

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



# СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

**Научный журнал**

**Выпуск №1 (25), 2019**

**Выходит 4 раза в год**

ISSN2307-910X

Ставрополь – Пятигорск  
2019

<b>Учредитель</b>	<b>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение Высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»</b>
<b>Главный редактор Редакционный совет журнала</b>	<b>Шебзухова Т. А.</b> , доктор исторических наук, профессор <b>Левитская А. А.</b> , кандидат филологических наук, доцент, ректор СКФУ, председатель; <b>Лиховид А. А.</b> , доктор географических наук, кандидат биологических наук, профессор проректор по научной работе и стратегическому развитию, заместитель председателя; <b>Шебзухова Т. А.</b> , доктор исторических наук, профессор, заместитель председателя; <b>Евдокимов И. А.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Вартумян А. А.</b> , доктор политических наук, профессор; <b>Першин И. М.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Колесников А. А.</b> , доктор технических наук, профессор (ЮФУ, Таганрог); <b>Медетов Н. А.</b> , доктор физико-математических наук, профессор, (Костанайский государственный университет им. Байтурсынова), г. Костанай, республика Казахстан; <b>Уткин В. А.</b> , доктор медицинских наук, профессор (НИИ Курортологии г. Пятигорск); <b>Веселов Г. Е.</b> , доктор технических наук, профессор (ЮФУ, г. Таганрог); <b>Григорьев В. В.</b> , доктор технических наук, профессор (САО УИТМО, Санкт-Петербург); <b>Душин С. Е.</b> , доктор технических наук, профессор (СПбГЭТУ, Санкт-Петербург); <b>Малков А. В.</b> , доктор технических наук, профессор (ООО «Нарзангидроресурс», г. Кисловодск); <b>Балега Ю. Ю.</b> , член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук (САО РАН, п. Верхний Архыз); <b>Cynthia Pizarro</b> , доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); <b>Федорова М. М.</b> , доктор политических наук, профессор (Институт философии РАН, г. Москва), <b>Коробков А. А.</b> , доктор медицинских наук, профессор (СГМУ, г. Ставрополь); <b>Hannes Meissner</b> , доктор наук, профессор (Университет прикладных исследований Вены, Австрия)
<b>Редакционная коллегия</b>	<b>Шебзухова Т. А.</b> , доктор исторических наук, профессор, главный редактор; <b>Вартумян А. А.</b> , доктор политических наук, профессор, зам. главного редактора по гуманитарному направлению; <b>Першин И. М.</b> , доктор технических наук, профессор, зам. главного редактора по техническому направлению; <b>Богатырева Ю. И.</b> , доктор педагогических наук, доцент, профессор (Тульский государственный педагогический университета им. Л. Н. Толстого, г. Тула); <b>Брацихин А. А.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Веселов Г. Е.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Воронков А. А.</b> , доктор медицинских наук, доцент, зам. директора по Уи ВР (ПМФИ, г. Пятигорск); <b>Галкина Е. В.</b> , доктор политических наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); <b>Данилова-Волковская Г. М.</b> , доктор технических наук, доцент; <b>Емельянов С. А.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Казуб В. Т.</b> , доктор технических наук, профессор; <b>Карабущенко П. Л.</b> , доктор философских наук, профессор (АГУ, г. Астрахань); <b>Пшеничкина В. А.</b> , доктор технических наук, профессор (Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград); <b>Корякина С. Я.</b> , доктор технических наук, профессор (ОГТУ, г. Орел); <b>Коновалов Д. А.</b> , доктор фармацевтических наук, профессор (ПМФИ, г. Пятигорск); <b>Косов Г. В.</b> , доктор политических наук, профессор (ШГУ, г. Пятигорск); <b>Шейна С. Г.</b> , доктор технических наук, профессор (ДГТУ, г. Ростов-на-Дону); <b>Лодыгин А. Д.</b> , доктор технических наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); <b>Cynthia Pizarro</b> , доктор антропологии, профессор, член национального совета по научным и техническим исследованиям Аргентины (Университет Буэнос-Айреса, Аргентина); <b>Манинио Саверио</b> , профессор, Миланский университет (Италия, г. Милан), <b>Садовый В. В.</b> , доктор технических наук, профессор (Ставропольский институт кооперации (филиал) Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Ставрополь); <b>Сампиев И. М.</b> , доктор политических наук, профессор зав. каф. СиП (ИнГУ, Республика Ингушетия); <b>Теплый Д. Л.</b> , доктор биологических наук, профессор, академик РАН (АГУ, г. Астрахань); <b>Усманов Р. Х.</b> , доктор политических наук, профессор (АГУ, г. Астрахань); <b>Тарасов И. Н.</b> , доктор политических наук, профессор (КГУ, г. Калининград); <b>Уткин В. А.</b> , доктор медицинских наук, профессор; <b>Шабров О. Ф.</b> , доктор политических наук, профессор (РАСН, г. Москва); <b>Храмцова Ф. И.</b> , доктор политических наук, профессор (филиал РГСУ, г. Минск); <b>Oliver Hinkelbein</b> , доктор наук, профессор (Университет Бремена, Германия); <b>Khalid Khayati</b> , доктор наук, профессор (Университет Линчопинг, Швеция); <b>Чернобабов А. И.</b> , доктор физико-математических наук, профессор; <b>Чернышев А. Б.</b> , доктор физико-математических наук, доцент; <b>Ширинянц А. А.</b> , доктор политических наук, профессор, зав. каф. истории социально-политических учений (МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва)
<b>Ответственный секретарь</b>	<b>Оробинская В. Н.</b> , кандидат технических наук
<b>Свидетельство о регистрации СМИ</b>	Научный журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-51370 от 10 октября 2012 г.
<b>Подписной индекс</b>	Объединенный каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94010 Журнал включен новый перечень рецензируемых изданий (ВАК) (№1866); в БД «Российский индекс научного цитирования»
<b>Адрес:</b>	юридический: 355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, д. 2. фактический: 357500, г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56
<b>Телефон:</b>	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
<b>E-mail:</b>	oronir@pfncfu.ru
<b>ISSN</b>	2307-910X

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 2019

Founder	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North Caucasus Federal University"
Chief Editor	Shebzukhova T. A., Doctor of Historical Sciences, Professor
The editorial board of the journal	Levitskaya A. A., Candidate of Philological Sciences, Professor, Rector of NCFU, chairman; Likhovid A. A., Doctor of Geographical Sciences, Candidate of Biological Sciences, Professor, Vice-rector for research and strategic development, Vice-Chairman; Shebzukhova T. A., Doctor of History, Professor, Deputy Chairman; Evdokimov I. A., Doctor of Technical Sciences, Professor; Vartumyan A. A., Doctor of Political Sciences, Professor; Pershin I. M., Doctor of Technical Sciences, Professor; Kolesnikov A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Taganrog, SFU); Medetov N. A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, (Kostanay State University named after Baitursynov), Kostanay, Republic of Kazakhstan; Utkin V. A., MD, Professor (Institute of Spa in Pyatigorsk); Veselov G. E., Doctor of Technical Sciences, Professor (Taganrog, SFU); Grigoriev V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor (St. Petersburg, St. Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics); Dushyn S. E., Doctor of Technical Sciences, Professor (St. Petersburg State Electrotechnical University); Malkov A. V., Doctor of Technical Sciences, Professor ("Narzangidroresurs" Ltd., Kislovodsk); Balega Yu. Yu., Member-correspondent of RAS, Doctor of Physical and Mathematical Sciences (Upper Arkhyz, SAO RAS); Dr. Cynthia Pizarro, Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires); Fedorova M. M., Doctor of Political Sciences, Professor (Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences, Moscow), Korobkeev A. A., MD, Professor (SSMU, Stavropol); Hannes Meissner, Doctor of Sciences, Professor (University of applied studies, Vienna, Austria)
The editorial team	Shebzukhova T. A., Doctor of Historical Sciences, Professor, Chief Editor; Vartumyan A. A., Doctor of Political Sciences, Professor, Deputy Chief Editor of the Humanitarian direction; Pershin I. M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Chief Editor of the Technical direction; Bogatyreva Yu. I., Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor (Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, Tula); Bratsikhin A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor; Veselov G. E., Doctor of Technical Sciences, Professor; Voronkov A. A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Deputy director for academic and educational work, the head of the Department of Pharmacology and Pathology, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch of the Volgograd State Medical University); Galkina E. V., Doctor of Political Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Danilova-Volkovskaya G. M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Emelyanov S. A., Doctor of Technical Sciences, Professor; Kazub V. T., Doctor of Technical Sciences, Professor; Karabushchenko P. L., Ph.D., Professor (ASU, Astrakhan); Pshenichkina V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Volgograd State Technical University, Volgograd); Koryachkina S. Ya., Doctor of Technical Sciences, Professor (OGTU, Orel); Konovalov D. A., Doctor of Pharmacy, Professor, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (branch of the Volgograd State Medical University); Kosov G. V., Doctor of Political Sciences, Professor (PSLU, Pyatigorsk); Molchanov G. I., Doctor of Pharmacy, Professor; Sheina S. G., Doctor of Technical Sciences, Professor (DSTU, Rostov-on-Don); Lodygin A. D., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Dr. Cynthia Pizarro, Anthropology Professor, Member of the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (University of Buenos Aires); Saverio Mannino, Professor, University of Milan, Italy; Sadovy V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor (Stavropol Cooperative Institute (branch) of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Stavropol); Sampiev I. M., Doctor of Political Sciences, Professor, Head of the Department of Sociology and Political Science (IPGG); Teplyi D. L., Doctor of Biological Sciences, Professor, academician of REAN (ASU, Astrakhan); Usmanov R. Kh., doctor of political sciences, professor (ASU, Astrakhan); Tarasov I. N., Doctor of Political Sciences, Professor (KSU, Kaliningrad); Utkin V. A., MD, Professor; Shabrov O. F., Doctor of Political Sciences, Professor (RASN, Moscow); Hramtsova F. I., Doctor of Political Sciences, Professor (branch of Russian State Social University, Minsk); Oliver Hinkelbein, Doctor of Sciences, Professor (University of Bremen, Germany); Khalid Khayati, doctor of Sciences, Professor (University of Lin-koping, Sweden); Chernobabov A. I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Chernyshev A. B., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Shiriynants A. A., Doctor of Political Sciences, Professor, Head of Department of History of social and political studies (Moscow State University, named after M.V. Lomonosov, Moscow)
The executive secretary	Orobinskaya V.N., Candidate of Technical Sciences
Certificate media registration	The scientific journal is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor). Registration certificate of the mass media No. FS77-51370 dated October 10, 2012.
The Index	United catalogue. THE RUSSIAN PRESS. Newspapers and magazines: 94010 The journal is included in the new list of peer-reviewed publications (VAK) (No. 1866); <b>The journal is included in the database of the 'Russian science citation index'</b>
Address:	legal: 355029, Stavropol, Prospekt Kulakova, 2. actual: 357500, Pyatigorsk, St. 40 let Octyabrya, 56
Phone:	(879-3) 33-34-21, 8-928-351-93-25
E-mail:	oponir@pfncfu.ru
ISSN	2307-910X

