг, ампулы по 1 мл (n=5)	Бестим 100 мг, ампулы по 1 мл (n=5)
Цена стандартной упаковки, руб.	950	3646,50	2400
Количество упаковок на курс лечения 1 пациента	1,4	1,4	1,4
Стоимость курса лечения 1 пациента, руб.	1330	5105,10	3360
Динамика индекса РВІ			
Средняя величина эффекта лечения 1 пациента по индексу РВІ (баллы)	0,95	1,44	1,16
Соотношение "затраты - эффективность"	1400	3545,21	2896,55
Динамика индекса РІ			
Средняя величина эффекта лечения 1 пациента по индексу РІ (баллы)	0,93	1,01	0,91
Соотношение "затраты - эффективность"	1430,11	5054,55	3692,31

## ЛИТЕРАТУРА

- Ахмедов, Г.Д. Клиническая эффективность цитокиноотерапии инфекционно-воспалительных осложнений хирургических вмешательств в полости рта / Г.Д. Ахмедов // Стоматология. – 2012. – № 3. – С. 53–55.
- Григорян, С.С. Эффективность линимента циклоферона в комплексной терапии пародонтита и мониторинг цитокинового профиля десневой жидкости больных / С.С. Григорян, Г.М. Барер, Н.В. Постнова // Стоматология. – 2010. – № 5. – С. 17–20.
- Гуломов, З.С. Эффективность беталейкина у больных с гнойными заболеваниями околоносовых пазух / З.С. Гуломов // Вестник Авиценны. – 2010. – № 4. – С. 113–118.
- Дунызина Т.М. Современные методы диагностики заболеваний пародонта: Методическое пособие для врачей и студентов стоматологических факультетов / Т.М. Дунызина, Н.М. Калинина, И.Д. Никифорова. – Изд-во "Санкт-Петербургский институт стоматологии", 2001. – 48 с.
- Клинико-экономический анализ / под ред. П.А. Воробьева. – Москва : Ньюдиамед, 2008. – 778 с.
- Кравченко, Е.В. Ронколейкин в комплексном лечении заболеваний пародонта / Е.В. Кравченко, Д.С. Кравченко // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 7. – С. 355–358.
- Круглякова, Е.П. Цитокиноотерапия в комплексном лечении больных с одонтогенными флегмонами челюстно-лицевой области : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.П. Круглякова. – Москва, 2011. – 26 с.
- Латюшина, Л.С. Клинико-иммунологическая оценка эффективности локальной иммунокоррекции в комплексном лечении гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Л.С. Латюшина. – Челябинск, 2009. – 51 с.
- Марачева, Н.М. Влияние иммуномодулятора бестим на клиническое течение посттравматического увеита при проникающих ранениях глазного яблока / Н.М. Марачева, И.Е. Панова // Вестник Южно-Уральского гос. университета. – 2012. – № 42. – С. 109–113. – (Серия : Образование, здравоохранение, физическая культура).
- Мосеева, М.В. Оценка эффективности использования топических иммуномодуляторов в комплексе лечебно-профилактической помощи пациентам с хроническим генерализованным пародонтитом / М.В. Мосеева, С.Л. Блашкова, П.Ю. Садилова [и др.] // Мед. альманах. – 2010. – № 3. – С. 150–151.
- Питаева, А.Н. Физико-химические методы исследования смешанной слюны в клинической и экспериментальной стоматологии : учебное пособие / А.Н. Питаева, А.П. Коршунова, В.Г. Дистель [и др.]. – Омск : ОмГМА, 2001. – 40 с.
- Сафонова Т.А. Клинико-иммунологическое исследование эффективности применения препарата "Беталейкин" в комплексном лечении пародонтита: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Т.А. Сафонова. – Екатеринбург, 2010. – 22 с.
- Соболева, Л.А. Иммунотропная терапия пародонтита у больных с хроническими вирусными и бактериальными инфекциями / Л.А. Соболева, Р.Р. Сякин, Е.Н. Блишкова [и др.] // Стоматология. – 2010. – № 3. – С. 20–22.
- Шамсидинов, Б.Н. Бестим при лечении хронических гнойных риносинуситов / Б.Н. Шамсидинов, З.С. Гуломов, З.С. Файзоев [и др.] // Научно-практический журнал ТИППМК. – 2013. – № 2. – С. 213–215.

## ОНИХОМИКОЗ И БРОНХИАЛЬНАЯ АСТМА: АНАТОМИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

### ONYCHOMYCOSIS AND BRONCHIAL ASTHMA: ANATOMY OF RELATIONSHIPS

*M. Zhuchkov  
N. Yermoshina  
D. Rakita  
M. Tarasova*

#### Annotation

This article presents a brief review the data and results of our studies of the mutual influence of bronchial asthma and mycotic lesions of the foot have comorbid patients.

**Keywords:** mikogennaya asthma, mikogennaya sensitization, onychomycosis.

**Жучков Михаил Валерьевич**

Зам. гл. врача ГБУ РО "Областной клинический кожно-венерологический диспансер" по организационно – методической и научной работе, член Правления РРО ООО "РОДВК"

**Ермошина Надежда Петровна**

К.мед.н., доцент, зав. каф. дерматовенерологи ГБОУ ВПО "Рязанский государственный медицинский университет им. акад.

И.П. Павлова" Министерства здравоохранения РФ

**Ракита Дмитрий Романович**

Д.мед.н., профессор, гл. врач ГБУ РО "Областной клинический кардиологический диспансер"

**Тарасова М.А.**

К.мед.н., гл. врач ГБУ РО "Областной клинический кожно-венерологический диспансер", ассистент каф. дерматовенерологии ГБОУ ВПО "Рязанский государственный медицинский университет им.акад. И.П.Павлова Министерства здравоохранения РФ", Председатель Рязанского регионального отделения ООО "РОДВК"

#### Аннотация

В данной статье представлены обзорные данные и краткие результаты собственных исследований авторов о взаимном влиянии бронхиальной астмы и микотического поражения стопы у коморбидных пациентов.

#### Ключевые слова:

Микогенная бронхиальная астма, микогенная сенсibilизация, онихомикоз.

**В** настоящее время, бронхиальная астма является одной из наиболее распространенных респираторных патологий нижних дыхательных путей в общей популяции. В соответствии с данными экспертов комитета GINA (Global Initiative for Asthma) сегодня на нашей планете проживает более 300 миллионов пациентов страдающих различными клинико – иммунологическими формами бронхиальной астмы [1]. Экономический ущерб, наносимый бронхиальной астмой ежегодно мировой экономике, исчисляется миллионами, а в развитых странах десятками миллионов долларов. При этом, не смотря на колоссальные затраты на оказание специализированной медицинской помощи данной категории пациентов, как в амбулаторных условиях, так и в условиях стационара, показатель смертности от бронхиальной астмы продолжает неуклонно возрастать [2].

Справедливости ради, стоит отметить, что на террито-

рии Российской Федерации количество проведенных масштабных популяционных исследований по оценке распространенности бронхиальной астмы не велико. Именно поэтому особый интерес представляют данные о распространенности бронхиальной астмы среди взрослого населения, полученные по результатам одного из наиболее корректно спланированного исследования, получившего название "ISSAC" [3]. Популяционная распространенность бронхиальной астмы, по результатам данной научно – исследовательской программы, колеблется в пределах от 5,6 % в Иркутске до 7,3 в Санкт-Петербурге. К сожалению, Российская Федерация, по прежнему продолжает удерживать "лидирующие" позиции по показателю смертности от бронхиальной астмы, уступая по данному эпидемиологическому параметру, только Китаю [4].

Руброфитийный онихомикоз, как медицинская и ме-



дико – социальная проблема, является, как минимум, не менее актуальной, чем бронхиальная астма в современном здравоохранении, так как, в настоящее время, по праву считается самым распространенным грибковым заболеванием в дерматологической практике [5]. Его эпидемиологические особенности на протяжении последних десяти лет явилась предметом пристального и детального изучения в рамках сразу нескольких крупных клинических исследований. Так по результатам, прошедшей первой всероссийской массовой компании по выявлению и лечению онихомикоза "Горячая линия" была продемонстрирована значительная распространенность микотического поражения ногтей среди респондентов принимавших участие в исследовании.

Учитывая такую значительную распространенность как бронхиальной астмы, так и *Trichophyton rubrum* ассоциированного онихомикоза в общей популяции, и особенно среди лиц старше 50 лет, значительно возрастает риск обнаружения обоих этих заболеваний у одного и того же пациента, т.е. формирование у больных своеобразной дермореспираторной коморбидности. При планировании тактики ведения таких больных, как у врачей пульмонологов, так и у врачей дерматовенерологов возникает один весьма принципиальный вопрос: "На сколько клинически значимо сочетание этих заболеваний и стоит ли учитывать наличие этой коморбидности при планировании тактики лечения респираторной и/или дерматологической патологии?". В нашей статье мы попытаемся, ответить на этот, отнюдь не риторический вопрос.

С одной стороны "взаимоотношений" астмы и онихомикоза все достаточно понятно. Бронхиальная астма, как таковая, не является фактором риска микотического поражения стопы, в отличие от системной терапии глюкокортикоидами [6], которую на территории нашей страны получают огромное количество больных с данной респираторной патологией. К счастью, с появлением ингаляционных форм кортикостероидов, агонистов бета-2-адренергических рецепторов длительного действия, антилейкотриеновых препаратов, моноклональных антител к IgE и самое главное внедрение в клиническую практику основных принципов контроля астмы, частота назначения системных глюкокортикоидных гормонов при данном заболевании уменьшается с каждым годом, в том числе и на территории нашей страны. Поэтому вопрос о возможности влияния персистирующей бронхиальной астмы и ее медикаментозной терапии, на течение грибковой инфекции стопы, в настоящее время, не стоит так остро [7].

С другой же стороны этих "взаимоотношений" находится вопрос, заслуживающий сегодня намного большего внимания – возможность влияния микотического процесса на тяжесть течения респираторной патологии.

Бронхиальная астма, является хроническим воспалительным заболеванием преимущественно нижних отделов респираторного тракта. Основу персистирующего в

дыхательных путях воспаления, определяющего практически всю клиническую картину астмы, составляет так называемая бронхиальная гиперреактивность. Последняя в свою очередь, представляет собой особую, как правило, генетическую, предрасположенность бронхов к избыточному сужению в ответ на различные провоцирующие стимулы. Одним из таких стимулов могут быть аллергены патогенных и не патогенных для человека грибов. Пристальное изучение данного вопроса берет свое начало с 1924 года. Тогда основными "виновниками" персистирующего воспаления в дыхательных путях человека считались исключительно микромицеты (*Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp. и др.). Именно они, по мнению большинства исследователей того времени могли формировать микогенную аллергию у пациентов страдающих бронхиальной астмой [8]. Большое количество научных публикаций, с того времени и до сегодняшнего дня, посвящено изучению роли плесневой и дрожжевой сенсбилизации в патогенезе данной респираторной патологии [9]. "Львиная доля" этих научных работ, рассматривала влияние грибковых аэроаллергенов, как в окружающей атмосфере, так и микобиоте помещений, на показатели тяжести течения и контроля симптомов бронхиальной астмы и лишь немногие научные работы были посвящены различным клинико-иммунологическим аспектам взаимоотношений астмы с грибковыми инфекциями слизистых, кожи, ее придатков не дерматофитной этиологии (в том числе *Candida* spp. – ассоциированной патологии кожи и слизистых) [10]. К сожалению, в те годы вопросы влияния аллергенов грибов дерматофитов на тяжесть респираторной патологии у коморбидных больных с дерматофитной инфекцией кожи и бронхиальной астмы, в научной периодической литературе практически не рассматривались.

Исторически первое сообщение о возможном влиянии персистирующей дерматофитной инфекции гладкой кожи и ногтей стоп на состояние больных страдающих сопутствующей бронхиальной астмой было сделано только в 1930 году [11]. В этой научно – исследовательской работе, опубликованной двумя выдающимися американскими дерматологами того времени Марионом Балдуrom Сульцбергером и Фредом Вайсом, был проведен детальный и хорошо спланированный ретроспективный анализ небольшого числа наблюдений пациентов страдающих одновременно респираторной и грибковой патологией. Но различия в тяжести течения респираторного заболевания между подгруппами больных были настолько выраженными, что авторы, даже не смотря на крайнюю ограниченность выборки, выдвинули гипотезу о вероятной определенной роли *Trichophyton* – ассоциированной грибковой аллергии в иммунопатогенезе бронхиальной астмы у пациентов, страдающих сопутствующим микозом стоп. Спустя несколько десятков лет эти данные были неоднократно подтверждены не только с клинической, но и с иммунологической позиции [12].

Не вызывает сомнения в настоящее время, тот факт, что грибы дерматофиты (в частности *Trichophyton* spp.) являются наиболее распространенными возбудителями микоза кожи и ногтей стоп [13]. В связи с этим частота выявления дерматофитийной грибковой аллергии представляется весьма актуальным вопросом. Различные аспекты эпидемиологии такого рода сенсibilизации у пациентов страдающих бронхиальной астмой изучались в исследовании Mari A. et al. [14]. Эта группа итальянских исследователей в своей этой работе провела обследование 4962 пациентов с респираторной аллергией в возрасте от 3 до 80 лет. Более чем у 19 % пациентов в данном исследовании демонстрировали положительные результаты стандартизированных кожных "prick – тестов" с аллергенами хотя бы 1 из 7 используемых в протоколе исследования видов грибов. Стоит отметить, что грибы рода *Trichophyton* вместе с *Candida* spp. и *Alternaria* spp. были тремя наиболее часто выявляемыми "виновниками" грибковой аллергии у больных астмой. Данная работа итальянских исследователей была одной из первых публикаций подтвердившей гипотезу Сульцбергер и Вайса относительно существования дерматофитийной аллергии у пациентов бронхиальной астмой.

Одной из примечательных публикаций по данному вопросу было исследование Mansuoka H. et al., которое продемонстрировало, что у 32,4 % пациентов страдающих тяжелой бронхиальной астмой и не имеющих признаков дерматофитийной инфекции, выявляется сенсibilизация *Trichophyton* – ассоциированная сенсibilизация [15]. В этой научно-исследовательской работе было так же выявлено, что специфические антитела класса IgE к поверхностным антигенам *Trichophyton* spp. статистически достоверно чаще определяются в плазме крови пациентов с тяжелым персистирующим течением бронхиальной астмы (severe asthma), по сравнению с больными имеющими интермиттирующую астму или персистирующую легкую или среднюю степень тяжести данной респираторной патологии. Авторы цитируемого исследования полагают, что такой специфический IgE – ответ на антигены гриба трихофитона у больных бронхиальной астмой, может служить предиктором тяжелого течения респираторного заболевания.

В опубликованном исследовании Ward G.W. et al. Было показано, что 10 из 12 больных бронхиальной астмой демонстрировали положительные результаты стандартизированного бронхопровокационного теста с экстрактом *Trichophyton tonsurans* [16]. Авторы приводимой работы так же отмечали, что эти пациенты имели определенные клинико-анамнестические черты т.н. эндогенной формы бронхиальной астмы ("intrinsic" asthma), вероятнее всего ассоциированной с трихофитийной инфекцией кожи и ее придатков.