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Информатика, вычислительная техника и управление

**К. Ю. Маслеников, Г. И. Ревунков**

ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ОПИСАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ  
КОРПОРАТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ..... 10

**А. А. Колесников, П. А. Коропец, А. В. Кухарский**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС И УСТОЙЧИВОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 16

**А. В. Шевченко, О. С. Мезенцева, Д. В. Мезенцев**

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ  
СИСТЕМАМИ ..... 23

**И. С. Клименко, Н. А. Медетов**

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ  
СУБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ ..... 33

**О. К. Безюков, П. М. Афанасьев**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ПЕНАЛА С ОТРАБОТАВШИМ  
ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ПРИ ХРАНЕНИИ В СУХОМ ХРАНИЛИЩЕ КАМЕРНОГО ТИПА ..... 44

**А. А. Кульчицкий, О. К. Мансурова, Г. И. Болтунов**

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УГЛОВ УСТАНОВКИ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ . 56

**А. Г. Лосев, Е. А. Мазепа, Х. М. Сулейманова**

АНАЛИЗ ДАННЫХ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ И ГИПОТЕЗА  
ТЕРМОАСИММЕТРИИ ..... 63

**Б. А. Казаров, А. Б. Чебоксаров**

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МЕЗОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 72

**В. В. Федоренко, В. В. Самойленко, В. С.-А. Азаб, И. В. Самойленко**

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНОЙ РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРА  
В СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ ..... 79

**М. М. Мардоян, Г. Л. Бондарева, Е. С. Левицкий**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЕССЕНТУКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ..... 91

### Технология продовольственных продуктов

**Л. З. Габдукаева, О. А. Решетник**

ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ  
СВОЙСТВ ВАФЕЛЬ ..... 100



<b>Е. Г. Богдан, Е. Г. Туршук</b> РАЗРАБОТКА БЛЮДА ИЗ МЯСА ОДОМАШНЕННОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ СРОКОМ ГОДНОСТИ .....	109
<b>Т. В. Щедрина, Н. С. Лимарева, В. Б. Малахов, В. Н. Оробинская, Т. Ш. Шалтумаев</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ В РАБОТЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ .....	115
<b>Н. В. Макарова, Д. Ф. Игнагова, Н. Б. Еремеева</b> ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗЕЛЕННОГО ЧАЯ, БОБОВ КОФЕ, ИВАН-ЧАЯ ..	120
<b>Л. Д. Петрова, В. Д. Богданов</b> РЫБНЫЙ ФАРШ С БЕЛОКСОДЕРЖАЩИМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ .....	130
<b>Е. В. Фоменко, А. Х.-Х. Нугманов, О. А. Алексанян, Т. С. Нгуен</b> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ .....	136
<b>Д. А. Яковлев, Т. И. Тупольских, Д. В. Рудой, В. А. Сердюк</b> НА ОСНОВЕ ЕЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ .....	148
<b>Н. Л. Наумова, А. А. Лукин, А. А. Сергеев</b> ВЛИЯНИЕ МУКИ ИЗ ВИНОГРАДНЫХ КОСТОЧЕК НА КАЧЕСТВО КОЛБАСНОГО ХЛЕБА .....	154
<b>Т. Ф. Киселева, Ю. Ю. Миллер, А. Л. Верещагин, О. В. Голуб</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СТИМУЛЯТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО СОЛОДА .....	161
<b>Г. В. Алексеев, А. П. Савельев, Н. Е. Титова</b> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПЕКАРНОЙ КАМЕРЕ .....	168
<b>С. П. Склярлов, С. Н. Поветкин, И. А. Родин, А. Н. Симонов</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЁХФАЗНЫХ И БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ (ЭХА), ОТРАБОТКА И ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ИХ РАБОТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ЭХА ВОДЫ ДЛЯ САНАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	175
<b>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ</b>	
<b>А. Н. Привалов, Ю. И. Богатырева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ .....	184
<b>М. С. Воронина, Н. В. Макарова</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯГОД .....	190
<b>И. С. Полянская, Н. Р. Сорокина, В. Л. Попова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИОФАГА В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ .....	195

**ПОЛИТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**А. К. Богашева, И. С. Миллер**  
 ПОЛИТИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ПРЕДВЫБОРНЫЙ ПЕРИОД: ВАРИАЦИИ  
 ВОЗДЕЙСТВИЯ ..... 201

**Г.В. Волгушев**  
 СТАНОВЛЕНИЕ НОВЫХ НЕФОРМАЛЬНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРАКТИК РАДИКАЛЬНЫХ  
 ИСЛАМИСТОВ ..... 208

**С. А. Емельянов**  
 ОПЫТ ОСМЫСЛЕНИЯ БИБЛЕЙСКОГО ПОВЕСТВОВАНИЯ О СОТВОРЕНИИ МИРА  
 С ПОЗИЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДАННЫХ ..... 214

**И. С. Миллер**  
 КОРРЕЛЯЦИЯ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕННОСТЕЙ И ОЦЕНКИ  
 ПОЛИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ: В ПОИСКАХ «ПРАВИЛЬНОГО ИНДЕКСА ДЕМОКРАТИИ» ..... 219

**И. И. Болотина**  
 ЭТНОПОЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЩЕСТВА: К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ ..... 226

**А. К. Магомедов, Д. Г. Мирзаханов**  
 МЕЖДУ ГЛОБАЛИЗАЦИЕЙ И АНТИ-ТЕРРОРОМ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ДАГЕСТАНСКОГО  
 ИСЛАМСКОГО СООБЩЕСТВА В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД ..... 232

**Д. Х. Халкечев**  
 ТЕРРОРИЗМ КАК КАНАЛ ТРАНСЛЯЦИИ ИНТЕРЕСОВ ТЕНЕВЫХ СУБЪЕКТОВ  
 В ПОЛИТИКЕ В УСЛОВИЯХ ГЕОСТРАТЕГИИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО  
 ОБЩЕСТВА ..... 239

**А. А. Эбзеев, Ф. А. Шебзухова**  
 НЕИНСТИТУИРОВАННЫЙ ПОЛИТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС: СУЩНОСТЬ, ОСОБЕННОСТИ ..... 245

**ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ**

**Е. Ю. Щедрина, А. Г. Моисеева, А. Н. Гончаров, В. В. Хубулова**  
 ЦИФРОВОЙ ТУРИЗМ: КАК ИНДУСТРИЯ 4.0 ПОВЛИЯЕТ НА ТУРИСТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ  
 РЕГИОНА ..... 251

**П. Л. Карабущенко**  
 АНАТОМИЯ РУССКОЙ СМУТЫ ..... 258

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ** ..... 270

# CONTENTS

## TECHNICAL SCIENCES

### Information, computing and management

K. Yu. Maslennikov, G. I. Revunkov LOGICAL AND MATHEMATICAL MODEL FOR BUILDING THE DESCRIPTION OF THE SUBJECT AREA OF THE CORPORATE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM .....	10
A. A. Kolesnikov, P. A. Koropets, A. V. Kukharsky ENERGY BALANCE AND SUSTAINABILITY DYNAMICAL SYSTEM .....	16
Al. V. Shevchenko, O. S. Mezentseva, D. V. Mezentsev ARCHITECTURE OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT OF ROBOTIC SYSTEMS .....	23
I. S. Klimenko, N. A. Medetov CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE COMPREHENSIVE PROTECTION OF SUBJECTS AND OBJECTS OF INFORMATION RELATIONS .....	33
O. K. Bezyukov P. M. Afanasyev NUMERICAL SIMULATIONS OF SPENT NUCLEAR FUEL STORAGE CASE THERMAL STATE FOR A DRY CHAMBER-TYPE STORAGE .....	44
A. A. Kulchitskiy, O. K. Mansurova, G. I. Boltunov OPTICAL AND ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF ANGLES OF SETTING THE CAR WHEELS ....	56
A. G. Losev, E. A. Mazepa, Kh. M. Suleymanova ANALYSIS OF THE DATA OF MICROWAVE RADIOMETRY AND THE HYPOTHESIS ON THERMOASYMMETRY .....	63
B. A. Kazarov, A. B. Cheboksarov METHODS OF DESCRIBING AND MODELING THE PROPERTIES OF MESOSCOPIC SYSTEMS .....	72
V. V. Fedorenko, V. V. Samoylenko, V. S-A. Azab, I. V. Samoylenko TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE DAILY WORK OF THE ACCUMULATOR IN SOLAR-WIND POWER GENERATION SYSTEMS .....	79
M. M. Mardoyan, G. L. Bondareva, E. S. Levitskiy THE USE OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS IN THE OPERATION OF ESSENTUKI MINERAL WATER FIELD .....	91
<b>Technology of food products</b>	
L. Z. Gabdukaeva, O. A. Reshetnik THE IMPACT OF NON-TRADITIONAL TYPES OF FLOUR ON THE FORMATION OF CONSUMER PROPERTIES OF WAFERS .....	100
E. G. Bogdan, E. G. Turshuk DEVELOPMENT OF DISHES OF DOMESTICATED REINDEER WITH A PROLONGED LIFETIME ....	109

T. V. Shchedrina, N. S. Limareva, V. B. Malakhov, V. N. Orobinskaya, T. Sh. Shaltumaev SAFETY OF PRODUCTS AND SERVICES IN THE MODERN CATERING SECTOR .....	115
N. V. Makarova, D. F. Ignatova, N. B. Eremeyeva THE CHOICE OF EXTRACTION TECHNOLOGY FOR GREEN TEA, COFFEE BEANS, CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM .....	120
L. D. Petrova, V. D. Bogdanov FISH FARCE WITH PROTEIN CONTAINING PLANT ADDITIVES .....	130
E. V. Fomenko, A. H.-H. Nugmanov, O. A. Aleksanyan, T. S. Nguyen THERMODYNAMIC ANALYSIS OF WHEAT GLUTEN ON THE BASIS OF ITS HYGROSCOPIC PROPERTIES .....	136
<b>D. A. Yakovlev, T. I. Tupolskikh, D. V. Rudoy, V. A. Serdyuk</b> BIOTECHNOLOGY OF ORGANIC WASTES RECYCLING WITH PROTEIN PRODUCTION .....	148
N. L. Naumova, Al. A. Lukin, A. A. Sergeyev INFLUENCE OF GRAPE SEED FLOUR ON THE QUALITY OF SAUSAGE BREAD .....	154
T. F. Kiseleva, Yu. Yu. Miller, Al. L. Vereschagin, O. V. Golub STUDY THE POSSIBILITY OF USING ORGANIC STIMULANT IN THE PRODUCTION OF WHEAT MALT .....	161
G. V. Alekseev, A. P. Saveliev, N. E. Titova SOLUTION OF ENERGY RESOURCES SAVING TASKS BY REGULATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE BAKERY CAMERA .....	168
S. P. Sklyarov, S. N. Povetkin, I. A. Rodin, A. N. Simonov THE USE OF THREE PHASE AND DOMESTIC ELECTROLYZER FOR ELECTROCHEMICAL ACTIVATION (ECHO), DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SOME PARAMETERS OF THEIR WORK FOR OPTIMAL FRACTIONS ECHO-WATER FOR SANITATION AND APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY .....	175
<b>SHORT REPORTS</b>	
A. N. Privalov, Yu. I. Bogatryyova MODELING STRENGTH PROPERTIES OF PRODUCTS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES USING PARALLEL COMPUTING .....	184
M. S. Voronina, N. V. Makarova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS WITH APPLICATION OF PRODUCTS OF PROCESSING OF BERRIES .....	190
I. S. Polyanskaya, N. R. Sorokina, V. L. Popova STUDY OF BACTERIOPHAGES IN RUSSIAN DAIRY INDUSTRY .....	195

POLITICAL SCIENCES

A. K. Botasheva, I. S. Miller POLITICAL COMMUNICATION DURING THE ELECTION PERIOD: VARIATIONS OF THE IMPACT	201
G. V. Volgushev THE FORMATION OF A NEW INFORMAL POLITICAL PRACTICES OF ISLAMIC RADICALS .....	208
S. A. Emelyanov THE EXPERIENCE OF UNDERSTANDING OF THE BIBLICAL NARRATIVE ABOUT THE CREATION OF THE WORLD FROM THE PERSPECTIVE OF MODERN DATA SCIENCE .....	214
S. I. Miller THE CORRELATION BETWEEN THE DATA OF GLOBAL VALUES SURVEYS AND THE ASSESSMENTS OF POLITICAL REGIMES: IN SEARCH OF THE «THE CORRECT INDEX OF DEMOCRACY» .....	219
I. I. Bolotina ETHNOPOLITICAL SYSTEM OF SOCIETY: TO THE DEFINITION OF THE CONCEPT .....	226
<i>A. K. Magomedov, D. G. Mirzakhanov</i> BETWEEN GLOBALIZATION AND ANTI-TERROR: TRANSFORMATION OF THE DAGHESTAN ISLAMIC COMMUNITY IN THE POST-SOVIET PERIOD .....	232
D. Kh. Khalkechev TERRORISM AS A CHANNEL OF TRANSLATION OF INTERESTS OF SHADOW SUBJECTS IN POLICY IN THE CONDITIONS OF A GEOSTRATEGY OF A UNEVEN DEVELOPMENT OF THE WORLD SOCIETY .....	239
<b>A. A. Ebzeev, F. A. Shebzukhova</b> NON-INSTITUTIONAL POLITICAL PROCESS: THE ESSENCE, FEATURES .....	245

DISCUSSION PAPERS

E. Yu. Shchedrina, A. G. Moiseeva, A. N. Goncharov, V. V. Khubulova DIGITAL TOURISM: HOW INDUSTRY 4.0 WILL AFFECT THE TOURIST INDUSTRY IN THE REGION .....	251
P. L. Karabuschenko THE ANATOMY OF RUSSIAN THE TIME OF TROUBLES .....	258
REQUIREMENTS FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS .....	270

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

К. Ю. Маслеников [K. Yu. Maslennikov]

Г. И. Ревунков [G. I. Revunkov]

УДК 004.021

DOI 10.33236/2307-

910X-2019-25-1-9-14

### ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ОПИСАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КОРПОРАТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

LOGICAL AND MATHEMATICAL MODEL FOR BUILDING THE DESCRIPTION  
OF THE SUBJECT AREA OF THE CORPORATE AUTOMATED INFORMATION  
SYSTEM

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский институт), г. Москва, Россия

**Аннотация.** Построить и получить логико-математическое обоснование и модель процесса построения описания любой предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы.

**Методика.** Предполагаемую предметную область для построения системы разбили на составляющие элементы и взаимосвязи между ними. С использованием методов дискретной математики по отношению к графам и двуместным предикатам первого порядка построили взаимосвязанную модель предметной области.

**Результаты.** Логико-математическая модель была построена на основании основных компонентов предметной области. В основу методики построения ее описания заложено использование графового описания с применением преобразования в семантическую модель предикатного типа, что позволяет в дальнейшем использовать полученную модель для построения нормализованных баз данных. Из исследования было получено, что для построения качественного описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы необходимо использовать несколько последовательных итераций. Логико-математическая модель позволяет в общем виде произвести построение описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы. А далее эту обобщенную модель можно переложить на совершенно любую конкретную предметную область. Преимуществом построения описания предметной области в виде семантической модели предикатного типа является целостный взгляд на всю рассматриваемую предметную область, представление информации в целостной форме лучше воспринимается. При построении такого графа появляется возможность восстановить недостающие логические связи во всей их полноте.

**Заключение.** Сделан вывод об основных свойствах разработанной методики построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы, отмечены ее достоинства и недостатки, а также методы их устранения.

**Ключевые слова:** модель, описание, предметная область, автоматизированная информационная система, математическое обоснование, семантическая модель, логика, предикат.

**Abstract.** To construct and obtain a logical-mathematical substantiation and a model of the process of constructing a description of any subject area of a corporate automated information system.

**Methods.** The estimated subject area for building the system was divided into its constituent elements and the relationship between them. Using the methods of discrete mathematics in relation to graphs and two-place predicates of the first order, they constructed an interconnected domain model.

**Results.** Results. The logical-mathematical model was built on the basis of the main components of the domain. The method of constructing its description is based on the use of a graph description using the transformation to the semantic model of a predicate type, which makes it possible to use the obtained model to build normalized databases. From the study it was found that to build a qualitative description of the subject area of a corporate automated information system, it is necessary to use several successive iterations. The logical-mathematical model allows, in general, to construct a description of the subject area of a corporate automated information system. And then this generalized model can be transferred to absolutely any specific subject area. The advantage of constructing a descrip-

tion of the domain in the form of a semantic model of a predicate type is a holistic view of the entire subject domain, the presentation of information in a holistic form is better perceived. When constructing such a graph, it becomes possible to restore the missing logical links in their entirety.

Conclusions. To conclude about the basic properties of developed methodology of describe the subject area's corporate automated information system, marked by its advantages and disadvantages, as well as methods of its elimination.

Key words: model, description, subject area, automated information system, mathematical justification, semantic model, logic, predicate.

**Введение.** Построение описания предметной области важный элемент проектирования любой, даже самой простой, системы. Как было рассмотрено в статье [1], существует большое количество методик и методов для построения описания предметной области корпоративной информационной системы.

Цель данной работы состоит в расширении метода построения описания предметной области с помощью семантической сети предикатного типа [2, 3, 12] путем введения логико-математической модели, получение формального описания предметной области с помощью применения математической модели.