Таким образом, в настоящее время, можно с уверенностью констатировать значительные показатели распространенности дерматофитной аллергии (сенсibilизации) среди пациентов различными клиническими ва-

риантами бронхиальной астмы, страдающих сопутствующим микозом стоп. Учитывая изложенное, можно считать абсолютно оправданным широкое распространение, в настоящее время, термина "микогенная астма", а так же повышенный интерес исследователей к данной проблеме.

Именно поэтому с целью унифицирования терминологии и классификационных принципов среди практикующих врачей терапевтов и дерматовенерологов А.В. Соколовым была предложена следующая классификация "микогенной бронхиальной астмы":

**1. Аллергическая бронхиальная астма:**

- 1.1. Бытовая бронхиальная астма;
- 1.2. Профессиональная бронхиальная астма;
- 1.3. Экологическая бронхиальная астма;

**2. Бронхиальная астма с механизмом инфекционной зависимости:**

- 2.1. с интрапульмональным очагом инфекции;
- 2.2. с экстрапульмональным очагом инфекции;

Персистирующая и/или интермиттирующая бронхиальная астма, ассоциированная с грибковой патологией кожи и ее придатков может относиться, в соответствии с данной классификации не только к пункту 2.2., но и к пункту 1.2. "профессиональная бронхиальная астма", не смотря на то, что, в настоящее время, описаны лишь единичные случаи формирования симптомов респираторной (дерматофития – ассоциированной) аллергии у лиц, не страдающих грибковой инфекцией кожи и ее придатков, а контактирующих с аэроаллергенами грибов дерматофитов ингаляционно. Одним из наиболее ярких примеров таких работ, является исследование А. Alonso et al. в котором было продемонстрировано появление клинических симптомов бронхиальной астмы и аллергического ринита у специалистов по маникюру и педикюру (подиатров) обрабатывающих ногтевые пластины пораженные *Trichophyton rubrum* [17]. Данное наблюдение, описанное группой аргентинских ученых, было подтверждено определением специфических IgE – антител к *Trichophyton rubrum* в сыворотке крови специалистов подиатров. Кроме того, стоит отметить, что далеко не у всех подиатров в исследовании, у которых развивались клинические проявления бронхиальной астмы (и/или аллергического ринита) в исследовании, имела место атопическая конституция.

Грибковая инфекция стопы в целом и онихомикоз в частности, являются наиболее стойким резервуаром микотической инфекции, способным сенсibilизировать организм коморбидного пациента страдающего бронхиальной астмой. В большинстве исследований изучавших особенности такого рода сенсibilизации, подтверждалась возможность трансдермальной адсорбции аллергенов грибов – возбудителей микозов стоп (причем как дерматофитов, так и не дерматофитных грибов). В своей работе Woodfolk J.A., изучая различные аспекты аллер-

гии к грибам рода *Trichophyton*, в когорте пациентов страдающих дерматофитным онихомикозом и "стопой атлета", признает возможность трансдермального проникновения антигенов грибковых клеток [18]. Автор так же подчеркивает немаловажную роль *Trichophyton spp.* в формировании немедленного IgE – зависимого иммунного ответа у пациентов астмой.

Стоит отметить, что некоторые исследователи обращают внимание на отсутствие строгой корреляции между клиническими признаками и иммунологическими маркерами грибковой аллергии у пациентов бронхиальной астмой. Так *Palmo-Carlos A.G.* и *Palmo-Carlos M.L.* в группе пациентов имеющих клинические признаки трихофитийной сенсибилизации (id – реакция), подтвержденной положительными результатами антифунгальной терапии, обнаружили IgE – антитела к *Trichophyton spp.* только в 69,3%, а не в 100% случаев [19]. Чрезвычайно интересное исследование, посвященное этой проблеме было опубликовано *D. Mundan et al.* [20]. Этой группой турецких иммунологов было показано, что частота выявления высоких титров специфических IgE к антигенам *Tr.rubrum* у пациентов с неаллергической бронхиальной астмы и онихомикозом была достоверно выше, по сравнению с коморбидными больными имеющими аллергический генез бронхиальной астмы (в соответствии с критериями GINA) и микотическое поражение ногтевых пластин.

Вероятно, механизмы патогенетического влияния грибковой колонизации кожи и ее придатков на формирование и, что более важно, персистирование хронического воспаления дыхательных путей, а также бронхиальной гиперреактивности у пациентов БА, выходят далеко за пределы простой "аллергии к дерматофитам". В этой связи, влияние антимикотиков на течение БА ассоциированной с грибковой инфекцией кожи и ее придатков представляет огромный интерес.

Одной из первых работ в этой области является исследование *R.J. Nau*, в котором на небольшом контингенте пациентов хронической дерматофитной инфекцией, 57% из которых страдали различной сопутствующей патологией, в том числе атопическим дерматитом и астмой, автор продемонстрировал эффективность применявшегося тогда (1979 год) для системной терапии антимикотика гризофульвина [21]. Это исследование стало первым доказательством *ex juvantibus* эффективности системных антимикотиков у коморбидных пациентов астмой и дерматофитным поражением стопы в плане их влияния на течение именно респираторного процесса.

После появления в начале 1980-х годов на фармацевтическом рынке двух других антимикотических лекарственных препаратов тербинафина и итраконазола, активно применяемых в настоящее время, большинство публикаций было посвящено их клинической эффективности. Так *Hurlimann A.* и *Fah J.* наблюдали двух пациентов страдавших руброфитийным онихомикозом и атопической формой бронхиальной астмы [22]. У описываемых больных также периодически отмечались симптомы

атопического ринита и конъюнктивита. После проведенной в течение нескольких месяцев пероральной терапии тербинафином в дозе 250 мг в сутки, авторы констатировали значительное улучшение симптомов не только атопического риноконъюнктивита, но и бронхиальной астмы. В плацебо контролируемом исследовании *G.W. Ward et al.* не небольшой выборке пациентов продемонстрировали эффективность флуконазола в дозе 100 мг в сутки на показатели тяжести БА у коморбидных пациентов страдающих дерматофитной инфекцией [23].

Более того, в своей работе американские дерматологи *B.E. Elewski* и *H.J. Schwartz* описали случаи "выздоровления" от БА после успешной терапии микоза гладкой кожи стопы и онихомикоза [24]. Вероятно, в данном случае, корректнее говорить о длительной клинической ремиссии респираторного заболевания, а не о "выздоровлении" пациентов. Но, так или иначе, это исследование, как и многие другие, является надежным доказательством эффективности антифунгальной терапии у пациентов с сочетанной БА и грибковой инфекцией кожи и ногтей стоп.

В наших исследованиях так же была подтверждена клиническая значимость микогенной (дерматофитной) сенсибилизации у коморбидных пациентов бронхиальной астмой и руброфитийным онихомикозом. Частота обнаружения у данной когорты коморбидных больных IgE к *Trichophyton rubrum* составляла 79,6%. Но при этом, стоит отметить, что у остальных коморбидных пациентов, страдавших персистирующей бронхиальной астмой и руброфитийным онихомикозом стоп в исследовании, на фоне медикаментозной терапии астмы и онихомикоза были выявлены статистически достоверно более высокие значения спирометрических параметров (отражающих тяжесть бронхиальной обструкции) по сравнению с пациентами, не страдающими грибковой патологией стопы. Этот факт еще раз подтверждает, что обнаружение специфических IgE у данной категории пациентов является важным, но не единственным маркером микогенной сенсибилизации.

Результаты этих исследований важны не только для врачей интернистов, занимающихся ведением пациентов страдающих бронхиальной астмой, но и для врачей дерматовенерологов. Зачастую принятие решения о целесообразности начала системной антимикотической терапии у пожилых пациентов с сопутствующей соматической патологией, у врача дерматовенеролога ассоциируется в весами. На одной чаше которых эпидемиологическая польза от излечения онихомикоза и непреодолимое желание пациента иметь "чистые" ногтевые пластины, а на другой чаше потенциальные нежелательные лекарственные реакции от длительного приема триазоловых или алиламиновых антимикотиков. Данные, которые мы получаем сегодня о клиническом значении микогенной сенсибилизации позволяют нам по-другому взглянуть на эту категорию коморбидных больных. Результаты этих исследований "водружают на вторую чашу весов" брон-

хиальную астму, как потенциальное дополнительное показание для назначения системных антимикотиков у таких коморбидных больных. Более того, в наших исследованиях были выявлены клинические предикторы наибольшей эффективности антимикотиков в отношении улучшения показателей контроля симптомов бронхиальной астмы: субуногвинальный гиперкератоз, анамнестическое обнаружение id – реакции и значительного количества эпизодов интертригинозного микоза стоп. Именно в этих подгруппах пациентов на фоне почти идентичной противоастматической и антифунгальной терапии прирост показателей контроля симптомов астмы был максимальным.

В заключении, хотелось бы напомнить читателю, что врач – дерматовенеролог является той "последней инстанцией", которая "разрешает" или накладывает "вето" на назначение системных антимикотиков у коморбидных пациентов страдающих бронхиальной астмой и онихомикозом стоп. Именно поэтому целью нашей статьи было напомнить специалистам дерматовенерологам о том, что при оценке соотношения "польза и риск", важным аргументом в пользу "разрешения" системной медикаментозной терапии онихомикоза у коморбидных пациентов астмой, является наличие у них микогенной сенсibilизации, а значит и вероятного микогенного генеза респираторного заболевания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Can guideline-defined asthma control be achieved? The Gaining Optimal Asthma control study / E.D. Bateman [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2004. – Vol. 170. – P. 836–844.
2. Barley E.A. Asthma health status measurement in clinical practice: validity of a new short and simple instrument / E.A. Barley, F.H. Quirk, P.W. Jones // *Respir. Med.* – 1998. – Vol. 92, № 10. – P. 1207–1214.
3. Zharikova N.E. Etiology of onychomycosis in Russia: new species, prevalence of yeasts and molds and quality of micologic diagnosis / N.E. Zharikova, V.E. Malikov, A.Y. Sergeev // *JEADV.* – 2002. – Vol. 16., Suppl.: 1. – P. 237.
4. Rate of response of individual asthma control measures varies and may overestimate asthma control: an analysis of the GOAL study / E.D. Bateman [et al.] // *J. Asthma* – 2007. – № 44. – P. 667–673.
5. Sergeev A.Y. Severity of onychomycosis measured with SCIO revealed in Onychindex project / A.Y. Sergeev, V.I. Lusenko, D.N. Rasskasov // *Mycoses.* – 2002. – Vol. 45, Suppl.: 2. – P. 36.
6. Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control / R.A. Nathan [et al.] // *J. Allergy Clin. Immunol.* – 2004. – Vol. 113, № 1. – P. 59–65.
7. Mild asthma: an expert review on epidemiology, clinical characteristics and treatment recommendation / D. Dusser [et al.] // *Allergy* – 2007. – № 62. – P. 591–604.
8. Horner W.E. Fungal allergens / W.E. Horner, A. Helbling, J.E. Salvaggio // *Clin. Microbiol.* – 1995. – Vol. 8, № 2. – P. 161–179.
9. Fungal allergies: a yet unsolved problem / R. Cramer [et al.] // *Chem. Immunol. Allergy* – 2006. – Vol. 25, № 1. – P. 1–14.
10. Chronic asthma and rhinitis due to *Candida albicans*, *Epidermophyton* and *Trichophyton* / P. Gumowski [et al.] // *Ann. Allergy.* – 1997. – Vol. 59, № 1. – P. 48–51.
11. Wise F. Urticaria and hay fever due to *Trichophyton* / F. Wise, M.B. Sulzberger // *JAMA* – 1930. – Vol. 95. – P. 1504–1509.
12. Woodfolk J.A. Diversity of the human allergen-specific T-cell repertoire associated with distinct skin test reactions: delayed-type hypersensitivity-associated major epitopes induce Th1- and Th2-dominated responses / J.A. Woodfolk, T.A. Platts-Mills // *J. Immunol.* – 2001. – Vol. 167, № 9. – P. 5412–5419.
13. Occurrence of common mold and non-fungal allergen sensitization revealed in immunoblot testing of atopic patients / E.L. Sergeeva [et al.] // XXII Congress EAACI. – Paris, 7 – 11 June 2003. – Abstract Number. P. 1364.
14. Sensitization to fungi: epidemiology, comparative skin tests, and IgE reactivity of fungal extracts / A. Mari [et al.] // *Clin. Exp. Allergy.* – 2003. – Vol. 33, № 10. – P. 1429–1438.
15. Specific IgE response to trichophyton and asthma severity / H. Mansuoka [et al.] // *Chest.* – 2009. – Vol. 135, № 4. – P. 898–903.
16. Treatment of late-onset asthma with fluconazol / G.W. Ward [et al.] // *J. Allergy Clin. Immunol.* – 1999. – T. 104, Vol. 3. – P. 541–546.
17. Hypersensitivity to *Trichophyton rubrum* antigens in atopic and non-atopic podiatrists / A. Alonso [et al.] // *Allergol. Immunopathol.* – 2003. – Vol. 31., № 2. – P. 70–76.
18. Woodfolk J.A. The immune response to intrinsic and extrinsic allergens: determinants of allergic disease / J.A. Woodfolk, T.A. Platts-Mills // *Int. Arch. Allergy Immunol.* – 2002. – Vol. 129, № 4. – P. 277–285.
19. Palma-Carlos A.G. *Trichophyton* allergy: review of 89 cases / A.G. Palma-Carlos, M.L. Palma-Carlos // *Eur. Ann. Allergy Clin. Immunol.* – 2006. – Vol. 38, № 6. – P. 177–181.
20. *Trichophyton* sensitivity in allergic and nonallergic asthma / D. Mungan [et al.] // *Allergy.* – 2001. – Vol. 56, № 6. – P. 558–562.
21. Hay R.J. Chronic dermatophyte infection. Clinical and mycological features / R.J. Hay // *Br. J. Dermatol.* – 1982. – Vol. 106, № 1. – P. 1–7.
22. Hurliman A. Asthma, rhinitis and dermatitis triggered fungal infection: therapeutic effects of terbinafine / A. Hurliman, J. Fah // *Dermatology.* – 2002. – Vol. 202, № 4. – P. 330–332.
23. *Trichophyton* asthma: sensitization of bronchi and upper airways to dermatophyte antigen / G.W. Ward [et al.] // *Lancet.* – 1989. – Vol. 22, № 1. – P. 859–862.
24. Elewski B.E. Asthma induced by allergy to *Trichophyton rubrum* / B.E. Elewski, H.J. Schwartz // *J. Eur. Acad. Dermatol. Venerol.* – 1999. – Vol.

## НОВЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ КРИОХИРУРГИИ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЛЁГКИХ

### THE LATEST RESEARCHING IN THE FIELD OF CRYOSURGERY OF TUMORS OF THE LUNGS

*T. Kotova  
A. Gurin*

#### Annotation

Cryoablation is one of the most effective method of primary and secondary neoplasm palliative therapy nowadays. Lungs' neoplasm cryosurgery methods were started to practice in 70's. However, cryotherapy usage has been broadened only for the last several decades as a result of the technical development.