Введем некоторые необходимые понятия для построения логико-математической модели. Под предметной областью ( $M_{\text{ПРО}}$ ) будем понимать часть реального мира в пределах области функционирования разрабатываемой корпоративной автоматизированной информационной системы. В предложенной методике предметную область разбивают на несколько составляющих частей. Таким образом, под предметной областью в методике понимают следующую модель, состоящую из следующих взаимосвязанных частей:

- понятийная модель предметной области;
- содержательная модель предметной области;
- концептуальная модель предметной области.

Понятийная модель предметной области ( $ПМ_{\text{ПРО}}$ ) – это совокупность фундаментальных понятий, которым соответствуют объекты реального мира, представленная в виде ориентированного помеченного графа, и отношения между понятиями. Исходя из определения, получаем следующее формальное определение понятийной модели:

Содержательная модель предметной области ( $СМ_{\text{ПРО}}$ ) – помеченный граф, вершины которого являются информационными элементами – конкретные реализации фундаментальных понятий или их характеристиками. Исходя из определения получаем следующее формальное определение содержательной модели:

Концептуальная модель предметной модели ( $КМ_{\text{ПРО}}$ ) – это абстрактное описание фрагмента реального мира, а также понятийной модели, которое получается в результате выделения свойственных этому фрагменту понятий (свойств), указания их атрибутов (допустимых значений) и возможных связей между ними. Исходя из определения получаем следующее формальное определение концептуальной модели:

В результате объединения трех моделей  $ПМ_{\text{ПРО}}$ ,  $СМ_{\text{ПРО}}$ ,  $КМ_{\text{ПРО}}$ , а также их взаимосвязей между собой получаем модель предметной области ( $M_{\text{ПРО}}$ ).

Составляющие части этих трех моделей приведены в статье [1]. Далее на ее основе и [4, 5, 6, 7] введем логико-математическую модель построения предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы, используя графы и двуместные предикаты.

Существует довольно большое количество методик для построения описания некоторой предметной области, которая будет использована для проектирования корпоративной автоматизированной информационной системы. Однако в противовес другим методикам, в основе построения данной модели лежит процесс выявления и описания понятий, а также определенных определений, которые присущи анализируемой предметной области. Это позволяет конечным пользователям строить и актуализировать модели предметной области путем простых и естественных операций создания, изменения и удаления понятий и их сущностей.

Исходя из этого методика, основанная на формализованной математической модели, при многочисленных разработках позволит унифицировать данный процесс, а также уменьшить время на разработку системы, выявить скрытые логические взаимосвязи в предметной области.

Методика моделирования предметной области в качестве взаимосвязанных моделей (понятийная модель предметной области, содержательная модель предметной области, концептуальная модель предметной области), моделирование предметной области с использованием графовых и спецификационных инструментов

на основе разбора информационных потребностей конечного пользователя, логико-математическая модель для интерпретации предметной области информационной системы.

**Основная часть**

Предположим, что имеет место некоторая предметная область  $M_{\text{ПрО}}$ , тогда из приведенных определений и формальных описаний получим следующие результаты в формулах (1) – (3):

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{ПМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists FN_i, \exists E_{ij}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \tag{1}$$

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{СМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists RP_{i=\overline{1,m}} \tag{2}$$

$$\exists M_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists! \text{КМ}_{\text{ПрО}} \Rightarrow \exists S_i, \exists V_j, i=\overline{1,k}, j=\overline{1,p} \tag{3}$$

Формулы (1) – (3) отражают основные компоненты и единственность частей модели предметной области  $M_{\text{ПрО}}$ . Рассмотрим по порядку соответствующие части модели предметной области  $M_{\text{ПрО}}$ .

Моделирование логико-математической модели процесса построения понятийной модели. Из существования понятийной модели и формулы (1) получим:

$$\exists FN_1, \dots, \exists FN_i, \dots, \exists FN_n \rightarrow \{FN_i\}_{i=\overline{1,n}} \tag{4}$$

$$\exists FN_i, \exists FN_j \models \exists E_{ij} := FN_i \wedge FN_j, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \tag{5}$$

В результате из формул (4), (5) получим множество дуг понятийной модели, которые сформируют графовое представление:

$$E_{ij}(FN_i, FN_j), i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \tag{6}$$

Теперь введем правила преобразование графовой формы представления понятийной модели предметной области в семантическую сеть предикатного типа. Напомним, что предикат [5, 8, 9] состоит из следующих составных частей, которые представлены в выражении (7).

$$P = \{P, N, (T_1, T_2)\} \tag{7}$$

где P – обозначение предиката, N – имя предикатного символа,  $T_1$  – первая терма,  $T_2$  – вторая терма.

Соответствующие логико-математические выражения для преобразования приведены в формулах (8) – (10). После соответствующих действий получим предикат, представленный в формуле (11).

$$E_{ij} \rightarrow \text{Pred}(\text{"часть – некоторое"})_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \tag{8}$$

OR

$$E_{ij} \rightarrow \text{Pred}(\text{"является"})_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \tag{9}$$

$$E_{ij} \rightarrow P_{k=i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j, k=\overline{1,K}} \tag{10}$$

$$FN_i \rightarrow T_{1ik}, FN_j \rightarrow T_{2jk}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \tag{11}$$

$$P_k \text{Pred}_k(T_{1k}, T_{2k}), k=\overline{1,K} \tag{11}$$

Получаем, что связь  $E_{ij}$  между понятиями  $FN_i$  и  $FN_j$  можем преобразовать в имя предикатного символа, а соответствующие понятия в первую и вторую термы.

Построение логико-математическая модель процесса построения содержательной модели. Из формулы (2), а также существования содержательной модели предметной области получим следующие логико-математические выражения:

$$\exists RP_1, \dots, \exists RP_l, \dots, \exists RP_m \rightarrow \{RP_l\}_{l=\overline{1,m}} \tag{12}$$

$$\sim \forall FN_i \models \exists RP_l, i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m} \tag{13}$$

В результате анализа формул (12), (13) приходим к выводу о том, что не каждое понятие из понятийной модели предметной области связано или содержит конкретную реализацию в содержательной модели предметной области. Поэтому введем следующее ограничение в виде формулы (14), которая выражает предыдущее замечание.

$$\forall FN_i := \{RP_l\} \vee \{\emptyset\}, i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m} \tag{14}$$

Понятийная и содержательная модели предметной области связаны между собой, что отражает формула (13), поэтому получим следующие соотношения:

$$\left( (\forall RP_l \Rightarrow \exists! FN_i) \wedge (\forall RP_l \not\Rightarrow \exists FN_j) \right) \Rightarrow \exists Sv_1 := FN_i \wedge RP_l, l=\overline{1,m}, i=\overline{1,n}, j=\overline{1,n}, i \neq j \tag{15}$$

$$Sv_1 = \{\text{есть некоторое}\}_k (FN_i, RP_l), i=\overline{1,n}, l=\overline{1,m}, k=\overline{K+1,Z} \tag{16}$$

Формулы (15), (16) отражают взаимосвязь конкретной реализации  $RP_l$  содержательной модели и понятия  $FN_i$  понятийной модели предметной области.



Для преобразования в семантическую модель предикатного типа используются следующие логические соотношения, которые приведены в формулах (17) – (19). В результате получаем предикат (20) для семантической модели.

$$S_{1k} \rightarrow Pred_{k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (17)$$

$$Sv_{1k} \rightarrow P_{k_{i=\overline{1}, n, j=\overline{1}, n, i \neq j, k=\overline{k+1}, \overline{z}}} \quad (18)$$

$$RP_l \rightarrow T_{1k}, FN_i \rightarrow T_{2k, i=\overline{1}, n, l=\overline{1}, m, k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (19)$$

$$P_k Pred_k(T_{1k}, T_{2k})_{k=\overline{k+1}, \overline{z}} \quad (20)$$

Таким образом, связь между понятием  $FN_i$  понятийной модели и конкретной реализацией  $RP_l$  содержательной модели можем преобразовать в имя предикатного символа, а связанные элементы  $RP_l$  и  $FN_i$  в первую и вторую термы соответственно.

Моделирование логико-математической модели процесса построения концептуальной модели. Из формулы (3), а также существования концептуальной модели предметной области получим следующие логико-математические выражения:

$$\exists S_1, \dots, \exists S_i, \dots, \exists S_g \rightarrow \{S_i\}_{i=\overline{1}, g} \quad (21)$$

$$\exists V_1, \dots, \exists V_j, \dots, \exists V_p \rightarrow \{V_j\}_{j=\overline{1}, p} \quad (22)$$

Каждое свойство понятия понятийной модели предметной области содержит набор допустимых значений, а в свою очередь какое-либо значение может иметь какое-нибудь свойство, что нашло отражение в формулах (23), (24).

$$\forall S_i \models \exists V_j : S_i \rightarrow V_j, i=\overline{1}, g, j=\overline{1}, p \quad (23)$$

$$\sim \forall V_j \Rightarrow \exists S_f : V_j \rightarrow S_f, f=\overline{1}, g, j=\overline{1}, p \quad (24)$$

Концептуальная модель предметной области связана как с понятийной моделью, так и с содержательной моделью. Первая взаимосвязь модели достигается за счет отношения между понятием  $FN_i$  и свойством  $S_j$  (25), (26), вторая взаимосвязь – за счет отношения между конкретной реализацией  $RP_l$  и допустимым значением  $V_j$  (27), (28).

$$(FN_i \vdash S_k) \Rightarrow \exists Sv_2 := FN_i \wedge S_k \Rightarrow FN_i \rightarrow S_{k_{i=\overline{1}, n, k=\overline{1}, g}} \quad (25)$$

$$Sv_2 = \{\text{есть свойство}\}_k (FN_i, S_k)_{i=\overline{1}, n, k=\overline{1}, g, k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (26)$$

$$(RP_l \vdash V_f) \Rightarrow \exists Sv_3 := RP_l \wedge V_f \Rightarrow RP_l \rightarrow V_{f_{l=\overline{1}, m, f=\overline{1}, p}} \quad (27)$$

$$Sv_3 = \{\text{есть значение}\}_k (RP_l, V_f)_{l=\overline{1}, m, f=\overline{1}, p, k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (28)$$

Для преобразования графа концептуальной модели предметной области в семантическую модель предметной области необходимо использовать логико-математические формулы (29) – (31), в результате получаем предикат (32).

$$S_i \rightarrow Pred_{k_{k=\overline{z+1}, \overline{x}, i=\overline{1}, g}} \quad (29)$$

$$(RP_l \rightarrow T_{1k}) \vee (V_j(S) \rightarrow T_{1k}) \vee (FN_i \rightarrow T_{1k}), i=\overline{1}, n, l=\overline{1}, m, j=\overline{1}, p, k=\overline{z+1}, \overline{x} \quad (30)$$

$$V_j \rightarrow T_{2k, j=\overline{1}, p, k=\overline{z+1}, \overline{x}} T_{2k} \rightarrow P_{k_{k=\overline{z+1}, \overline{x}}} \quad (31)$$

$$P_k Pred_k(T_{1k}, T_{2k})_{k=\overline{z+1}, \overline{x}} \quad (32)$$

Свойство понятий из концептуальной модели предметной области можем преобразовать в имя предикатного символа, а конкретные реализации  $RP_l$  – в первую терму (если присутствует связь между содержательной и концептуальной моделями), понятие  $FN_i$  – в первую терму (при наличии связи между понятийной и содержательной моделями), допустимое значение  $V_j$  – в первую терму, если преобразуется связь между допустимым значением и свойством (если допустимое значение содержит свойство), иначе – во вторую терму (32).

### Результаты их обсуждение

Таким образом, в результате применения данной методики получаем смоделированную и построенную модель предметной области в виде объединенной схемы, применяя семантические сети предикатного типа, а также графы и метаграфы

Для построения качественного описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы необходимо использовать несколько итераций для построения каждой графовой семантической модели.

Основными преимуществами построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы в виде семантической сети предикатного типа является:

- системность – целостный взгляд на всю рассматриваемую предметную область;

– единообразии – представление информации в обобщенно предикатной и графической форме;  
 – восстановление связей – при построении такого графа возможно восстановить недостающие логические связи предметной области во всей их полноте.

Недостатком данной методики построения описания предметной области является то, что при возрастании числа вершин графа, а также содержательной модели описание становится громоздким и неудобным для чтения. А также существует сложность в разграничении понятий между понятийной и концептуальной моделями предметной области [11].

Для решения первой проблемы возможно изображать на графе универсальные реализации [10, 14], от которых все другие унаследуют необходимые связи и свойства (аналог наследования в объектно-ориентированном подходе). Решение второй проблемы предоставлено на усмотрение человека-разработчика (инженера по знаниям), который описывает предметную область для разработки информационной системы [13], а также зависит от его практики в моделировании предметных областей корпоративных автоматизированных информационных систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Маслеников К. Ю., Ревунков Г. И., Сатова М. В. Описание предметной области как неотъемлемый элемент процесса проектирования автоматизированной информационной системы // Интернет-журнал НАУКОВЕДЕНИЕ. Т.9. №6. 2017.
2. Ревунков Г. И., Маслеников К. Ю. Построение модели предметной области автоматизированных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. Т. 14. № 12. 2016. С. 51-53.
3. Маслеников К. Ю., Ревунков Г. И. Построение описания понятийной модели предметной области с помощью семантической модели предикатного типа // Международный научно-исследовательский журнал Успехи современной науки. 2017. Т.1. №5. С. 36-40.
4. Белоусов А. И., Ткачев С. Б. Дискретная математика. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 744 с.
5. Бояринцева Т. Е., Золотова Н. В., Исмагилов Р. С. Математическая логика и теория алгоритмов. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 48 с.
6. Зыков А. Г., Поляков В. И., Скорубский В. И. Математическая логика. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 131 с.
7. Болотова Л. С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М.: Финансы и статистика, 2012. 664 с.
8. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 352 с.
9. Гаврилова Т. А., Лещева И. А., Кудрявцев Д. В. Использование моделей инженерии знаний для подготовки специалистов в области информационных технологий. Системное программирование. 2012. Т. 7. № 1. С. 90-105.
10. Гапанюк Ю. Е., Самохвалов Э. Н., Ревунков Г. И. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2015. №1. С. 83-99.
11. Batra D., Marakas G.M. Conceptual data modelling in theory and practice, European Journal of Information Systems. 1995. p. 185-193, DOI: 10.1057/ejis.1995.21
12. William J Kettinger, Yuan Li Theinfolological equation extended: towards conceptual clarity in the relationship between data, information and knowledge, European Journal of Information Systems. 2010.p. 409-421. DOI: 10.1057/ejis.2010.25
13. J.W. Wang, H.F. Wang, J.L. Ding, K. Furuta, T. Kanno, W.H. Ip, W.J. Zhang On domain modelling of the service system with its application to enterprise information systems, Enterprise Information Systems. 2016. p. 1-16, DOI: 10.1080/17517575.2013.810784
14. Bahram LotfiSadigh, HakkiOzgun Unver, ShahrzadNikghadam, Erdogan Dogdu, A. Murat Ozbayoglu, S. EnginKilic. An ontology-based multi-agent virtual enterprise system (OMAVE): part 1: domain modelling and rule management, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2017. p. 320-343, DOI: 10.1080/0951192X.2016.1145811

### REFERENCES

1. Maslenikov K. Yu., Revunkov G. I., Satova M. V. Opisanie predmetnoi oblasti kak neot'emlemyi element protsessa proektirovaniya avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy // Internet-zhurnal NAUKOVEDENIE. T.9. №6. 2017.
2. Revunkov G. I., Maslenikov K. Yu. Postroenie modeli predmetnoi oblasti avtomatizirovannykh sistem // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. T. 14. № 12. 2016. S. 51-53.
3. Maslenikov K. Yu., Revunkov G. I. Postroenie opisaniya ponyatiinoi modeli predmetnoi oblasti s pomoshch'yu semanticheskoi modeli predikatnogo tipa // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal Uspekhi sovremennoi nauki. 2017. T.1. №5. S. 36-40.
4. Belousov A. I., Tkachev S. B. Diskretnaya matematika. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Bauman, 2015. 744 s.

5. Boyarintseva T. E., Zolotova N. V., Ismagilov R. S. *Matematicheskaya logika i teoriya algoritmov*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Baumana, 2011. 48 s.
6. Zykov A. G., Polyakov V. I., Skorubskii V. I. *Matematicheskaya logika*. SPb.: NIU ITMO, 2013. 131 s.
7. Bolotova L. S. *Sistemy iskusstvennogo intellekta: modeli i tekhnologii, osnovannyye na znaniyakh*. M.: Finansy i statistika, 2012. 664 s.
8. Devyatkov V. V. *Sistemy iskusstvennogo intellekta*. M.: Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Baumana, 2001. 352 s.
9. Gavrilova T. A., Leshcheva I. A., Kudryavtsev D. V. *Ispol'zovanie modelei inzhenerii znaniy dlya podgotovki spetsialistov v oblasti informatsionnykh tekhnologii. Sistemnoe programmirovanie*, 2012. T. 7. № 1. S. 90–105.
10. Gapanyuk Yu. E., Samokhvalov E. N., Revunkov G. I. *Ispol'zovanie metagrafov dlya opisaniya semantiki i pragmatiki informatsionnykh sistem. Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. Priborostroenie*. 2015. №1. S. 83-99.
11. Batra D., Marakas G. M. *Conceptual data modelling in theory and practice*, *European Journal of Information Systems*. 1995. p. 185-193, DOI: 10.1057/ejis.1995.21
12. William J Kettinger, Yuan Li *Theinfolological equation extended: towards conceptual clarity in the relationship between data, information and knowledge*, *European Journal of Information Systems*. 2010.p. 409-421. DOI: 10.1057/ejis.2010.25
13. J.W. Wang, H.F. Wang, J.L. Ding, K. Furuta, T. Kanno, W.H. Ip, W.J. Zhang *On domain modelling of the service system with its application to enterprise information systems*, *Enterprise Information Systems*. 2016. p. 1-16, DOI: 10.1080/17517575.2013.810784
14. Bahram LotfiSadigh, HakkiOzgur Unver, ShahrzadNikghadam, Erdogan Dogdu, A. Murat Ozbayoglu, S. EnginKilic. *An ontology-based multi-agent virtual enterprise system (OMAVE): part 1: domain modelling and rule management*, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2017. p. 320-343, DOI: 10.1080/0951192X.2016.1145811

#### ОБ АВТОРАХ

**Маслеников Константин Юрьевич**, ассистент, кафедра «Системы обработки информации и управления», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский институт), Москва

Maslenikov Konstantin Yurievich, Assistant, Department of Information Processing and Control Systems Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow

**Ревунков Георгий Иванович**, к.т.н, доцент, кафедра «Системы обработки информации и управления», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский институт), Москва

Revunkov Georgiy Ivanovich, Ph.D in Tech.Sci., Associate Professor, Department of Information Processing and Control Systems Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow

Дата поступления в редакцию 27.12.2019

А. А. Колесников [A. A. Kolesnikov]

П. А. Коропец [P. A. Koropets]

А. В. Кухарский [A. V. Kukharsky]

УДК 534.015.1

DOI 10.33236/2307-

910X-2019-25-1-15-21

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС И УСТОЙЧИВОСТЬ  
ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

THE ENERGY BALANCE AND SUSTAINABILITY OF DYNAMIC SYSTEMS

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,  
e-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com

**Аннотация.** В статье представлен метод создания системы с заданными свойствами по устойчивости. Параметры системы получены по условиям энергетического баланса между мощностью, подводимой и рассеиваемой в процессе автоколебаний.