**Keywords:** cryosurgery, cryoablation, lung neoplasm, lung cancer.

**Котова Татьяна Геннадьевна**

К. мед. н, научн. сотрудник научного  
клинического центра медицинской  
криологии "онКолор", Нижний Новгород

**Гурин Антон Васильевич**

Хирург, онколог Клинико-диагностического  
отд., ФГБУ "НИИ онкологии  
им. проф. Н.Н. Петрова" МЗ РФ, СПб

#### Аннотация

Криодеструкция на сегодняшний день является одним из самых эффективных методов паллиативного лечения первичных и вторичных новообразований лёгких. Применение криохирургических методов лечения новообразований лёгких началось ещё в 70-х годах прошлого века, однако только в последние десятилетие технические возможности современной медицины позволили расширить границы применения криовоздействия в данной области.

#### Ключевые слова:

Криохирургия, криоабляция, новообразования лёгкого, рак лёгких.

### ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ на рак лёгких приходится 1,59 миллионов случаев летальных исходов, что занимает лидирующую позицию по показателям смертности среди всех злокачественных опухолевых заболеваний. На сегодняшний день криодеструкция показала себя наиболее эффективной методикой в адьювантной терапии и паллиативном лечении злокачественных и доброкачественных образований лёгких в сравнении с другими методами хирургических вмешательств [8]. Это обусловлено особенностями воздействия низких и сверхнизких температур на патологический очаг и окружающие ткани: онкостатическим эффектом и минимальным влиянием на здоровые ткани, что позволило снизить количество постоперационных осложнений.

Активное применение криохирургических методов лечения новообразований лёгких началось ещё в 70-х годах прошлого века, когда была использована в клинических исследованиях комбинированного хирургического лечения эндобронхиальная криотерапия. Позже стала применяться также прямая криодеструкция опухолей лёгких с использованием жидкого азота. Несмотря на перспективность применения криовоздействия в лечении образований лёгких, дальнейшее развитие криохирургических методик в клинике было ограничено до на-

чала XXI века в силу отсутствия адекватного технического обеспечения оперативного процесса [10].

С появлением новых методов инструментальной диагностики, криохирургической и эндоскопической аппаратуры стало возможным дальнейшее развитие криохирургии образований лёгкого, возникла необходимость разработок новых методик проведения криохирургических вмешательств.

На сегодняшний день криохирургические вмешательства могут быть проведены следующими доступами: эндобронхиальным, прямым интраторакальным (на диагностической торакотомии) или чрескожным, – в зависимости от расположения и размера опухоли [7], что позволяет проводить такие манипуляции, как взятие криобиопсии, проведение криодеструкции опухоли и криореканализации. Адекватному проведению таких вмешательств способствовали ставшие доступными современные интраоперационные методы диагностики (УЗИ, МРТ, КТ), а также появление криозондов диаметра меньше, чем 3 мм.

#### Криобиопсия

Последнее десятилетие популярным становится проведение биопсии с помощью криозондов: данная процедура может безопасно проходить без интубации пациентов, ДНК в исследуемом материале (что особенно важно в случае злокачественных образований) остаётся сохранной, а количество получаемого материала для ис-

следования оказывается большим, чем при традиционной биопсии щипцами. Дополнительно была рассмотрена возможность экономической выгоды криобиопсии периферических поражений лёгких под контролем УЗИ [9]. Однако всё ещё остаются некоторые технические затруднения в проведении криобиопсии: полученный криобиоптат не всегда представляется возможным изъять через диаметр рабочего канала в силу больших размеров.

#### **Криореканализация и эндобронхиальное криовоздействие**

Одной из последних перспективных и новых методик криохирургического лечения стала криореканализация. В 2004 году был разработан гибкий криозонд, позволяющий проводить криореканализацию при экзофитном росте опухолей, что позволило расширить возможности этой методики. Работы исследователей показали, что такие симптомы, как кашель, одышка, кровохарканье были устранены или была снижена их выраженность, а также было зафиксировано увеличение индекса общего состояния по шкале Карнофски. Проводились также исследования комбинированного вмешательства (механического устранения опухоли и последующего криовоздействия на область патологического очага). В итоге этого исследования ни у одного из прооперированных пациентов не было найдено остаточных признаков опухоли. Недавно проведённое рандомизированное исследование подтвердило эффективность проведения криореканализации при экзофитном росте различных новообразований в просвет трахеобронхиального дерева [11].

#### **Криобляция**

Наиболее популярным методом криохирургической "резекции" тканей в связи с меньшей травматизацией окружающих тканей стала чрескожная криодеструкция. Долгое время она не могла применяться, как альтернативный метод хирургического лечения в силу того, что криозонды имели слишком большой диаметр для такого рода манипуляций. С развитием систем криобляции на основе аргона появились криозонды меньшего калибра, ставшие доступными для широкого применения в чрескожных вмешательствах, что позволило также проводить комбинированные вмешательства в сочетании с эндоскопической криодеструкцией. В дополнение к этому стали более доступными современные методы диагностики, позволяющие интраоперационно контролировать формирование "ледяного фронта" и постоперационно мониторировать образование области некроза в тканях лёгких, таких, как КТ, МРТ, ПЭТ, что также позволило повысить эффективность проведения чрескожной криодеструкции. Визуальный контроль за ходом операции дал хирургу возможность работать в непосредственной близости с "критическими" структурами, такими, как сосуды и нервы, не травмируя их [3].

Развитие новых направлений в криохирургии лёгкого дало толчок для появления работ, направленных на более детальное изучение криохирургического воздействия на

ткани лёгкого, а также мета-анализов данных, сравнивающих холодовые и тепловые методики термической деструкции тканей. Один из последних сравнительных анализов исследований показал, что при применении криоаппликаторов соответствующих размеров под контролем КТ и МРТ позволяет "резецировать" образования больших размеров, превышающих 50 мм в диаметре, [3], что раньше было недоступно в силу технических ограничений: размер опухоли диаметром больше 31 мм считался плохим прогностическим признаком.

Стоит обратить внимание на то, что методика проведения чрескожной криоабляции до сих пор остаётся вариативной и зависит от тактики проведения криовоздействия, выбранной хирургом. Что привело к проведению серии экспериментальных исследований, направленных на определение наиболее эффективного протокола воздействия низкими и сверхнизкими температурами. В 2010 году был разработан протокол криоабляции на лёгких, который указывал на более высокую цитотоксичность тройного цикла замораживания-оттаивания по сравнению с двойным [4]. В это же время параллельно японскими учеными так же проводились исследования циклов замораживания: 5-10-10 минут для тройного цикла или 5 и 10 минут для двойного [5], показавшие аналогичные данные. В более позднем исследовании отмечено, что основной причиной для использования третьего цикла при замораживании-оттаивании является расширение зоны некроза в периферии опухоли после криохирургии.

В 2013 году было ретроспективно проанализировано клиническое исследование терапевтического эффекта криохирургического лечения больных с IV стадией рака лёгких с использованием протокола двойного цикла замораживания, который ранее продемонстрировал себя достаточно эффективно в клинической практике. В результате было показано, что методика чрескожной криоабляции, в ключе данной патологии лёгких, может рассматриваться как подающий надежды метод хирургического лечения, особенно в сочетании с химиотерапией. Залогом успешного ведения таких больных исследователи считали эффективное снижение опухолевого воздействия на организм посредством криовоздействия на ткани опухоли, однако в предложенной методике с двойным циклом замораживания-оттаивания было отмечено достаточное число постоперационных осложнений [6].

#### **Метастазирование**

Одной из наиболее актуальных проблем в онкологии является метастазирование. В недавно проведённых исследованиях, цель которых заключалась в изучении влияния интраоперационной криодеструкции на диссеминацию опухолевых клеток в венозный регионарный кровоток у больных с периферическим раком лёгких после радикального хирургического лечения было показано, что частота выявления опухолевых клеток в регионарном кровотоке уменьшается в два раза по сравнению с исходными данными. Пятилетняя выживаемость таких па-

циентов почти в два раза превысила выживаемость в контрольной группе. Был сделан вывод о том, что интраоперационная криодеструкция, повреждая опухолевые клетки в процессе замораживания и активируя антиметастатические механизмы, препятствует диссеминации в регионарный кровоток, что снижает риск метастазирования, а также позволяет значительно улучшить результаты лечения пациентов с периферическим раком лёгких [1].

В другом исследовании были продемонстрированы не менее впечатляющие данные: криовоздействие повысило постоперационное время без рецидивов почти в два раза. Это происходило из-за следующего механизма: при замораживании диссеминированного лимфоузла его капсула не повреждалась и происходило формирование ледяного тромба, который предотвращал лимфогенное метастазирование во время операции, позволяя безопасно его механически удалить. [2].

#### Перспективы

Одним из наиболее актуальных проблем криохирургии лёгких стала архитектура тканей самого органа. Содержание в лёгких большого количества воздуха приводит к низкой теплопроводности его тканей, что необходимо учитывать деструкции опухолевых клеток во время формирования "ледяного шара" [Permpongkosol S., 2007]. Такие физические особенности тканей лёгкого привели к трудностям во время прогнозирования объёма деструкции во время криовоздействия и невозможности сопоставления данных криохирургических исследований в отношении других органов.

#### Выводы

Анализируя исследования последних лет, можно сделать вывод о том, что криовоздействие на ткани новообразований лёгких является перспективным методом для диагностического поиска, паллиативного лечения и хирургического лечения первичных солидных опухолей лёгкого, позволяющего предотвратить метастазирование. Несмотря на большое количество исследований до сих пор не определены единые наиболее эффективные протоколы для проведения такого рода криохирургических вмешательств. Данный факт требует от дальнейших работ исследователей большего количества достоверных клинических контролируемых рандомизированных исследований для последующей оценки, обобщающего анализа и составления эффективных протоколов криохирургического лечения для применения методики в рутинной практике торакального криохирурга.

Полученные данные позволяют говорить о том, что дальнейшее развитие современных методов диагностики и компьютерного прогнозирования проведения криохирургических вмешательств, а также внедрения других методов криохирургии в лечение новообразований лёгких (таких, как, например, нанокриохирургические методы воздействия на ткани) делают криодеструкцию конкурентным претендентом на "метод выбора" в хирургическом лечении опухолей лёгких (а также в биопсийной диагностике) в связи со своей безопасностью, онкостатичностью и контролируемостью объёма деструкции патологических тканей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Захарычев В.Д., Вьюницкая Л.В., Завадецкая Е.П. Влияние интраоперационной криодеструкции опухоли на регионарную канцеремию при раке лёгкого // Профессиональное сообщество криохирургов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kriohirurg.ru/specialists/statii/detail.php?SECTION\\_ID=14&ID=99](http://www.kriohirurg.ru/specialists/statii/detail.php?SECTION_ID=14&ID=99) (дата обращения: 21.10.2015).
2. Косенок В.К., Возлюбленный М.С., Пелипас Е.И., Щербина Д.П., Мозговая С.Г. Методика криолимфодиссекции при раке лёгкого // Профессиональное сообщество криохирургов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kriohirurg.ru/specialists/statii/detail.php?SECTION\\_ID=14&ID=99](http://www.kriohirurg.ru/specialists/statii/detail.php?SECTION_ID=14&ID=99) (дата обращения: 21.10.2015).
3. Dupuy E.D. Image-guided thermal ablation of lung malignancies // Radiology. – 2011. – №3. – P. 633–655.
4. Hinshaw J. L., Littrup P. J., Durick N. Optimizing the protocol for pulmonary cryoablation: a comparison of a dual- and triple-freeze protocol // Cardiovascular and interventional radiology. – 2010. – №6. – P. 1180–1185.
5. Nakatsuka S., Yashiro H., Inoue M. On freeze-thaw sequence of vital organ of assuming the cryoablation for malignant lung tumors by using cryoprobe as heat source // Cryobiology. – 2010. – №3. – С. 317–326.
6. Niu L., Chen J. Percutaneous cryoablation for stage IV lung cancer: a retrospective analysis // Cryobiology. – 2013. – №2. – P. 151–155.
7. Niu L., Li J., Chen J., Zhou L. Comparison of dual- and triple-freeze protocols for pulmonary cryoablation in a Tibet pig model // Cryobiology. – 2012. – №3. – P. 245–249.
8. Niu L. The role of cryosurgery in palliative care for cancer // Annals of palliative medicine. – 2013. – №1. – P. 26–34.
9. Schuhmann M., Bostanci K., Bugalho A., Warth A., Schnabel P.A. Endobronchial ultrasound-guided cryobiopsies in peripheral pulmonary lesions: a feasibility study // European Respiratory Journal. – 2014. – №1. – P. 233–239.
10. Thurer R.J. Cryotherapy in early lung cancer // CHEST Journal. – 2001. – №1. – P. 3–5.
11. Y?Imaz A. Aktas Z., Alici I.O. Cryorecanalization: keys to success // Surgical endoscopy. – 2012. – №10. – P. 128–131.

## ПЕРИНАТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ БРАКОВ

### PERINATAL ASPECTS CLOSELY RELATED MARRIAGE

*A. Magomedova  
N. Omarov*

#### Annotation

The article analyzes the existing opinions on the impact of marriage on the closely-related miscarriage, infertility, stillbirths, the appearance of congenital malformations, fetal anthropometric measures, early childhood mortality.

**Keywords:** closely related to marriage, consanguinity, inbreeding, the effect of inbreeding on pregnancy, inbreeding and genetic pathology.

**Магомедова Альбина Шарапудиновна**

Аспирант, ГБОУ ВПО "Дагестанская  
государственная медицинская академия"

Минздрава РФ, каф. акушерства и гинекологии

**Омаров Наби Султан-Мурадович**

Д.мед.н., профессор, ГБОУ ВПО "Дагестанская

государственная медицинская академия"

Минздрава РФ, каф. акушерства и гинекологии

#### Аннотация

В статье проведен анализ существующего мнения о влиянии близкородственного брака на невынашивание, бесплодие, мертворождение, появлению врожденных пороков развития, антропометрические показатели плода, ранней детской смертности.

#### Ключевые слова:

Близкородственный брак, единокровный, инбридинг, влияние инбридинга на беременность, инбридинг и генетическая патология.

Во многих регионах мира пристальному вниманию подвергается здоровье матери и ребенка в семьях, где существуют близкородственные браки [1,2,6,18]. Родственные браки практиковались с начала существования современного человека. В настоящее время около 20% мирового населения живут в странах, где такие браки приветствуются. Несомненно, что в создании таких браков большую роль играют социально-культурные факторы, такие как поддержание структуры семьи и собственности, простоту и надежность брачных соглашений, улучшение отношения с родственниками, и финансовых преимуществ, связанных с приданным [3, 12, 13,14,15,16]. Наиболее часто встречается заключение брака между двоюродными братом и сестрой. В клинической генетике, близкородственным считается брак заключенный между троюродными родственниками или ближе [1,2,6].

Республика Дагестан является одним из самых привлекательных, колоритных и самобытных регионов России. Самой главной ценностью Дагестана являются его жители, их кавказское радушие и гостеприимство. Республика славится разнообразием, неповторимостью и уникальностью культуры и традиций народов. Для дагестанских народов характерно разрешение браков внутри рода – между двоюродными и троюродными братьями и сестрами (межкузенные браки) [3].

В последнее время отмечается тенденция к снижению эндогамных браков, но в некоторых районах Республики Дагестан близкородственные браки все же одобряются и практикуются. В Европейских странах нет запрета на браки между двоюродными братьями и сестрами, особенно часто встречаются такие браки в странах Ближнего Востока и среди арабских общин.

Существует мнение, что инбредные браки приводят чаще всего к привычному невынашиванию, мертворождениям, развитию врожденных пороков развития плода, умственной отсталости, а также к ранней детской смертности [1,6,12, 13, 18]. Все это обосновывается возможностью наследования редкого рецессивного гена, вызывающего определенную патологию. Ведь при инбредном браке вероятность гомозиготного состояния по данному гену и его фенотипических проявлений возрастает в несколько десятков раз [1,2,6]. Однако не все разделяют мнение об отрицательном влиянии родственных браков на потомство, так эта проблема мало изучена и дискуссионна. А отрицательное влияние инбредного брака обосновывается не на научных доказательствах, а больше на удобстве переложить вину на якобы родственный брак [18].

Целью исследования является определить, влияет ли негативно инбредный брак на течение беременности и исход родов.



### Материалы и методы

Проведен анализ течения беременности у 240 женщин в возрасте от 20 до 30 лет, которые были подразделены на 2 группы. В первую группу (основную) вошли 180 женщин, состоящих в близкородственном браке и находящихся под наблюдением на протяжении всей беременности.

Группу сравнения составили 60 женщин, состоящих в аутбредном браке, беременность которых протекала без осложнений.

Был разработан план обследования, включающий проведение клинических, функциональных, биохимических, цитогенетических методов исследования.

Исследуемыми параметрами являлись паспортные данные, генеалогический анамнез, социальный статус. Проводили физикальное обследование, антропометрические измерения, наружное акушерское обследование. Подробно собирался анамнез в отношении перенесенных ранее и сопутствующих настоящей беременности экстрагенитальных заболеваний, наличие хронических очагов инфекции.

Большое внимание уделялось акушерско-гинекологическому анамнезу: возрасту менархе, особенностям менструального цикла, половой жизни (какой брак по счету, степень его родства), детородной функции (сведения о каждой предшествующей беременности, паритет, течение и исход для матери и плода, течение родов и их осложнения, оперативные вмешательства, течение послеродового периода, масса плода при рождении, течение развития новорожденного до года жизни).

Всем женщинам на протяжении беременности проводились клинико-лабораторные методы исследования, включающие определение групповой принадлежности и резус-фактора крови, антител к вирусам, биохимический анализ крови, гемостазиологическое исследование крови, стандартное ультразвуковое исследование плода с фетометрией, оценкой экстраэмбриональных структур (околоплодные воды, плацента, пуповина) доплерометрией маточно-плацентарного и плодового кровотока на аппарате "Aloka SSD-1700" трансабдоминальным датчиком (АВ 2-7).

Клинический анализ производился в венозной крови на автоматическом анализаторе АВХ Micros 60 OT 18 (АФХ, Франция). В клиническом анализе крови определялись параметры гемоглобина, гематокрита, количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, количество нейтрофилов, эозинофилов, лимфоцитов и моноцитов, определялась скорость оседания эритроцитов (СОЭ).

Для выявления гемостазиологических сдвигов сосудисто-тромбоцитарного, коагуляционного и фибринолитического гемостаза у всех обследованных женщин определяли следующие показатели: протромбиновое время (ПВ), тромбиновое время (ТВ), активированное парциальное тромбластиновое время (АПТВ), концентрация фибриногена, Д-димера, уровень антитромбина III (АТ III). Параметры гемостаза определялись в цитратной плазме на автоматическом анализаторе гемостаза STA Compact (Diagnostics Stago, Франция).

Одновременно с общепринятыми клиническими методами исследования, определение гемостазиограммы проводили минимум трижды за беременность. Кровь из вены забирали в стандартную пробирку, содержащую 0,5 мл цитрата натрия натощак.

На сроке 9-14 недель, беременным из основной и контрольной групп проводился пренатальный биохимический скрининг I триместра. Это комплекс массовых диагностических мероприятий у беременных для поиска грубых аномалий развития и косвенных признаков (маркеров) патологии плода с целью выделения групп повышенного риска. Для расчета рисков используются следующие данные из заключения УЗИ: дата УЗИ, копчико-теменной размер (КТР), biparietalный размер (БПР) и толщина воротникового пространства (ТВП). При биохимическом скрининге определяют уровни маркерных соединений в крови матери – Ассоциированное с беременностью плазменного белка А (Pregnancy-associated Plasma Protein-A) – PAPP-A и свободной ?-субъединицы хорионического гонадотропина человека (Human Chorionic gonadotropin) – свободный ?-ХГЧ.

На сроке 16-20 недель беременности проводится скрининг II триместра. Учитываются следующие показатели: Альфа-фетопротеин (alpha-Fetoprotein) – АФП, свободная  $\beta$ -субъединица хорионического гонадотропина человека (Human Chorionic gonadotropin) – свободный  $\beta$ -ХГЧ и свободный эстриол (Estril free) – ЕЗ.

Данный тест позволяет выявить до 90% случаев пороков развития нервной трубки, синдром Дауна и синдром Эдвардса и аномалии развития органов.

В целом результатами пренатального скрининга являются: обнаружение грубых анатомических аномалий развития плода (ультразвуковой скрининг) и формирование группы риска по наличию у плода хромосомной патологии с рекомендациями дальнейшего обследования с использованием методов инвазивной пренатальной диагностики.

Всем беременным проводилось ультразвуковое сканирование с целью определения фетоплацентарного

комплекса. Использовался аппарат "Aloka SSD- 1700"

В процессе исследования определяли предлежание, позицию, вид позиции плода, локализацию, толщину и степень зрелости плаценты, количество и качество околоплодных вод. При ультразвуковой фетометрии определяли следующие параметры: бипариентальный размер головки (БПР), окружность головки (ОГ), лобно-затылочный размер (ЛЗР), окружность живота (ОЖ) на уровне пупочной вены, длину бедра (ДБ), предполагаемую массу плода, исключались аномалии развития плода.

При несоответствии биометрических показателей, нормативным выделялись симметричная и ассиметричная формы синдрома задержки развития плода (СЗРП).

Степень тяжести синдрома определялась выраженностью отставания показателей фетометрии: 1-я степень – отставание на 2 недели; 2-я степень – на 3–4 недели; 3-я степень – более чем на 4 недели по сравнению с нормативными значениями.

Для определения внутриутробного состояния плода путем оценки его биофизического профиля использовали методику, предложенную Vintzileos A. M. и соавт. (1983). Учитывали 6 параметров: результаты нестрессового теста при кардиомониторном наблюдении и данные ультразвукового исследования плаценты по Grannum. Каждый параметр оценивался в 1 или 2 балла. Суммарную оценку биофизического профиля проводили с учетом рекомендаций Шраер О.Т. (1991). Оценка в 10–12 баллов расценивалась, как нормальная, 8–9 баллов – удовлетворительная, 6–7 – сомнительная, 5 и ниже – патологическая.

Комплексная оценка биофизического профиля плода позволяет получать наиболее объективную информацию о его жизнедеятельности. Установлено, что прогностическая ценность положительного результата при определении биофизического профиля плода составляет 90%.

Оценку функционального состояния системы мать–плацента–плод проводили с использованием ультразвукового, доплерометрического исследования и кардиотокографии. Эхографическое и доплерометрическое исследование осуществлялось при помощи ультразвуковых диагностических приборов Aloka SSD-1700 (Aloka Co, Ltd, Япония) и Acuson 12SXP/10 (Siemens, Германия), снабженных функцией цветного доплеровского картирования и датчиком с частотой 3,5 МГц. Всем пациенткам проводили ультразвуковую фетометрию, плацентографию, оценку качества и количества околоплодных вод по общепринятой методике, доплерометрическое исследование маточно–плацентарного, плодово–плацентарного и плодового кровотока. Кардиотокогра-

фическое исследование осуществляли при помощи фетального монитора Hewlett Packard Series 50 XM с 32 недель беременности.

Допплерометрическое исследование фетоплацентарного комплекса проводили в 28–33 недели всем беременным и в другие сроки по показаниям. Использовали ультразвуковой сканер "ALOKA SSD-680" (Япония).

Для комплексной оценки кровообращения в системе мать– плацента – плод, улучшения диагностики и выбора оптимальной акушерской тактики проводили доплерометрическое исследование с помощью ультразвуковой диагностической системы "Aloka SSD- 1700". Использовали фильтр 200 Гц и датчик с частотой 3,5 МГц. В ходе исследования анализировались следующие параметры: максимальную систолическую скорость кровотока с последующим расчетом систоло– диастолического отношения (СДО) и индекса резистентности (ИР) по общепринятой методике в обеих маточных артериях, артерии пуповины и средней мозговой артерии. Расчет производился автоматически.

*Согласно классификации нарушений маточно– плацентарного и плодово– плацентарного кровотока Стрижакова А.Н. и соавт. (1989), выделяли три степени тяжести гемодинамических нарушений:*

**I степень:** – А – нарушение маточно– плацентарного кровотока при сохраненном плодово– плацентарном кровотоке; Б – нарушение плодово– плацентарного кровотока при сохраненном маточно– плацентарном кровотоке.

**II степень:** – одновременное нарушение маточно– плацентарного и плодово– плацентарного кровотока, не достигающее критических изменений (сохранен конечно–диастолический кровоток).

**III степень:** – критическое нарушение плодово– плацентарного кровотока (отсутствие кровотока или реверсный диастолический кровоток) при сохранном или нарушенном маточно– плацентарном кровотоке.

Для оценки сердечной деятельности плода, его адаптационных возможностей в антенатальном и интранатальном периодах производилось кардиотокографическое исследование (КТГ) при помощи кардиотокографа ANALOGIC. Запись осуществляли в положении женщины на спине или на боку в течение 40–50 минут. Использовалась методика непрямого КТГ, когда при помощи одного датчика регистрировалась сердечная деятельность плода, а другим датчиком сократительная деятельность матки и двигательная активность плода. Запись позволила оценить не только характер родовой деятельности и состояние плода, но и изменение ЧСС плода в ответ на повышение внутриматочного давления. Степень внутриу-

тробного страдания плода при динамическом наблюдении в ante- и интранатальном периодах оценивали по шкале W.Fischer (1973) в модификации Савельевой Г.М. (1988): 8–10 баллов характеризуют удовлетворительное состояние, 6–7 баллов указывают на начальные проявления внутриутробной гипоксии плода, 5–4 балла – на выраженные нарушения состояния плода, менее 4 баллов – на критическое состояние плода.

Для оценки течения беременности из специальных методов исследования проводили диагностический тест для определения состояния плаценты и патологии трофобласта. Определение плацентарного лактогена и свободного эстриола использовали при мониторинге беременности.

Плацентарный лактоген синтезируется синцитиотрофобластом с ранних сроков беременности, при этом содержание его в крови матери при физиологически протекающей беременности прогрессирующе растет. Гормон из плаценты поступает как в кровь плода, так и в кровь матери. По механизму действия плацентарный лактоген в организме плода стимулирует метаболические процессы, вызывая общий рост. При его недостаточности развивается гипотрофия плода и перинатальная смертность. Максимум концентрации плацентарного лактогена регистрируется в срок 36–37 недель, затем его уровень стабилизируется и перед родами – снижается. Концентрация ПЛ находится в прямой зависимости от массы плода и числа плацент (при многоплодии). Поступает, в основном, в организм матери, где быстро метаболизируется, с периодом полураспада от 11 до 30 мин. Короткий период полураспада, отсутствие суточного ритма секреции и наличие единственного источника его синтеза позволяют использовать плацентарный лактоген как прямой показатель функционирования плаценты, т.е. для диагностики плацентарной недостаточности, гипоксии и гипотрофии плода.

Материалом исследования является сыворотка венозной крови. Твердофазный иммуноферментный анализ проводили в точном соответствии с рекомендациями фирмы– производителя DRG (CLIA), (ELISA).

Исследование проводилось после 15– 20 и 34–36 нед беременности.

Из специальных методов исследования проводили определение уровня сосудистых факторов роста с использованием наборов фирмы "R&D Systems" и наборов "Вектор– Бест" (Россия), представляющих собой полностью готовые наборы материалов и реагентов для проведения иммуноферментного анализа (ИФА). Определяли сывороточное содержание сосудистых факторов роста: проангиогенный – PIGF и антиангиогенный – sFlt-1 и

sEng. Получение сыворотки крови осуществляли по стандартной методике.

Иммуноферментный анализ проводили в точном соответствии с рекомендациями фирмы– производителя.

В сыворотке крови методом иммуноферментного анализа (ИФА) в соответствии с инструкциями производителя определяли цитокины – ИЛ-10 и  $\alpha$ -ФНО ("Интерлейкин-10– ИФА–БЕСТ", "альфа-ФНО– ИФА–БЕСТ", ЗАО "Вектор–Бест", Россия). Сыворотку для исследования получали из крови, взятой из локтевой вены.

Инвазивная пренатальная диагностика является надежным способом выявления у плода многих генетических заболеваний – прежде всего, хромосомных нарушений (синдрома Дауна, Эдвардса и др.), а также различных моногенных заболеваний.

*К инвазивным методам относятся:*

- ◆ биопсия хориона – диагностика клеток будущей плаценты. Проводится она на 8–12 неделе беременности. Достоинства этого метода – скорость получения ответа (3–4 дня) и срок проведения (до 12 недель). Методика проведения: 1) вначале шприцем через катетер, который вводят в канал шейки матки, отсасывается небольшой объем хориональной ткани; 2) после при помощи длинной иглы, введенной через брюшную стенку в полость матки, в шприц засасывают образец ткани. Как и остальные методы, биопсия рискованна. Это риск инфицирования плода (1–2%), риск выкидыша (2–6%), риск кровотечения у женщины (1–2%), риск случайного повреждения плодного пузыря и прочие осложнения;

- ◆ поздняя биопсия хориона – плацентоцентез – делают во 2 триместре, проводится аналогично с биопсией;

- ◆ амниоцентез – анализ околоплодной жидкости, проводят на 15–16 неделе беременности. С помощью иглы, введенной в полость матки через брюшную стенку, жидкость набирают в шприц. Это наиболее безопасный метод дородовой диагностики – вероятность осложнений не выше 1%. Минусы этого вида диагностики: анализ проводится долго (2–6 недель), результаты получают обычно на 20–22 неделе. Еще несколько повышается вероятность родить ребенка с малым весом и имеется небольшой (менее 1%) риск у новорожденных дыхательных расстройств;

- ◆ кордоцентез – анализ крови пуповины плода. Этот метод диагностики позволяет получить много информации. Обычно срок выполнения составляет 22–25 недель. С помощью иглы, введенной через прокол передней брюшной стенки в полость матки, из вены пуповины берут образец крови. Риск осложнений у кордоцентеза минимален.

Все инвазивные методы исследования проводились

на базе ФГБУ "МГНЦ" РАМН г. Астрахань.