Рассматривается эффект стабилизации изначально неустойчивой системы за счет установки динамического гасителя автоколебаний. Приведен пример расчета параметров динамического гасителя автоколебаний. В основу метода оценки устойчивости системы положено свойство ортогональности собственных форм колебаний.

Характерное отличие предлагаемого метода от других известных критериев устойчивости состоит в том, что условия энергетического баланса записываются непосредственно в параметрах самой динамической системы.

**Материалы и методы.** Существующие в настоящее время методы оценки устойчивости систем предполагают сначала обязательное задание всех параметров системы, а затем выполнения анализа ее устойчивости по известным критериям: корневому, частотному, алгебраическому и др.

Такой подход требует определенного «перебора» возможных значений параметров системы, обеспечивающих ее устойчивость, и не может рассматриваться как наиболее рациональный.

Описанный в данной статье метод оценки устойчивости позволяет определить минимальное демпфирование в динамическом гасителе автоколебаний, обеспечивающее устойчивость по каждой из двух возможных форм автоколебаний. В определенном смысле (по массогабаритным показателям) такое демпфирование может считаться оптимальным.

Из условия обеспечения устойчивости следуют простые аналитические выражения для расчета упругих и инерционных создаваемого динамического гасителя автоколебаний.

**Заключение.** Метод энергетического баланса в сочетании с разложением колебаний по собственным формам позволяет записать условия устойчивости системы в физических ее параметрах. Такие аналитические выражения устанавливают связь между инерционными, упругими и диссипативными параметрами системы.

**Выводы.** Задачи стабилизации неустойчивых динамических систем могут быть решены за счет установки упруго-диссипативного гасителя автоколебаний.

Параметры гасителя автоколебаний рассчитываются из соотношений, обеспечивающих условия устойчивости системы при колебаниях с каждой из собственных частот.

**Ключевые слова:** фрикционные автоколебания, энергетический баланс, динамическая система, устойчивость, собственная частота, демпфирование.

*Annotation. The article presents a method for creating a system with specified stability properties. The system parameters are obtained under the conditions of the energy balance between the power supplied and dissipated in the process of self-oscillations.*

*The effect of stabilization of initially unstable system due to the installation of dynamic self-oscillation dampener is considered. The example of calculation of parameters of dynamic dampener of self-oscillations is given. The method for assessing the sustainability of the system required the orthogonality property of own forms of fluctuations.*

*The characteristic difference of the proposed method from other known stability criteria is that the energy balance conditions are recorded directly in the parameters of the dynamic system itself.*

*Materials and methods. The currently existing methods for assessing the stability of systems imply first the obligatory assignment of all the parameters of the system, and then performing an analysis of its stability using known criteria: root, frequency, algebraic, etc.*

*Such an approach requires a certain "search" of possible values of system parameters ensuring its stability, and cannot be considered as the most rational.*

The method of assessing stability described in this article allows determining the minimum damping in a dynamic self-oscillation suppressor, which provides stability for each of two possible forms of self-oscillations. In a certain sense (in terms of weight and dimensions) such damping can be considered optimal.

From the condition of ensuring stability, simple analytical expressions follow to calculate the elastic and inertial generated dynamic self-oscillation damper.

Conclusion. The method of energy balance in combination with the decomposition of oscillations in their own forms allows us to record the stability conditions of the system in its physical parameters. Such analytical expressions establish a connection between inertial, elastic and dissipative parameters of the system.

Summary. The problems of stabilization of unstable dynamic systems can be solved by installing an elastic-dissipative self-oscillation damper.

The parameters of the self-oscillation damper are calculated from the ratios that provide the stability conditions of the system during oscillations with each of the natural frequencies.

Key words: friction self-oscillations, energy balance, dynamic system, stability, natural frequency, damping.

**Введение.** Среди различных систем, существующих в природе или созданных человеком, особое место занимают автоколебательные системы. В них энергия, подводимая извне от не колебательного источника, за счет внутренних регулирующих функций самой системы преобразуется в колебания [1].

В автоколебательный режим могут входить системы управления при некорректном выборе их структуры и/или параметров.

По утверждению Теодорчика К. Ф., автоколебательные системы должны отвечать следующим основным трем требованиям: во-первых, быть колебательными, во-вторых, быть неустойчивыми «в малом», в-третьих, быть нелинейными [2].

Нелинейность продиктована необходимостью формирования фактора, способствующего стабилизации установившейся амплитуды автоколебаний. Колебательность определяет способность воспроизводить в системе периодически повторяющиеся виды движения. Это предполагает наличие в системе как минимум двух связанных между собой аккумуляторов различных видов энергии, способных переходить из одного в другой за определенный промежуток времени. И если в процессе такого перехода осуществляется подвод очередной порции энергии, превышающий возможные потери, то и общее количество энергии в системе возрастает. Это проявляется в нарастании амплитуды колебаний, пока не вступит в силу фактор ее ограничения. Свойство системы пополнять потери при движении теснейшим образом связано с понятием устойчивости (или неустойчивости).

Благодаря неустойчивости «в малом» система способна начать движение при сколь угодно малом отклонении от равновесного состояния. Если в системе возможны различные виды ее эволюции, то целесообразно ввести понятие «устойчивость по отношению к чему-либо», как свойство не идти именно по этому сценарию развития.

**Цель работы** – показать, как методом энергетического баланса оценить устойчивость системы по отношению к фрикционным автоколебаниям и выбрать соответствующим образом ее структуру и параметры.

#### **Материалы и результаты исследования**

Классическая модель автоколебательной системы показана на рис. 1.

Движение модели описывается дифференциальным уравнением

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F(V_{ck}) \quad (1)$$

где  $V_{ck} = \dot{x} - V$  – скорость скольжения тела относительно ленты транспортера;

$V$  – скорость движения ленты транспортера;

$\dot{x}$  – абсолютная скорость движения тела;

$m, b, c$  – инерционные, диссипативные и жесткостные параметры модели.

Разлагая нелинейную характеристику  $F(V_{ck})$  в ряд Тейлора с удержанием только первых двух членов разложения, и переходя к новым (динамическим) координатам, исключая постоянные составляющие равновесного режима, уравнение (1) можно записать в виде

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + cx = \beta\dot{x} \quad (2)$$

где  $\beta$  – угловой коэффициент касательной к характеристике  $F(V_{ck})$  в окрестности равновесного режима  $[F_*, V_*]$ . Отрицательный наклон касательной иногда называют коэффициентом «отрицательного трения», что

в свою очередь может трактоваться как фактор подвода энергии в систему, аналогично тому, что положительное демпфирование свидетельствует об отводе энергии из системы.

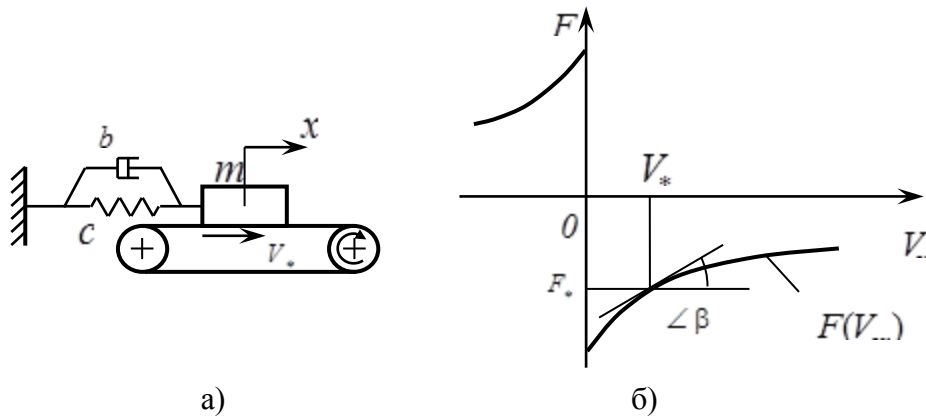


Рис. 1. Модель автоколебательной системы «масса на ленте транспортера»: а) расчетная схема модели, б) зависимость силы трения от скорости скольжения

Если представить уравнение (2) в виде

$$m\ddot{x} + b\dot{x} - \beta\dot{x} + cx = 0 \text{ или } m\ddot{x} + (b - \beta)\dot{x} + cx = 0, \quad (3)$$

то по очевидному соотношению между величинами  $b$  и  $\beta$  можно судить об устойчивости системы:

- если  $b > \beta$ , то колебания в системе будут затухать, и система считается устойчивой,
- если  $b < \beta$ , то амплитуда колебаний со временем будет возрастать, и система будет считаться неустойчивой по отношению к фрикционным автоколебаниям.