Для патогистологического исследования последа брали участки из пупочного канатика, оболочек, толщи материнской поверхности плаценты и всех макроскопически измененных мест с сагиттальным разрезом плаценты. Образцы материала фиксировали в 10% формалине, затем в 70°, 80°, 96° спирте, хлороформе, заливали парафином. Из парафиновых блоков готовили тонкие

срезы, которые фиксировали на предметном стекле, окрашивали гематоксилином и эозином, исследовали с 50- и 200-кратным увеличением ("Ломо", Санкт-Петербург).

В родах вели партограммы, где отражаются: общее состояние роженицы (ЧСС, АД, температура тела, мочеиспускание), динамика раскрытия маточного зева и продвижения предлежащей части плода (данные влагалищного исследования), излитие околоплодных вод.

Таблица 1.

Шкала Апгар

Критерии для оценки по шкале Апгар	0 баллов	1 балл	2 балла
Окраска кожного покрова	Бледность или цианоз (синюшность)	Розовая окраска тела и синюшная окраска конечностей (акроцианоз)	Розовая окраска всего тела и конечностей
Частота сердцебиений за 1 минуту	Отсутствует	< 100	> 100
Рефлекторная возбудимость (реакция малыша на введение носового катетера)	Не реагирует	Реакция слабо выражена (grimаса, движение)	Реакция в виде движения, кашля, чихания, громкого крика
Мышечный тонус	Отсутствует, конечности свисают	Снижен, некоторое сгибание конечностей	Выражены активные движения
Дыхание	Отсутствует	Нерегулярное, слабый крик	Нормальное, крик громкий

Таблица 2.

Нормативные данные физического состояния недоношенных новорожденных в зависимости от гестационного возраста (Г.М.Дементьева, Е.В.Короткая, 1980 г.)

Гестационный возраст, нед	Масса, г (M±)	Длина, см (M±)	Окружность головы, см (M±)	Окружность груди, см (M±)
28	1124±183	35,9±1,8	26,6±1,9	23,9±1,9
29	1381±172	37,9±2,0	28,0±1,5	25,7±1,7
30	1531±177	38,9±1,2	28,9±1,2	26,4±1,4
31	1695±212	40,4±1,6	29,5±1,5	26,7±1,6
32	1827±267	41,3±1,9	30, 2±1,6	27,9±1,9
33	2018±241	42,7±1,8	30,6±1,2	28,1±1,7
34	2235±263	43,6±1,7	31,3±1,3	28,9±1,7
35	2314±206	44,6±1,5	31,9±1,3	29,6±1,6
36	2572±235	45,3±1,7	32,3±1,4	30,1±1,9
37	2771±418	47,6±2,3	33,7±1,5	31,7±1,7
38	3145±441	49,6±2,0	34,7±1,2	33,1±1,6
39	3403±415	50,8±1,6	35,5±0,9	34,3±1,2
40	3546±457	51,5±2,1	35,7±1,3	35,0±1,7

В раннем неонатальном периоде исследовалось физическое состояние и неврологический статус новорожденных. У каждого новорожденного определяли его вес с учетом роста и паритета матери, гестационного срока и пола ребенка.

Клиническая оценка состояния новорожденного проводилась совместно с неонатологом по шкале Апгар через одну и пять минут после рождения.

При сумме баллов 8–10 состояние новорожденного расценивалось как удовлетворительное; оценка 6–7 баллов через 1 минуту после рождения свидетельствовала о перенесенной асфиксии легкой степени, 4–5 баллов – средней степени и 3 балла и ниже – тяжелой степени.

Так же оценивались показатели физического развития (масса и длина тела).

Статистическая обработка полученных результатов проводилась на персональном компьютере IBM PC с использованием программы STATISTICA 6.0.

Определялся уровень значимости различий между средними величинами ( $p$ ) по критерию  $t$  Стьюдента. Для выяснения связи между изучаемыми показателями проводился корреляционный анализ.

## Результаты исследования

Нами было проведено проспективное исследование двух групп женщин. В основную группу вошли 180 беременных, состоящих в инбредном браке и 60 беременных, состоящих в аутбредном браке.

Основная группа была разделена на 3 подгруппы:

**1-я А группа** – 60 женщин, являющихся двоюродными сибсами;

**1-я В группа** – 60 женщин, являющихся троюродными сибсами;

**1-я С группа** – 60 женщин, являющихся двоюродной племянницей своему мужу.

Из них 8,3% женщин были в юном репродуктивном возрасте, 89,5% в активном и 2,2% в позднем. Из них первородок составили 28,3% женщин, повторнородящих (2–3 родов) – 38,3% и многорожавших (4 и более родов) – 33,4%. В исследуемой группе течение беременности осложнилось угрозой прерывания беременности в первом триместре – в 15,5% случаях, во втором триместре – в 8,3% и в третьем триместре – в 7,2% случаях, случаи преэклампсии в основной группе наблюдалось в 1,1%, многоводие – в 20,5% и 3,3% в контрольной группе, а маловодие – в 18,3% случаях против 8,3% (табл. 3).

Таблица 3.

Осложнения течения беременности у обследуемых женщин.

Патология	I А		I В		I С		Контрольная группа	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Угроза прерывания беременности:	22	36,7	19	31,7	15	25	8	13,3
- в сроки до 22 нед	12	20	8	13,3	8	13,3	4	6,7
- в сроки 22-27 нед	5	8,3	6	10	4	6,7	1	1,7
- в сроки 28-37 нед	5	8,3	5	8,3	3	5	3	5
Отеки, протеинурия, гипертензивные состояния	16	26,7	8	13,3	4	6,7	2	3,3
Преэклампсия, Эклампсия	2	3,3	-	-	-	-	-	-
Анемия	15	25	10	16,7	7	11,7	6	10
ЗВРП	14	23,3	8	13,3	2	3,3	2	3,3
Маловодие	28	46,7	19	31,7	12	20	5	8,3
Многоводие	15	25	17	28,3	5	8,3	2	3,3

При ультразвуковом исследовании выявлено несоответствие степени зрелости плаценты к гестационному сроку в 21,1%. Во время беременности в основной группе выявилось чаще маловодие – 32,8%, а многоводие нами отмечено значительно реже – 20,5%, предлежание плаценты в 2,7% случаях и приращение плаценты по данным УЗИ в 1,1%, ЗВРП встречается в основной группе чаще, чем в контрольной – 13,3%.

При дополнительном исследовании состояния плода – КТГ плода и доплерометрии плода – данные отмечены в табл. 4.

Срок беременности на момент исследования в среднем составил  $32,4 \pm 0,4$  в основной группе и  $33,8 \pm 1,1$  недель в контрольной группе и достоверно не отличался. Скорость кровотока оценивали в артерии пуповины, аорте, средней мозговой артерии и маточных артериях.

Средний показатель систолиадиастического отношения (СДО) в артерии пуповины был выше в основной группе по сравнению с контрольной –  $2,98 \pm 0,34$  и  $1,93 \pm 0,21$ .

Средний показатель систолиадиастического отношения в аорте был достоверно выше у беременных основной группы ( $7,3 \pm 0,7$ ) по сравнению с контрольной ( $4,1 \pm 0,3$ ).

Средние показатели СДО в средней мозговой артерии у пациенток обеих групп существенно не различались –  $4,7 \pm 0,6$  и  $4,8 \pm 0,8$ .

Средние показатели СДО в правой и левой маточных артериях были достоверно выше у пациенток основной

группы по сравнению с контрольной –  $2,59 \pm 0,4$  и  $1,9 \pm 0,3$ .

Как мы видим из таблицы 4, по данным доплерометрического исследования отмечается чаще нарушения кровообращения 2 степени в основной группе. А нарушение маточно– плацентарного кровотока и плодово– плацентарного кровотока в большинстве случаев приводит к гипотрофии плода.

Показатели КТГ в обеих группах были в пределах нормы. Исходы родов были следующими: срочными родами завершились в 97,8% случаях в основной группе и в 95% случаях в контрольной группе, преждевременные роды зарегистрированы в 6,1% против 5% случаев.

При анализе фетометрических показателей в обследуемых группах были выявлены достоверные различия. В основной группе вес новорожденных был достоверно ниже, чем в контрольной.

Масса новорожденных варьировала от 2100,14г до 3069,24г в основной группе. Средняя масса новорожденных в основной группе составила от 2149,14г  $\pm 108$  г до 3069,24г  $\pm 143$ г.

Средний рост новорожденных в основной группе составил от 47,64 см.

При этом –96,2% новорожденных основной группы были доношенными и 3,8%– недоношенными. В контрольной группе аналогичные показатели составили 98,6% и 1,4% соответственно.

8 (4,4)% новорожденных из основной группы были

Таблица 4.

Данные доплерометрического исследования плода.

Доплерометрические показатели	Группы женщин							
	I A		I B		I C		Контрольная группа	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Нарушение кровообращения 1A степени	14	23,3	8	13,3	7	11,7	2	3,3
Нарушение кровообращения 1B степени	9	15	4	6,7	6	10	1	1,7
Нарушение кровообращения 2 степени	9	15	4	6,7	6	10	1	1,7
Нарушение кровообращения 3 степени	6	10	3	5	5	8,3	-	-

\* p < 0,05

оценены при рождении как крупные, 75 (41,7%) основной группы – как маловесные для гестационного срока, 97 (53,9%) имели среднюю массу при рождении. В контрольной группе эти показатели составили: крупные дети – 12(20%), маловесные – 13 (21,7%), средние – 35 (58,3%).

Выписаны домой 91% новорожденных от матерей основной группы, переведены в отделение патологии новорожденных для дальнейшего выхаживания 9%. В контрольной группе домой выписаны 53 (88%) новорожденных в удовлетворительном состоянии, 7 (12%) – переведены в отделение патологии новорожденных.

Течение раннего неонатального периода осложнилось у 160 (88,9%) новорожденных основной группы (табл. 5).

Сравнительный анализ полученных данных показал, что частота осложнений у новорожденных от матерей основной группы значительно преобладает по всем приведенным показателям. Гипоксически-ишемическое поражение центральной нервной системы различной

степени тяжести отмечалось у 38 (29,9%) новорожденных основной группы.

Кроме перечисленных выше осложнений в основной группе у новорожденных выявлены: перелом ключицы – 2 (1,1%), врожденный порок сердца – 4 (2,2%), киста головного мозга 2 (1,1%) и гидроцефалия – 2 (1,1%).

На второй этап выхаживания переведено 20 (11,1%) новорожденных основной группы. В реанимационное отделение переведен 1 (1,7%) новорожденный из основной группы. Все дети пациенток контрольной группы выписаны домой в удовлетворительном состоянии.

Поддержание жизнедеятельности плода при нарушениях функции плаценты происходит с помощью компенсаторных механизмов.

Обнаруженные врожденные пороки развития у детей до года жизни, указаны в табл. 6.

Таблица 5.

Течение раннего неонатального периода в обследуемых группах.

Осложнение	I A		I B		I C		Контрольная группа	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Перевод новорожденного в реанимационное отделение	1	1,7	-	-	-	-	-	-
Перевод новорожденного на второй этап выхаживания	8	13,3	6	10	6	10	2	3,3
Гипотрофия при рождении	10	16,7	6	10	8	13,3	2	3,3
Перинатальная гипоксия	25	41,7	20	33,3	17	28,3	10	16,7
Гипоксически - ишемическое поражение ЦНС	15	25	13	21,7	10	16,7	6	10
Синдром дезадаптации	17	28,3	16	26,7	12	20	8	13,3
Незрелость	8	13,3	3	5	2	3,3	1	1,7
РДС	1	1,7	1	1,7	-	-	-	-

\* p < 0,05

Таблица 5.

Течение раннего неонатального периода в обследуемых группах.

Осложнение	I A		I B		I C		Контрольная группа	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Расщепление позвоночника (spina bifida)	2	3,3	1	1,7	-	-	1	1,7
Синдром Дауна	2	3,3	1	1,7	1	1,7	-	-
Врожденная косолапость	-	-	2	3,3	1	1,7	-	-
Гидроцефалия	3	5	-	-	1	1,7	-	-
Микроцефалия	-	-	1	1,7	-	-	1	1,7
Дизостозы	2	3,3	1	1,7	-	-	-	-
Расщепленная губа и небо	6	10	2	3,3	5	8,3	1	1,7
Врожденный порок сердца	3	5	-	-	1	2	-	-
Полидактилия	3	5	-	-	2	,3	-	-
Множественные ВПР	2	3,3	1	1,7	-	-	-	-

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, полученные результаты исследований показали, что гестационный процесс у беременных женщин, состоящих в инбредном браке, осложняется угрозой прерывания беременности, задержкой темпов

развития плода, рождением новорожденных маловесных для гестационного возраста, а также с высокой частотой рождения детей с аномалиями развития у двоюродных сибсов. Это связано с тем, что частота гомозигот по рецессивному аллелю у потомков браков двоюродных сибсов выше, чем у потомков родителей, не состоящих в родстве.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бочков Н.П., Соловьева Д.В. Роль молекулярно-генетической диагностики в прогнозировании и профилактики патологии// *Клин. медицина.* – 2002. – №2
2. Бочков Н.П. *Медицинская генетика. Учебник для медицинских училищ и колледжей//* Москва. – 2010.
3. Гаджиев А.Г. *Антропология малых популяций Дагестана/* А.Г. Гаджиев, Махачкала, 1971, 367 с.
4. Крымшохалова З.С., Орлов В.И., Подгорная О.А., Щекатурина Е.В. Оценка маточноплацентарного и фетоплацентарного кровотока при задержке роста плода. *Российский вестник акушера-гинеколога.* 2008; 3: 67–77.
5. Кузьмин В.Н. Фетоплацентарная недостаточность: проблема современного акушерства. *Лечащий врач.* 2011; 3: 50–54.
6. Лазюк Г. И., Лурье И. В., Черетвой Е. Д. *Наследственные синдромы множества врожденных пороков развития//* Москва: Медицина – 1983 г.
7. Медведев М.В. *Основы доплерографии в акушерстве. Практическое руководство для врачей –* М.: Реал тайм, 2007; 72с.
8. Некрасова Е.С., Николаева Ю.А., Кашеева Т.К. Внедрение алгоритма комбинированного скрининга хромосомной патологии плода в 1 триместре беременности. // *Ж. акуш. Жен. Болезней.* – 2007. – Т. 56. – С. 28– 34.
9. Савельева Г.М., Панина О.Б., Сичинава Л.Г., Курцер М.А. Перинатальный период и его значение в развитии плода и новорожденного// *Акушерство и гинекология.* – 2004. №2 с.60
10. Савельева Г.М., Курцер М.А., Клименко П.А., Панина О.Б., Сичинава Л.Г., Шалина Р.И. Интранатальная охрана здоровья плода. Достижения и перспективы// *Акушерство и гинекология* – 2005. №3. с.3–7.
11. Хитров М.В., Охалкин М.Б. *Ультразвуковая диагностика в акушерстве, гинекологии и педиатрии.* 2000; 4: 45– 49.
12. Tadmouri GO, Nair P, T Obaid Al Ali MT, Al Khaja N, Hamams HA. Consanguinity and reproductive health among Arabs// *Reprod Health.* – 2009
13. Modell B, Darr A. Science and society: genetic counselling and customary consanguineous marriage// *Nat Rev Genet.* – 2002; 3(3):225–229.
14. Bittles AH; A community genetics perspective on consanguineous marriage// *Community Genet.* – 2008;11(6):324–330
15. Khlal M. Consanguineous marriage and reproduction in Beirut, Lebanon// *Am. J. Hum. Genet.* – 1988 43: 188–196.
16. Houry SA, Massad D. Consanguineous marriage in Jordan// *Am J Med Genet* – 1992;43(5):769–775.
17. Vintzileos A.M., Campbell W.A., Nochimson D.J. The use and misuse of the biophysical profile. // *Am. J. Obstet. Gynecol.* –1987. – Vol.156, № 3. – P:527–533.
18. WHO// *Child mortality 2014.*



# МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МЕТАПЛАСТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЖЕЛУДКА НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ЭНДСКОПИЧЕСКИХ УЗКОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ

DIFFERENTIATION METHOD OF A STOMACH METAPLASTIC CHANGES ON THE BASIS OF THE QUANTITATIVE ANALYSIS ENDOSCOPIC THE NARROWBAND MUCOUS MEMBRANE IMAGES

V. Ryzhkov  
D. Batukhtin  
N. Mitrakova  
R. Furina  
M. Gremyakina  
E. Goloduk  
S. Yuryeva

## Annotation

The quantitative assessment metaplastic changes of a stomach mucous membrane method based on the multidimensional statistical analysis is offered in article. To segment tissues on narrow band endoscopic images was developed classifier, allowing to obtain objective information about changes in the tissues. Classifier decides by comparing diagnosed image with the image models, built for healthy and diseased tissue. Based on the obtained after processing an endoscopic image data is constructed diagnostic chart of the stomach, allowing to objectify a picture to identify the most dangerous areas requiring attention and histological examination. The offered algorithm showed high efficiency and is rather simple in realization.

**Keywords:** endoscopy, NBI, multidimensional statistical analysis, qualifier, processing of images, stomach pathology, intestinal metaplasia.

**Рыжков Виктор Леонидович**  
Соискатель, ГБУ РМЭ Республиканская  
клиническая больница, г. Йошкар-Ола  
**Батухтин Дмитрий Михайлович**  
М.н.с., Поволжский Государственный  
Технический Университет  
**Митракова Нина Николаевна**  
Д.м.н., профессор каф. РТиМБС, Поволжский  
государственный технический университет  
**Фурина Раиса Рустэмовна**  
Аспирант, Поволжский Государственный  
Технический Университет  
**Гремякина Марина Олеговна**  
Аспирант, Поволжский Государственный  
Технический Университет  
**Голодюк Елена Анатольевна**  
Аспирант, Поволжский Государственный  
Технический Университет  
**Юрьева Светлана Николаевна**  
Соискатель, ГБУ РМЭ Республиканская  
клиническая больница, г. Йошкар-Ола

## Аннотация

В статье предложен метод количественной оценки метапластических изменений слизистой оболочки желудка, основанный на многомерном статистическом анализе. Для сегментации тканей по узкоспектральным эндоскопическим изображениям разработан классификатор, позволяющий получить объективную информацию об изменениях в тканях. Классификатор принимает решение по результатам сравнения диагностируемого изображения с моделями изображений, построенных для здоровой и пораженной тканей. На основании полученных после обработки эндоскопического изображения данных строится диагностическая карта желудка, что позволяет объективизировать увиденную картину, определить наиболее опасные участки, требующие пристального внимания и гистологического исследования. Предложенный алгоритм показал высокую эффективность и достаточно прост в реализации.

## Ключевые слова:

Эндоскопия, NBI, многомерный статистический анализ, классификатор, обработка изображений, патология желудка, кишечная метаплазия.

## ВВЕДЕНИЕ

В современной медицинской практике крайне остро стоит проблема ранней диагностики рака и предраковых

изменений желудка. Часто рак обнаруживают на поздних стадиях, когда заболевание уже затронуло функционирование одной или нескольких жизненно важных систем органов и распространилось по организму. Методы ран-

него обнаружения рака чрезвычайно важны, так как практически всегда раковые опухоли легче поддаются лечению при их раннем обнаружении.

Выявление предраковых изменений слизистой оболочки желудка и ранних форм рака желудка, является приоритетной задачей в практике врача-эндоскописта. В соответствии с современными представлениями об этапах желудочного канцерогенеза, пусковым механизмом в 60–90% случаев рака желудка является хроническая инфекция *H. pylori*, которая при длительном течении приводит к формированию хронического гастрита, с последующим развитием атрофии, кишечной метаплазии и дисплазии желудочного эпителия [2, 12, 13, 14]. Именно метапластические изменения слизистой занимают среднее положение в цепи вышеперечисленных изменений на пути к развитию рака желудка. Кроме того, степень распространенности кишечной метаплазии по данным ряда исследований [15], важна для прогноза развития неопластических изменений слизистой оболочки желудка. При ее объеме, который превышает 20% поверхности слизистой оболочки желудка, создаются условия для развития неоплазии желудка. Поэтому для повышения эффективности раннего выявления предраковых изменений важно обеспечить регистрацию этих процессов при проведении диагностических и скрининговых исследований пациентов [3].

Современная обычная эндоскопическая диагностика основана, главным образом, на регистрации характерных для той или иной патологии цветовых изменений, наблюдаемых через эндоскоп в белом свете. Методика диагностики основана на визуальном сличении наблюдаемой картины с эталонными цветными фотоснимками в атласах по эндоскопии, либо целиком на передаче опыта от одного эндоскописта другому, т. е. является существенно субъективной. Очевидно, что принципиальные недостатки такой методики регистрации не дают возможности ставить достоверный диагноз на достаточно ранней стадии заболевания, поскольку глаз, как спектральный прибор, обладает невысокой разрешающей способностью (не выше 0,05 мкм). Преобладающая окраска внутренней поверхности желудка обусловлена, главным образом, особенностями его кровоснабжения и имеет в основном розово-красные тона. В этой области спектра чувствительность глаза далека от оптимальной, и поэтому при эндоскопии в оценке характера окраски слизистой оболочки изучаемого органа присутствует большая доля субъективности. Кроме того, у врачей-эндоскопистов могут встречаться различные особенности цветовосприятия.

Изменение цвета, дающее диагностическую информацию, связано либо с изменениями кровенаполнения, либо с состоянием слизистой оболочки. Окраска слизистой оболочки и выраженность сосудистого рисунка могут

зависеть от уровня гемоглобина у обследуемого, анатомических особенностей кровеносных сосудов, выраженности тонуса мышечной стенки желудка, а также степени раздувания полости органа инсuffлируемым воздухом.

Таким образом, эндоскопическая диагностика патологических состояний не может считаться абсолютно достоверной, вследствие чего отсутствует полный параллелизм между эндоскопическими и гистологическими диагнозами.

Использование технологии NBI дает возможность врачу с большой достоверностью визуально оценить степень изменений внутренних тканей желудочно-кишечного тракта. Используемые световые волны в NBI-режиме (415 и 540 нм) хорошо поглощаются гемоглобином, вследствие чего отмечается усиление визуализации внутрислизистого сосудистого рисунка и изменение цветового оттенка тканей [4]. Этот эффект позволяет выявлять патологические очаговые изменения слизистой, в частности, кишечную метаплазию желудка. Создание такой рода системы позволит эффективнее и быстрее проводить эндоскопические исследования, а также снизит риск ошибочного определения или не определения заболевания [5–8].

Замещение нормального цилиндрического эпителия, выстилающего поверхность слизистой оболочки желудка при возникновении такого предракового изменения как кишечная метаплазия, приводит к образованию на внутренней поверхности желудка очаговых структурных изменений слизистой. В режиме NBI подобные очаги выделяются характерным серо-зеленым цветом, обусловленным изменением структуры эпителия и его кровоснабжения, на фоне не замещенной кишечным эпителием слизистой желудка, имеющей розовый цвет.

Безусловно, NBI-эндоскопия значительно улучшает визуализацию очагов кишечной метаплазии в сравнении с рутинным осмотром в белом свете (рис. 1), однако субъективность цветовосприятия изменений слизистой врачами-эндоскопистами NBI технология решить не может.

В связи с этим, необходимо разработать метод для построения автоматической системы классификации тканей желудка с учетом специфики светимости слизистой оболочки желудка при различных изменениях эпителия и в норме.

*Цель работы:* получение метода объективной дифференциации патологических метапластических изменений слизистой поверхности желудка с использованием технологии NBI на базе классификатора, принимающего решения на основе сравнения статистических характеристик изображения диагностируемого участка ткани.

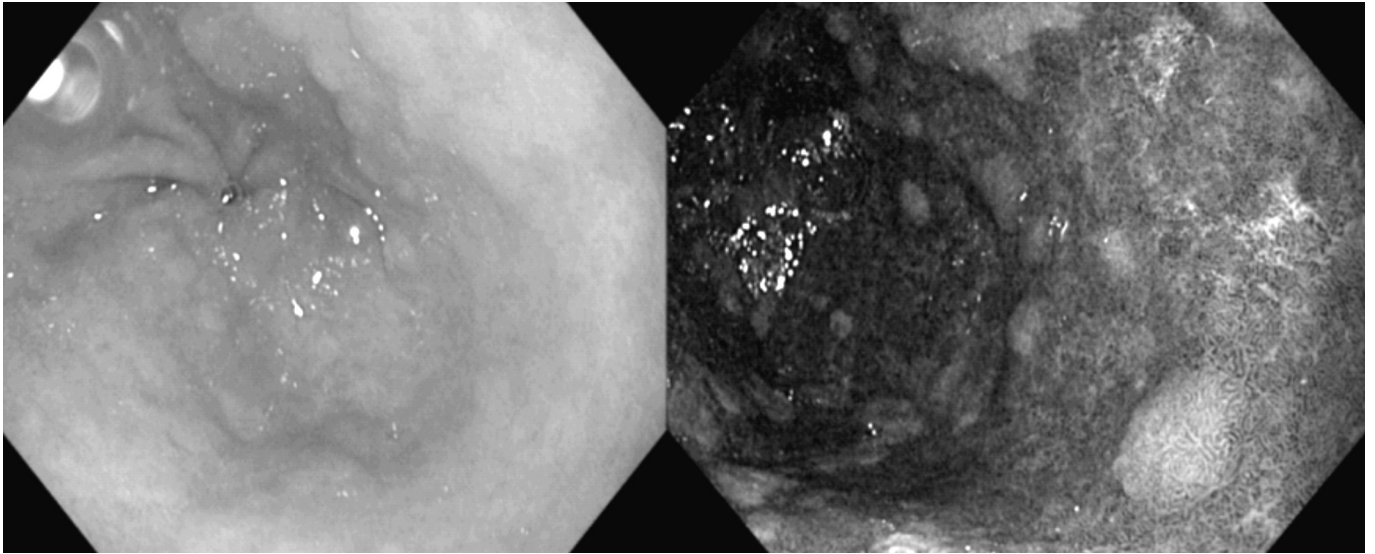


Рисунок 1. Эндоскопическое изображение желудка в обычном "белом" свете и в узкоспектральном (NBI) диапазоне.

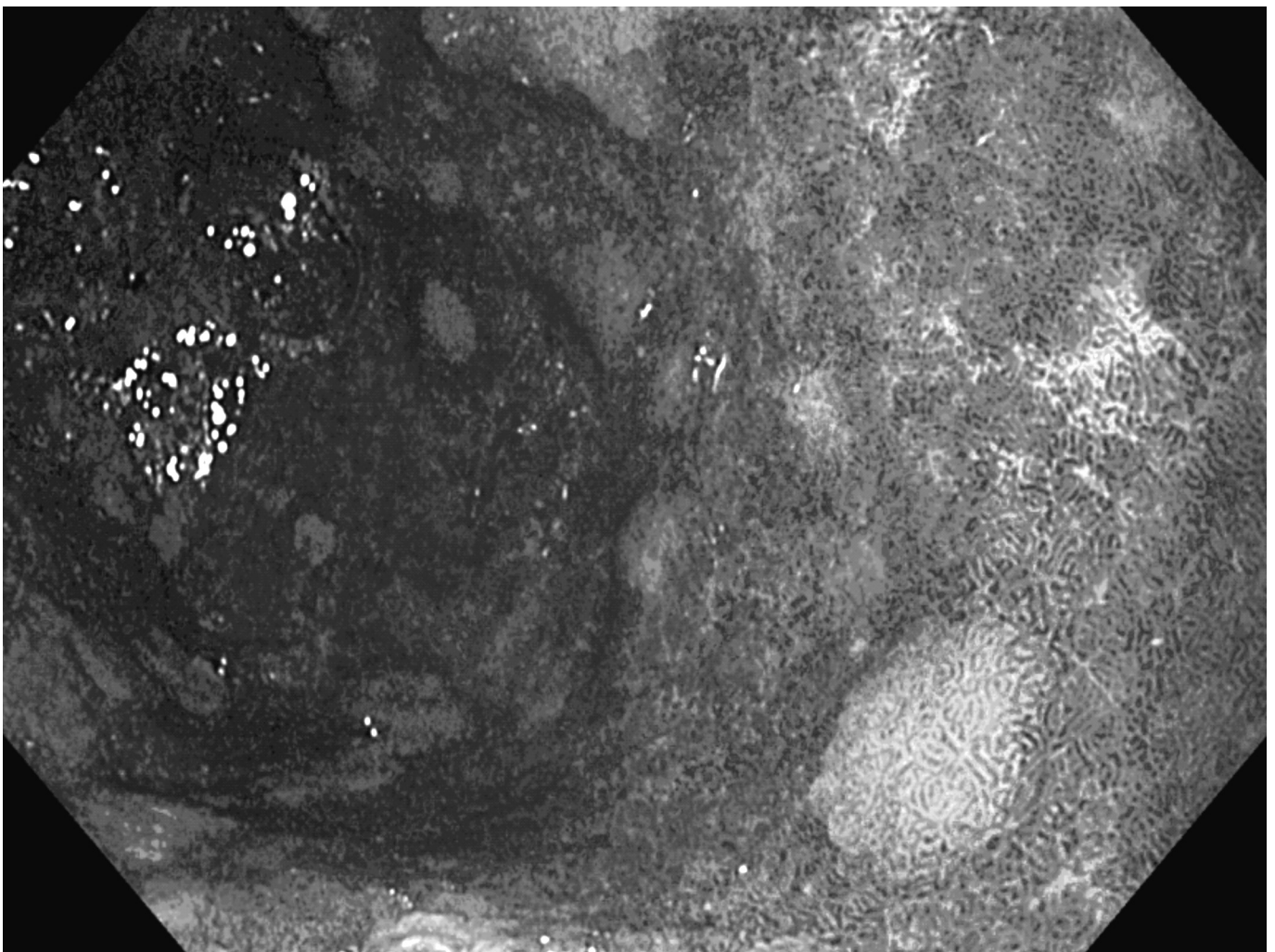


Рисунок 2. Эндоскопическое изображение желудка в узкоспектральном диапазоне.

## Материалы и методы

Проводимая работа базировалась на обработке изображений желудка у пациентов эндоскопического отделения Республиканской клинической больницы г. Йошкар-Олы. Изображения были получены при помощи видеоэндоскопической системы EVIS EXERA II CV 180 (производитель "Olympus", Япония), оснащённой NBI технологией. Основу проведенного исследования составляют результаты эндоскопического исследования пациентов с метапластическими изменениями слизистой желудка.