Определим для системы, описываемой уравнением (3), среднюю за период мощность  $E^-$ , рассеиваемую в процессе колебаний, полагая, что колебания имеют гармонический характер  $x(t) = x_a \cos(\omega t)$ , и их амплитуда  $x_a$  мало меняется за период  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , где  $\omega$  – собственная частота колебаний системы:

$$\begin{aligned} E^- &= \frac{1}{T} \int_0^T P(t) \cdot \dot{x}(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T b\dot{x}(t) \cdot \dot{x}(t) dt = \frac{b}{T} \int_0^T \dot{x}^2(t) dt = \frac{\omega b}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \omega^2 x_a^2 \sin^2(\omega t) dt = \\ &= \frac{b}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \omega^2 x_a^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t) = \frac{b \dot{x}_a^2}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \sin^2(\omega t) dt(\omega t) = \frac{b \dot{x}_a^2}{2\pi} \pi = \frac{b \dot{x}_a^2}{2}, \end{aligned} \quad (4)$$

Аналогично определяется и средняя мощность  $E^+$ , подводимая в систему:

$$E^+ = \frac{\beta \dot{x}_a^2}{2}. \quad (5)$$

Если система находится на границе устойчивости, то справедливо соотношение:

$$E^+ = E^-. \quad (6)$$

Автоколебательная система может иметь несколько ( $S$ ) степеней свободы, и в ней возможно развитие автоколебаний с каждой из собственных частот ( $\omega_s$ ). В пределах малых амплитуд (в окрестности равновесного режима) даже существенно нелинейные системы могут рассматриваться как линейные, а частоты колебаний равны собственным частотам линейных систем. Поскольку собственные колебания ортогональны, то возможно составление соотношений энергетического баланса отдельно для колебаний с каждой из собственных частот [3–5].

У систем с несколькими степенями свободы при колебаниях с собственной частотой существуют вполне определенные линейные соотношения между амплитудами обобщенных координат системы [6–11]. То-

гда для каждой из собственных частот  $\omega_s$  амплитуду каждой обобщенной координаты системы  $q_{is}$  можно выразить с помощью соответствующих коэффициентов формы колебаний  $\mu_{is}$ :

$$q_{is} = \mu_{is} q_{1s}, \quad (7)$$

где  $q_{1s}$  – обобщенная координата, по отношению к которой нормируются все остальные обобщенные координаты системы.

С учетом изложенного, рассеиваемая энергия при колебаниях с  $s$ -ой собственной частотой может быть представлена в виде:

$$E_s^- = \frac{1}{2} \sum_k b_k \dot{\Delta}_{ks}^2 = \frac{1}{2} \sum_k b_k [\mu_{ks} - \mu_{(k+1),s}]^2 \omega_s^2 q_{1s}^2 = \frac{1}{2} \sum_k b_k [\mu_{ks} - \mu_{(k+1),s}]^2 \dot{q}_{1s}^2, \quad (8)$$

а подводимая энергия:

$$E_s^+ = \frac{1}{2} \sum_n \beta_n [\mu_{ns}]^2 \dot{q}_{1s}^2, \quad (9)$$

где  $b_k$  –  $k$ -й диссипативный элемент системы;

$\beta_n$  –  $n$ -й элемент системы, имеющий «отрицательное трение».

С учетом (8) и (9), условия, при которых система находится на границе устойчивости по отношению к автоколебаниям с частотой  $\omega_s$ , имеют вид:

$$\sum_k b_k [\mu_{ks} - \mu_{(k+1),s}]^2 = \sum_n \beta_n [\mu_{ns}]^2. \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет при известной структуре, инерционных и жесткостных параметрах системы, а также значениях коэффициентов «отрицательного трения» определить критические значения диссипативных коэффициентов системы для каждого из возможных автоколебательных режимов.

Соотношение энергетического баланса вида (10) может широко использоваться как для оценки устойчивости динамических систем, так и при синтезе систем с заданными свойствами.

Рассмотрим динамическую систему, представляющую телескопическую или раскладную руку робота (штангу) с поворотной обрабатывающей головкой (фрезой, резцом и т.п.) для работ на внешней оболочке космической автоматической станции.

Процессы, происходящие в контакте инструмента с обрабатываемой поверхностью, по своей природе близки к процессам с «отрицательным трением» и способны провоцировать автоколебания, недопустимые по условиям позиционирования инструмента и/или обеспечения качества обрабатываемой поверхности.

Ставится задача – за счет минимального демпфирования гарантировано исключить возможные автоколебания при заданных условиях и ограничениях:

- известны масса, жесткость руки робота в направлении действия основных сил и максимальный коэффициент «отрицательного демпфирования» в рабочем контакте инструмента;
- демпфирование в конструкции руки робота пренебрежимо мало, а установка на ней дополнительного демпфера конструктивно не возможна;
- введение дополнительных связей (упругих, диссипативных) между обрабатывающей головкой и внешней поверхностью космического аппарата конструктивно не возможно.

Исходя из условий задачи, полагаем, что одним из вариантов ее решения может быть установка на корпусе обрабатывающей головки динамического гасителя автоколебаний.

Структура такой динамической системы показана на рис. 2.

По условиям задачи  $b_1 = 0$ .

Необходимо при заданных параметрах  $m_1, c_1, \beta$  определить оптимальные параметры гасителя автоколебаний  $m_2, b_2, c_2$ .

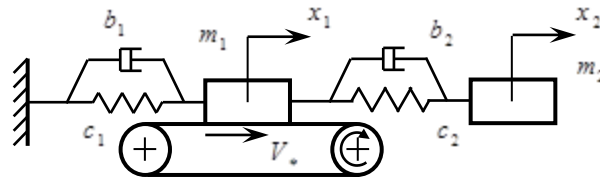


Рис. 2. Расчетная схема динамической системы обрабатывающей головки ( $m_1$ ) с динамическим гасителем автоколебаний ( $m_2$ )

Движение модели описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 - \beta \dot{x}_1 + c_1 x_1 + b_2 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + c_2 (x_1 - x_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{x}_2 + b_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + c_2 (x_2 - x_1) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Составляем определитель, раскрываем его и приравняем нулю:

$$\begin{vmatrix} c_1 + c_2 - \omega^2 m_1 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 - \omega^2 m_2 \end{vmatrix} = 0. \quad (12)$$

Получаем частотное уравнение:

$$m_1 m_2 \omega^4 - [m_1 c_2 + m_2 (c_1 + c_2)] \omega^2 + c_1 c_2 = 0. \quad (13)$$

Введем соотношения

$$c_2 = \varepsilon \cdot c_1 \text{ и } m_2 = u \cdot m_1 \quad (14)$$

Решая уравнение (13) с учетом соотношений (14), получим собственные частоты колебаний системы:

$$\omega_{1,2}^2 = 0,5 \frac{c_1}{m_1} \left[ 1 + \varepsilon + \frac{\varepsilon}{u} \pm \sqrt{\left( 1 + \varepsilon + \frac{\varepsilon}{u} \right)^2 - 4 \frac{\varepsilon}{u}} \right] \quad (15)$$

Полагая коэффициент формы колебаний обрабатывающей головки  $\mu_{1s} = 1$ , коэффициент формы колебаний гасителя  $\mu_{2s}$  найдем из выражения:

$$\mu_{2s} = \frac{c_1 + c_2 - \omega_s^2 m_1}{c_2}. \quad (16)$$

Для нахождения данной системы на границе устойчивости по каждой из двух возможных форм колебаний соотношение энергетического баланса  $E_s^+ = E_s^-$  имеет вид:

$$\frac{1}{2} \beta \dot{x}_{1s}^2 = \frac{1}{2} b_2 (1 - \mu_{2s})^2 \dot{x}_{1s}^2 \text{ или } \beta = b_2 (1 - \mu_{2s})^2. \quad (17)$$

Выражение (17) позволяет вычислить коэффициент демпфирования в гасителе  $b_2$  для исключения автоколебаний с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ .

Но  $\omega_1 \neq \omega_2$  и  $\mu_{21} \neq \mu_{22}$ . Следовательно, и коэффициенты демпфирования, вычисленные для каждой из частот, будут отличаться, что в общем случае нельзя считать рациональным решением поставленной задачи. Если для одной из форм он окажется достаточным, то для другой он может оказаться недостаточным или избыточным. Необходимо найти такие соотношения между параметрами всей системы, при которых выполнялось бы условие

$$(1 - \mu_{21})^2 = (1 - \mu_{22})^2, \quad (18)$$

что возможно только лишь при выполнении условия

$$|1 - \mu_{21}| = |1 - \mu_{22}| \text{ или } 1 - \mu_{21} = -1 + \mu_{22}. \quad (19)$$

Подставляя в (19) значения  $\mu_{21}$  и  $\mu_{22}$  из (16), а значения  $\omega_1$  и  $\omega_2$  из (15) в (16), и выполняя элементарные преобразования, получаем:

$$\varepsilon = \frac{u}{u+1} \text{ или } u = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}. \quad (20)$$



Из (20) следуют соотношения для жесткостных и инерционных параметров, при которых двухмассовая система оптимальна в смысле подавления автоколебаний сразу по обеим возможным формам с помощью введения минимального сосредоточенного демпфирования:

$$\frac{c_2}{c_1} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \text{ и } \frac{m_2}{m_1} = \frac{c_2}{c_1 - c_2}. \quad (21)$$

С учетом полученных соотношений (20), для такой системы имеем:

$$\begin{aligned} \omega_{1,2}^2 &= \frac{c_1}{m_1} \left( 1 \pm \sqrt{\frac{u}{u+1}} \right) = \frac{c_1}{m_1} (1 \pm \sqrt{\varepsilon}), \\ \mu_{2s} &= -1 \pm \sqrt{\frac{u}{u+1}} = -1 \pm \frac{\sqrt{\varepsilon}}{\varepsilon}, \\ (1 - \mu_{2s})^2 &= \frac{1}{\varepsilon} = \frac{u+1}{u} = 1 + \frac{1}{u}. \end{aligned}$$

Выражение (17) принимает вид:

$b_2 = \beta \cdot \varepsilon$ . (22) Как следует из (22), полученный по условиям энергетического баланса коэффициент демпфирования гасителя автоколебаний  $b_2$  пропорционален коэффициенту «отрицательного трения»  $\beta$  и зависит только от отношения жесткостей системы –  $\varepsilon$ .