Пример такого изображения представлен на **рис.2**.

Зоны кишечной метаплазии, как правило, имеют цвет, приближенный к серо-зеленому, в то время как нормальная слизистая без патологии характеризуется более розовым тоном. На **рис.3** выделены области, содержащие метапластические изменения слизистой.

Каждое изображение соответствовало множеству  $U$ , элементами которого являются пиксели. Изображение было задано в пространстве цветов RGB, т.е. цвет каждого пиксела определялся смешением красного, зеленого и синего цветов, взятых с определенным коэффициентом яркости, который, в свою очередь, был задан в диапазоне от 0 до 255.

Таким образом, каждый пиксел можно представить в виде вектора –  $\{u_R, u_G, u_B\}$  координатами которого будут значения яркости его цветовых компонент. Множество  $U$  представляет собой массив точек (вершин векторов каждого пиксела), который формирует точечное поле в декартовом пространстве RGB. Соответственно, зоны кишечной метаплазии и слизистой без таковой характеризуются своими точечными полями.

Для проведения исследования врачом-специалистом на эндоскопических снимках были выделены такие зоны. По этим данным были получены соответствующие точечные поля. На **рис. 4** показаны два точечных поля: поле красного цвета характерно для зон кишечной метаплазии, черного – без таковой.

Как видно из данного изображения, цветовые характеристики элементов изображения содержат достаточную информацию для классификации этих элементов.

Таким образом, создание автоматизированной системы диагностики предраковых состояний основывается на дифференциации пикселей эндоскопического снимка по параметрам их светимости.

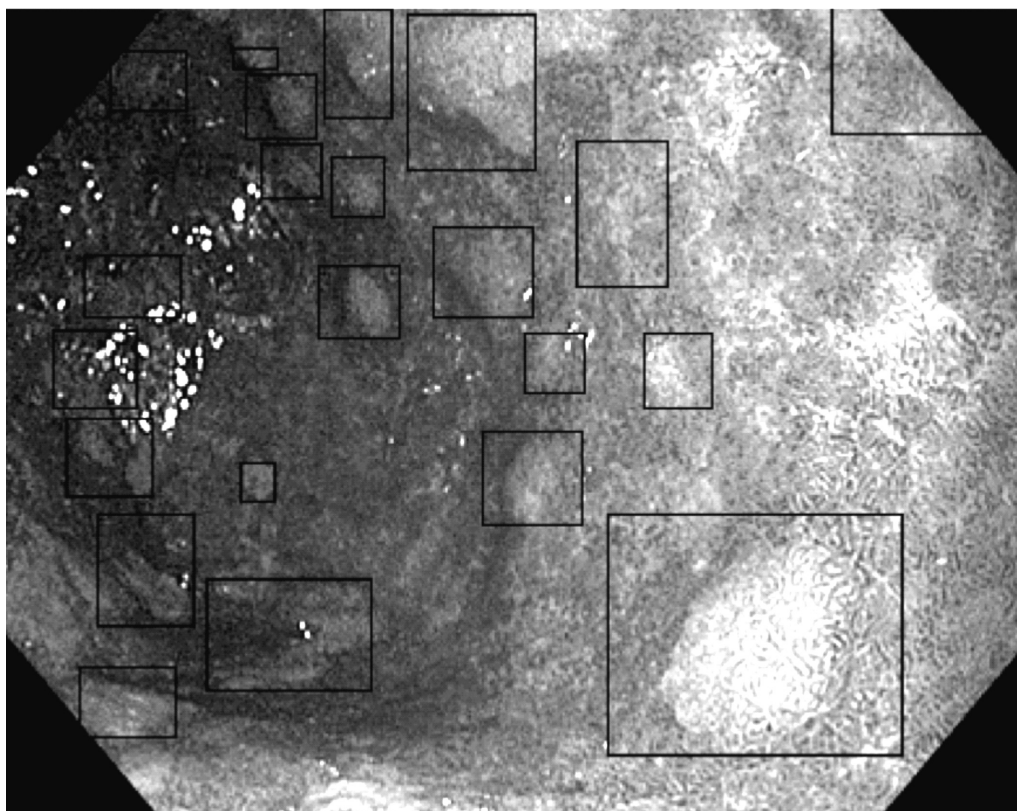


Рисунок 3. Эндоскопическое изображение желудка с выделенными зонами кишечной метаплазии.

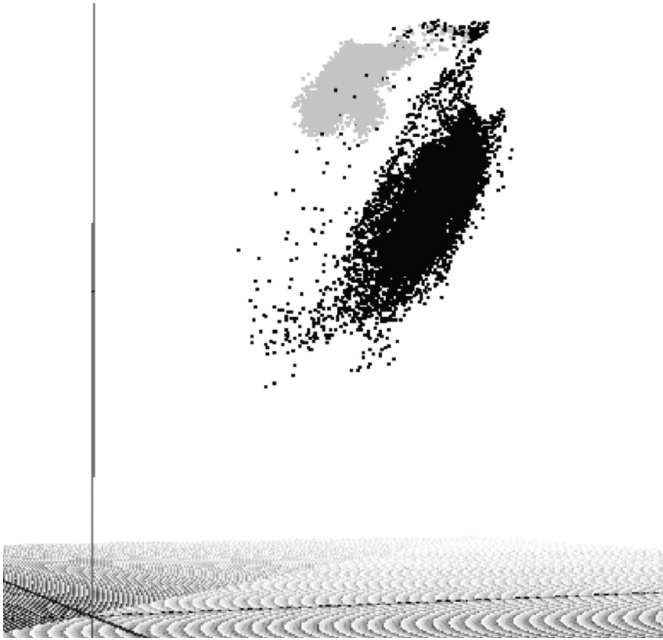


Рисунок 4. Точечные поля не измененной слизистой и патологии в пространстве RGB.

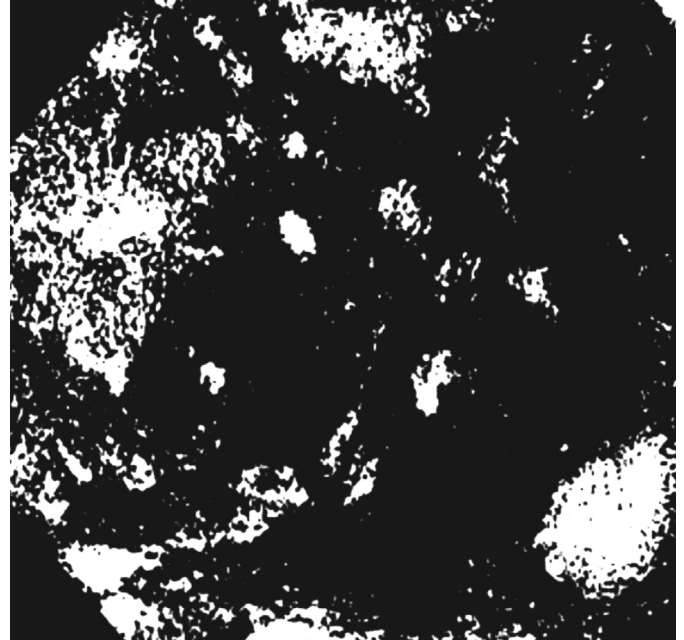


Рисунок 6. Изображение в псевдоцветах после операции классификации.

Алгоритм классификации тканей эпителия желудка

Врач-эксперт выделяет на изображении ряд участков, соответствующих ткани без патологических изменений. На основе этих данных формируется обучающая выборка значений светимости пикселей, необходимая для построения математической модели ткани желудка без метаплазии. По аналогии с этим, на основании решения врача формируется математическая модель ткани с наличием метаплазии – выборка  $V$  (см. рис. 5).

Построенный классификатор позволяет отнести все пиксели изображения к тому или иному классу. Для повышения диагностической значимости такой информации следует на её основе синтезировать новое изображение в псевдоцветах, например, задав всем пикселям, отнесенным к патологии зеленый цвет, а пикселям не из-

менённой ткани – красный. Пример такого изображения представлен на рис. 6.

Как видно, полученное изображение достаточно сложно интерпретировать врачу. Поэтому следует произвести интегрирование исходного и полученного изображения. На рис. 7 представлен пример результирующего изображения.

Экспериментальная проверка работы описанного выше классификатора показала, что форма участка ткани, признанной классификатором патологией, хорошо совпадает с формой визуально определяемого участка, выделенной по цвету на узкоспектральном эндоскопическом изображении. При этом величина достаточной статистики в виде отношения правдоподобия для пикселей здоровой и пораженной тканей на поверхности желудка на восемь и более порядков больше единицы.

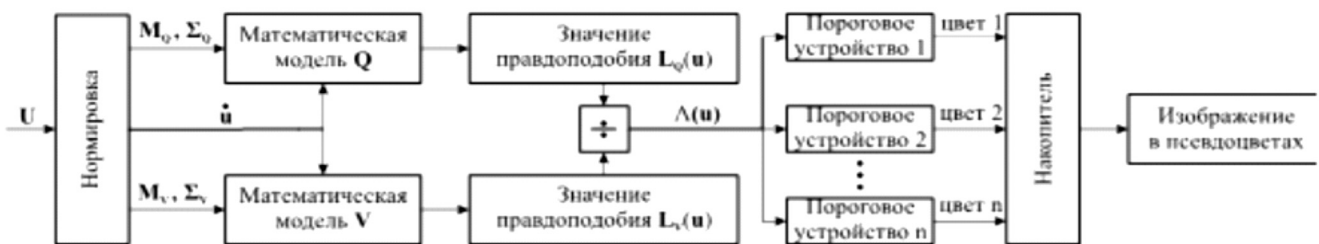


Рисунок 5. Структура классификатора тканей желудка (где  $M$  и  $\Sigma$  - средний вектор и ковариационная матрица выборки каждой математической модели)

Очевидно, что между этими участками значение достаточной статистики постепенно снижается до значения единицы при попадании на здоровый участок (с учетом ее variability, вызванной случайными факторами).

Состояние ткани в пределах данного пограничного

слоя содержит необходимую информацию для количественного определения целого ряда важных для динамики канцерогенеза факторов, в первую очередь, следующих:

1. диагностика малых по размеру очагов метаплазии эпителия желудка;

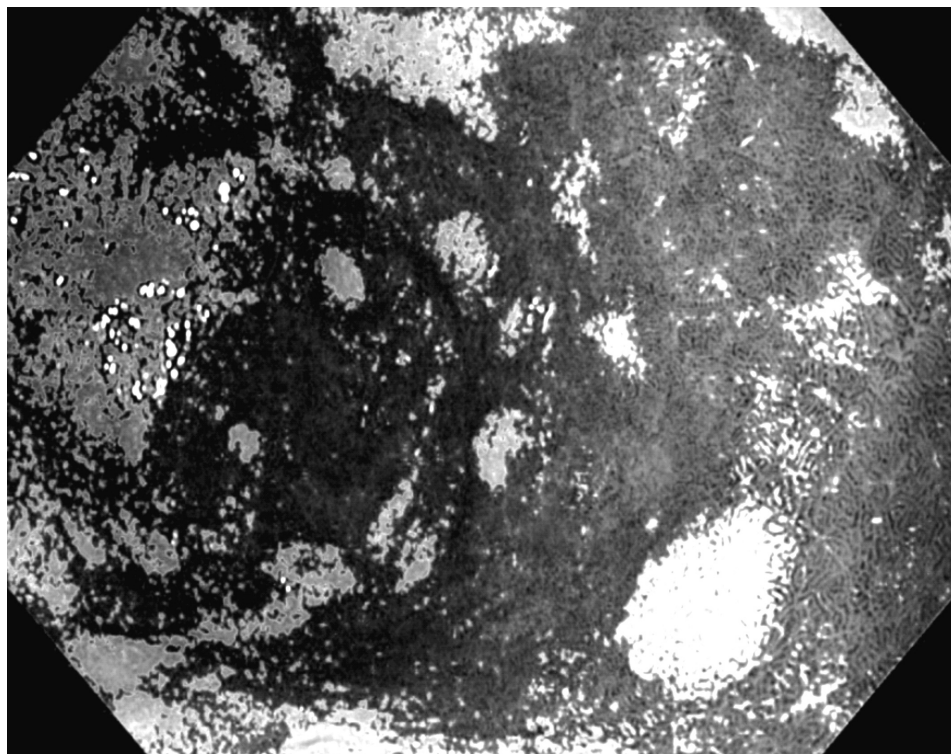


Рисунок 7. Результат наложения изображения в псевдоцветах на исходное изображение с уровнем прозрачности 75%.

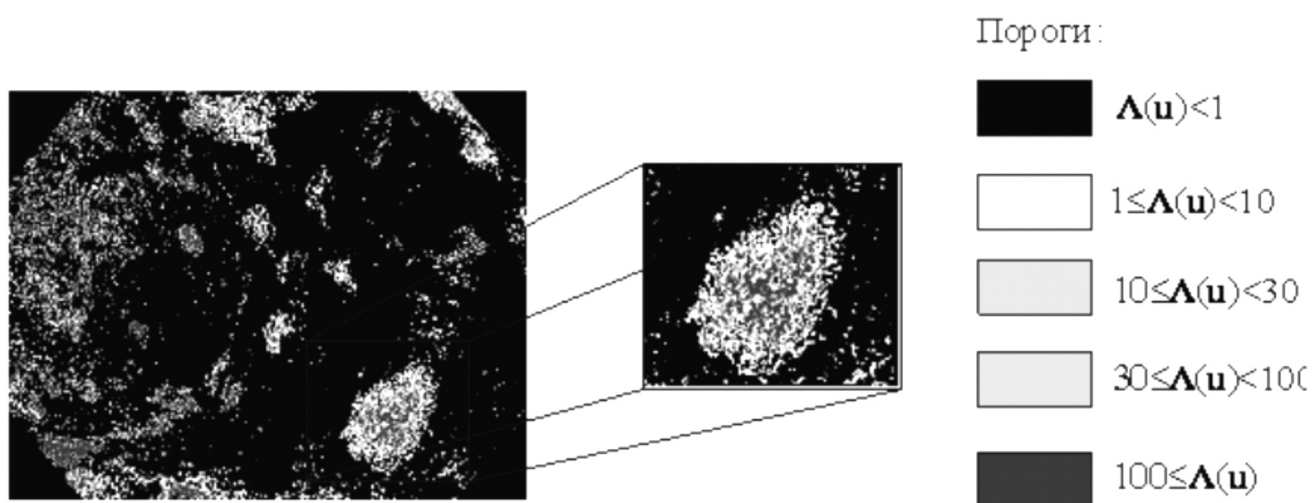


Рисунок 8. Диагностическая карта поверхности желудка.

2. определение границы патологического очага, характеризующегося с достаточно высокими значениями отношения правдоподобия;

3. оценка динамики распространения метапластических изменений желудка при повторных исследованиях;

4. определение оптимальных участков для биопсии и границ изменений слизистой при необходимости хирургического (эндоскопического) вмешательства.

Для оценки перечисленных факторов следует провести анализ значений отношения правдоподобия, в частности, установить несколько локальных порогов, которые позволят дифференцировать зоны на изображении по степени их поражения. Пикселям в диапазоне новых порогов присваивается определенный цвет. Таким образом, формируется диагностическая карта слизистой поверхности желудка (рис. 8).

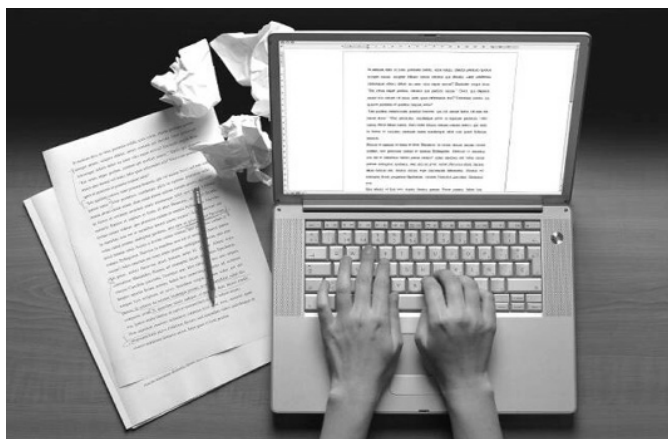
#### Обсуждение и заключение

В работе представлен вариант создания автоматизированной системы определения метапластических изменений тканей слизистой оболочки желудка. Для решения поставленной задачи используется метод многомерного статистического анализа. На основании полученных после обработки эндоскопического изображения данных строится диагностическая карта желудка, что позволит объективизировать увиденную картину, определить наиболее опасные участки, требующие пристального внимания и гистологического исследования. Кроме того, учитывая тот факт, что степень распространенности кишечной метаплазии важен для прогноза развития неопластических изменений слизистой оболочки желудка, разработанный метод значительно облегчает установление площади поражения. Предложенный алгоритм показал высокую эффективность и достаточно прост в реализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Каприн А. Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Состояние онкологической помощи населению России в 2013 году/ А. Д. Каприн, В.В. Старинский, Г.В. Петрова. М., ФГБУ "МНИОИ им. П.А. Герцена" Минздрава России, 2014. – 235 с
- Raftopoulos S. C., Kumarasinghe P., de Boer B., Iacobelli J., Kontorinis N., Fermoye S, Olynyk J, Forrest C, Ee HC, Yusoff IF. Gastric intraepithelial neoplasia in a Western population // Eur J Gastroenterol Hepatol. 2012. –Jan;24(1). – P. 48–54.
- Степанов Ю.М., Симонова Е.В., Повышение информативности эндоскопической диагностики предраковых изменений и рака желудка у больных с атрофическим гастритом // Гастроэнтерология – 2013. №4 (50). –С. 23–33
- Gono, K. An introduction to high-resolution endoscopy and narrowband imaging / K. Gono; In Cohen J. Editor // Advanced digestive endoscopy: comprehensive atlas of high resolution endoscopy and narrowband imaging. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2007. – P. 9–22.
- Пеганова, Е.В., Батухтин Д.М., Митракова, Н.Н., Оптимизация эндоскопической диагностики патологии пищевода на основе автоматизированной системы сегментации узкоспектральных изображений / Е.В. Пеганова, Д.М. Батухтин, Н.Н. Митракова/ Практическая медицина. –2014. №3(79). – С.168–174.
- Пеганова, Е.В., Митракова, Н.Н., Рыжков, В.Л. и др. Повышение информативности результатов узкоспектральной эндоскопии в диагностике предраковых заболеваний и раннего рака пищевода /Е.В. Пеганова, Н.Н. Митракова, В.Л. Рыжков и др.// Современные технологии в медицине. – 2012. – №2. – С.68–73.
- Фурман Я.А., Батухтин Д.М., Пеганова Е.В., Митракова Н.Н., Методы многомерного статистического анализа в оценке степени поражения тканей по эндоскопическим NBI-изображениям // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. №4(13). – С.903–910.
- Пеганова Е.В., Батухтин Д.М., Митракова Н.Н., Автоматизированная система сегментации узкоспектральных изображений для оптимизации эндоскопической диагностики патологии пищевода // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2014. №3(103). – С.32–37.
- Калинина, В.Н., Соловьев, В.И. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие / ГУУ. – М.:2003.
- Тихонов, В.И., Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.
- Нильсон, Н.Н., Обучающиеся машины / Под ред. Э.М. Бравермана. – М.: Мир, 1967, 180 с.
- N. Sakaki, Y. Iida, Y. Okazaki [et al.]. Magnifying endoscopic observation of the gastric mucosa, particularly in patients with atrophic gastritis / Endoscopy // – 1978 – Vol. 4. – P. 269–274.
- N. Sakaki, H. Kozawa, N. Egawa [et al.]. Ten year prospective followup study on the relationship between Helicobacter pylori infection and progression of atrophic gastritis / Aliment. Pharmacol. Ther. –2002. – Vol. 16. – P. 198–203.
- Вернигородский С.В., Мнихович М.В. Диагностическое и прогностическое значение иммуногистохимических маркеров кишечной метаплазии слизистой оболочки желудка Клиническая и экспериментальная морфология. 2013. № 2 (6). С. 18–22.
- Вернигородский С.В., Мнихович М.В. Диагностическое и прогностическое значение иммуногистохимических маркеров кишечной метаплазии слизистой оболочки желудка Клиническая и экспериментальная морфология. 2013. № 2 (6). С. 18–22.





## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Arkhipov A.** – MD, Ph.D., assistant professor of dentistry GBOU IPO Samara State Medical University Health Ministry  
e-mail : 867686@mail.ru

**Arkhipov V.Y.** – Ordinator of the Department of Dentistry GBOU IPO Samara State Medical University Health Ministry  
e-mail : cerec1@mail.ru

**Arkhipov V.** – MD, Professor, Head of the Department of Dentistry GBOU IPO Samara State Medical University Health Ministry  
e-mail : ArhipovO163@mail.ru

**Baltina T.** – PhD, assistant professor of human and animal physiology IFMiB CFI, Kazan  
e-mail : tvbaltina@gmail.com

**Batukhtin D.** – Junior researcher, Volga State Technical University  
e-mail : norfo@mail.ru

**Berihanova R.** – MD, obstetrician-gynecologist, FBU Central Clinical Hospital of Civil Aviation, Moscow  
e-mail : rumiska07@mail.ru

**Bogdanova A.** – National University of mineral resources "Mountain", St. Petersburg  
e-mail : nas-bogdan@yandex.ru

**Butyugin I.** – Candidate of medical Sciences, head of Department of therapeutic and pediatric dentistry, state budgetary educational institution "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation.  
e-mail : butyugin@inbox.ru

**Dokuchaev I.** – Director FIRMA "RTM", the expert of the highest qualification  
e-mail : rtmgas@mail.ru

**Dolgushin I.** – Doctor of medical Sciences, Professor, rector, head of Department of Microbiology, Virology, immunology and clinical laboratory diagnostics, state budgetary educational institution "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation.  
e-mail : butyugin@inbox.ru

**Furina R.** – Graduate, Volga State Technical University  
e-mail : furina\_raisa@mail.ru

**Gabdulkhaev V.** – Ural State University of Railway Transport  
e-mail : vadim260788@mail.ru

**Gabdullina E.** – Ph.D., associate professor, Ufa State Aviation Technical University  
e-mail : gabdullina\_er@mail.ru

**Gassieva V.** – An applicant for a degree, North Ossetian State University by K.L.Khetagurov  
e-mail : valya.gassieva@mail.ru

**Gavrishenko V.** – Fellowship, Tyumen State Oil and Gas University  
e-mail : scorpion-707@mail.ru

**Goloduk E.** – Graduate, Volga State Technical University  
e-mail : goloduk\_ea@list.ru

**Gremyakina M.** – Graduate, Volga State Technical University  
e-mail : marina.gremyakin@list.ru

**Gurin A.** – A surgeon, a Clinical oncologist–diagnostic unit/ (part-time assistant researcher of the scientific Department of thoracic Oncology) Scientific research Institute of Oncology. Prof. N. N. Petrov, St. Petersburg  
e-mail : 261126.79@mail.ru

**Ivanov V.** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola  
e-mail : denis\_ved@mail.ru

**Kadysheva E.** – Graduate student of human and animal physiology IFMiB CFI  
e-mail : kety-smile@mail.ru

**Korolev M.** – Ph.D., Associate Professor, Tyumen State Oil and Gas University  
e-mail : korolms@mail.ru

**Kotova T.** – Candidate of medical Sciences, researcher of scientific clinical centre for medical Cryology "OnColor", Nizhny Novgorod  
e-mail : 261126.79@mail.ru

**Kratov S.** – Junior Researcher, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk  
e-mail : kratov@sscc.ru

**Kravets O.** – Professor, FGBOU IN "Voronezh State Technical University"  
e-mail : osa@vmail.ru

**Kushnazarov F.** – Railways intern, Petersburg State University  
e-mail : inventor777@mail.ru

**Lavresh I.** – Ph.D., Associate Professor, Syktyvkar Forest Institute (branch) of VPO "Saint-Petersburg State Forestry University named after SM Kirov"  
e-mail : ilavresh@mail.ru



**Lepikhina O.** – Ph.D., Associate Professor, National University of mineral resources "Mountain", St. Petersburg  
**e-mail** : Olgalepikhina1984@gmail.com

**Magomedova A.** – Graduate student, Medical University "Dagestan State Medical Academy," the Ministry of Health, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty training and retraining of specialists, Makhachkala, Russia  
**e-mail** : albina\_magomedova\_79@mail.ru

**Makarova E.** – Professor, Ufa State Aviation Technical University  
**e-mail** : makarova-*ea*@mail.ru

**Makarova N.** – Director of Animal Production LLC "AgriVolga" Uglich  
**e-mail** : lyubov-kas@mail.ru

**Minenko I.** – MD, Professor, Medical University "First Moscow State Medical University named after IM Sechenov"  
**e-mail** : rumiska07@mail.ru

**Mispahov I.** – Senior lecturer, Federal state budgetary institution of higher education "Dagestan state technical University"  
**e-mail** : igram.mispahov@mail.ru

**Mittrakova N.** – MD, professor of RTI MBS Volga State Technical University  
**e-mail** : endomittrakova@mail.ru

**Morozov O.** – Dr., Kazan National Research Technical University. AN Tupolev – KAI  
**e-mail** : aydar.nasybullin@mail.ru

**Nasybullin A.** – Ph.D., Associate Professor, Kazan National Research Technical University. AN Tupolev – KAI  
**e-mail** : aydar.nasybullin@mail.ru

**Nesteruk L.** – Researcher, FGBUN Institute of General Genetics. NI Vavilov, RAS, Moscow  
**e-mail** : lyubov-kas@mail.ru

**Oleinikova S.** – Ph.D., Associate Professor, FGBOU IN "Voronezh State Technical University"  
**e-mail** : osa@vmail.ru

**Omarov N.** – MD, Professor, Medical University "Dagestan State Medical Academy," the Ministry of Health, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty training and retraining of specialists, Makhachkala, Russia  
**e-mail** : albina\_magomedova\_79@mail.ru

**Poltavskiy M.** – Expert Group Co., Ltd "RTM"  
**e-mail** : rtmgas@mail.ru

**Pugacheva S.** – Sternberg State Astronomical Institute Moscow State University  
**e-mail** : sve-pugacheva@yandex.ru

**Rakita D.** – MD, Professor, Chief Physician GBU RA "Regional Clinical Cardiology Dispensary"  
**e-mail** : misha.juchkov@gmail.com

**Romashevskaya Y.** – PhD student, Institute of Control. VAI Trapeznikov Russian Academy of Sciences, Moscow  
**e-mail** : y.a.romashevskaya@gmail.com

**Ryabova N.** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola  
**e-mail** : denis\_ved@mail.ru

**Ryzhkov V.** – The applicant, GBU RME Republican Clinical Hospital, Yoshkar-Ola  
**e-mail** : viktorryzhkov79@rambler.ru

**Sedelnikov Yu.** – Professor, Kazan National Research Technical University. AN Tupolev – KAI  
**e-mail** : denis\_ved@mail.ru

**Shtefan J.** – Ph.D., associate professor of cafes. PRADM Moscow Automobile and Road State Technical University  
**e-mail** : rtmgas@mail.ru

**Sirotkin G.** – Graduate, Astrakhan State Technical University  
**e-mail** : svb\_61@mail.ru

**Sokolova O.** – Ph.D., Senior Researcher, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk  
**e-mail** : olga@rav.sccc.ru

**Stepanovskaya I.** – Ph.D., leading researcher, Institute of Control. VAI Trapeznikov Russian Academy of Sciences, Moscow  
**e-mail** :irstepan3353430@yandex.ru

**Stolpovsky Yu.** – PhD. Head. Laboratory of Comparative Genetics of Animals, FGBUN And nstitut General Genetics. NI Vavilov, RAS, Moscow  
**e-mail** : lyubov-kas@mail.ru

**Suchkov A.** – Lead Engineer, JSC "Scientific-Production Association" Lianozovo Electromechanical Plant", Moscow  
**e-mail** : avsu@bk.ru

**Svishcheva G.** – PhD, Senior Scientist, FGBUN Institute of General Genetics. NI Vavilov, RAS, Moscow  
**e-mail** : lyubov-kas@mail.ru

**Tarasova M.** – PhD, chief physician GBU RA "Regional Clinical Skin and Venereal Diseases Dispensary", assistant chair of dermatology Medical University "Ryazan State Medical University named after acad. Pavlov Ministry of Health"  
**e-mail** : misha.juchkov@gmail.com

**Trifonov A.** – Head. laboratory, Syktyvkar Forest Institute (branch) of VPO "Saint-Petersburg State Forestry University named after SM Kirov"  
**e-mail** : ilavresh@mail.ru

**Vedenkin D.** – Ph.D., Associate Professor, Kazan National Research Technical University. AN Tupolev – KAI  
**e-mail** : denis\_ved@mail.ru

**Yafarova G.** – PhD. Assistant Department of Human and Animal Physiology IFMiB CFJ, the Vedas. scientific. et al. Research Division, Gause "Republican Clinical Hospital MoH", Kazan.  
**e-mail** : gusadila@mail.ru

**Yermoshina N.** – PhD. Associate Professor, Head of Department of dermatology Medical University "Ryazan State Medical University named after academician IP Pavlova "Ministry of Health"  
**e-mail** : misha.juchkov@gmail.com

**Yuryeva S.** – The applicant, GBU RME Republican Clinical Hospital, Yoshkar-Ola  
**e-mail** : svegiga@mail.ru

**Zakieva E.** – Ph.D., associate professor, Ufa State Aviation Technical University  
**e-mail** : zakievae@mail.ru

**Zhuchkov M.** – Deputy Chief Physician GBU RA "Regional Clinical Skin and Venereal Diseases Dispensary" for organizational – methodical and scientific work, the Chairman of the Ryazan regional branch of the NGO "Society of evidence-based medicine", member of the Management Board of the PPO of "RODVK"  
**e-mail** : misha.juchkov@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 допускается.
- ◆ 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.
- ◆ Список литературы 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 ).