Но здесь необходимо иметь в виду, что сам параметр  $\varepsilon$  строго определенным образом зависит от инерционных параметров системы – выражение (22). А каким параметрам, и в какой последовательности отдавать приоритет при создании системы, решает конструктор.

#### Заключение

1. В статье описан метод энергетического баланса применительно к задачам подавления автоколебаний, вызываемых «отрицательным демпфированием».

2. На конкретном примере продемонстрированы достоинства метода – простота, доступность понимания физического смысла, возможность получения решения сложных задач динамики, устойчивости, анализа и синтеза динамических систем в аналитическом виде.

Не сложно представить и сопоставить трудоемкость решения рассмотренной в статье задачи другими известными методами: с помощью критерия Рауса-Гурвица, критерия Найквиста, годографа Михайлова или с применением корневых критериев устойчивости.

3. Расчеты показали, что погрешность результатов, полученных описанным методом, по сравнению с точными расчетами на ЭВМ не превышает 3–5 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, С. Э. Хайкин. ОНТИ НКТП СССР, 1937. 519 с.
2. Теодорчик К. Ф. Автоколебательные системы. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы. 1952. 272 с.
3. Ланда П. С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. 360 с.
4. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний. М.: Наука, 1980. 272 с.
5. Коропец П. А. Метод оценки устойчивости упругих систем с малой диссипацией // Вестник РГУПС. Ростов н/Д, 2016. № 1. С. 32 – 41.
6. Магнус К. Колебания. М.: Мир, 1982. 304 с.
7. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980. 408 с.
8. Тондл А. Автоколебания механических систем. М.: Мир, 1979. 429 с.
9. Яблонский А. А. Курс теории колебаний: учебное пособие / А. А. Яблонский, С. С. Нореико. М.: Высш. школа. 1975. 248 с.
10. Блэкьер О. Анализ нелинейных систем. М.: Мир, 1969. 400 с.
11. Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Наука, 1964. 437 с.

#### REFERENCES

1. Andronov A. A. Teoriya kolebanii / A. A. Andronov, S. E. Khaikin. ONTI NKTP SSSR, 1937. 519 s.

2. Teodorchik K. F. Avtokolebatel'nye sistemy. M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoi literatury, 1952. 272 s.
3. Landa P. S. Avtokolebaniya v sistemakh s konechnym chislom stepenei svobody. M.: Nauka. GI. red. fiz. -mat. lit., 1980. 360 s.
4. Panovko Ya. G. Vvedenie v teoriyu mekhanicheskikh kolebaniy. M.: Nauka, 1980. 272 s.
5. Koropets P. A. Metod otsenki ustoychivosti uprugikh sistem s maloi dissipatsiei // Vestnik RGUPS. Rostov n/D, 2016. № 1. S. 32–41.
6. Magnus K. Kolebaniya. M.: Mir, 1982. 304 s.
7. Biderman V. L. Teoriya mekhanicheskikh kolebaniy. M.: Vysshaya shkola, 1980. 408 s.
8. Tondl A. Avtokolebaniya mekhanicheskikh sistem. M.: Mir, 1979. 429 s.
9. Yablonskii A. A. Kurs teorii kolebaniy: uchebnoe posobie / A. A. Yablonskii, S. S. Noreiko. M.: Vyssh. shkola, 1975. 248 s.
10. Blak"er O. Analiz nelineinykh sistem. M.: Mir, 1969. 400 s.
11. Strelkov S. P. Vvedenie v teoriyu kolebaniy. 2-e izd. pererab. i dop. M.: Nauka, 1964. 437 s.

#### ОБ АВТОРАХ

**Колесников Анатолий Аркадьевич**, доктор технических наук, профессор, кафедра синергетики и процессов управления, Южный федеральный университет, 347900, г. Таганрог, ул. Чехова, 2, телефон +7 (8634) 36-07-07, e-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com

**Kolesnikov Anatoliy Arkad'evich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, The Department of Synergetics and Control, Southern Federal University, 347928, Russia, Taganrog, 2, Checkhov street, phone +7 (8634) 36-07-07, e-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com

**Коропец Петр Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Электрический подвижной состав», 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, телефон: +7 (951) 831-68-24, e-mail: pkoropets@gmail.com

Koropets Petr Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, Rostov State Transport University (RSTU), 2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia, Chair «Electric Rolling Stock», phone +7 (951) 831-68-24, e-mail: pkoropets@gmail.com

**Кухарский Александр Витальевич**, группа МРС-4-025, студент, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, телефон +7 (919) 893-36-35, e-mail: 79198932212@yandex.ru

Kukharskiy Aleksandr Vital'yevich, group MRS-4-025, student, Rostov State Transport University (RSTU), 2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia, phone +7 (919) 893-36-35, e-mail: 79198932212@yandex.ru

Дата поступления в редакцию 27.07.2018

А. В. Шевченко [A. V. Shevchenko]

О. С. Мезенцева [O. S. Mezentseva]

Д. В. Мезенцев [D. V. Mezentsev]

УДК 004.4'23

DOI 10.33236/2307-

910X-2019-25-1-22-30

**АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
РОБОТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ**ARCHITECTURE OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT  
OF ROBOTIC SYSTEMSФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, Россия,  
E-mail: luckyleo769@mail.ru

**Аннотация.** Статья содержит анализ функционала существующих информационных систем управления роботизированными системами. Анализ архитектур Robotics Operation System, Player, Marie, Orocos и Microsoft Robotics DeveloperStudio показал, что ни одна из существующих систем не способна в полной мере удовлетворить всем требованиям, возникающим при разработке программного обеспечения робототехнических систем.

**Материалы и методы.** В статье рассмотрены программные решения и функционал разработанной информационной системы управления RoboStudio, архитектура которой основана на изученных системах и удовлетворяет комплексу предъявляемых требований: модульности, аппаратной независимости, избыточности, наличию графического интерфейса и эмуляции робототехнических систем. Для управления информационной системы был разработан язык rScript, интерпретируемый в реальном времени работы системы, посредством которого происходит управление всеми подключенными модулями и оборудованием, благодаря чему информационная система предоставляет большие возможности по управлению и программированию робототехнических систем.

**Результаты.** Графический пользовательский интерфейс позволяет сконцентрироваться на непосредственном решении задач, упрощает образовательный процесс, а эмулятор робототехнических систем позволяет отладить и апробировать разрабатываемые сценарии удаленно, без риска повреждения дорогостоящего оборудования.

Экспериментальные исследования функционала системы проводились с использованием полноразмерного антропоморфного робота AR-601E и стенда «Мехатроника» производства НПО «Андроидная техника».

**Заключение.** Архитектура и особенности программной реализации информационной системы управления роботизированными системами RoboStudio, позволяющей осуществлять полный и одновременный контроль за всеми электронными компонентами роботизированной системы, что повышает безопасность использования дорогостоящего оборудования, а также дает возможность гибкой настройки системы для работы с различным роботизированным оборудованием без изменений в исходном коде.

**Ключевые слова:** информационная система, робототехника, ROS, система управления, андроидный робот.

**Abstract.** The article contains an analysis of the functionality of existing information management systems of robotic systems. Analysis of the architectures of Robotics Operation System, Player, Marie, Orocos and Microsoft Robotics Developer Studio showed that none of the existing systems can fully meet all the requirements arising in the development of software for robotic systems.

**Materials and methods.** The article discusses software solutions and the functionality of the developed RoboStudio information management system, whose architecture is based on the systems studied and satisfies a set of requirements: modularity, hardware independence, redundancy, the presence of a graphical interface and emulation of robotic systems. To control the information system, rScript was developed, interpreted in real time of the system operation, through which all the connected modules and equipment are controlled, thanks to which the information system provides great opportunities for managing and programming robotic systems.

**Results.** The graphical user interface allows you to concentrate on solving problems directly, simplifies the educational process, and the emulator of robotic systems allows you to debug and test the developed scenarios remotely, without the risk of damaging expensive equipment.

Experimental studies of the system functionality were carried out using the full-size anthropomorphic robot AR-601E and the Mechatronics stand produced by the Android Technological Scientific and Production Association.

**Conclusion.** Architecture and features of the software implementation of the information management system of robotic systems RoboStudio, which allows for full and one-time control of all electronic components of the robotic system, which increases the safety of expensive equipment, as well as allows flexible configuration of the system to work with a variety of robotic equipment without changes in the source code.

**Key words:** information system, robotics, ROS, control system, Android robot.

**Введение.** В настоящее время еще не сформировано каких-либо четких стандартов программирования робототехнических систем. Каждый производитель создает свою программную и аппаратную архитектуру исходя из собственных представлений об оптимизации процесса разработки. Крупные производители часто заказывают программные решения для своих робототехнических систем у сторонних разработчиков, мелкие создают программы своими силами. В итоге, программное обеспечение ориентировано только на конкретную платформу (чаще на конкретную модификацию робототехнической системы). Это приводит к тому, что зачастую при даже незначительной модернизации существующей роботизированной системы, приходится полностью перерабатывать программное обеспечение. Отсутствие универсальных программных продуктов влечет за собой огромные затраты времени и средств разработчиков, и нередко приводит к сворачиванию перспективных проектов.

Некоторые разработчики программного обеспечения для роботизированных систем частично решают проблему универсального программного обеспечения с помощью бесплатной информационной системы ROS, которая так же имеет свои ограничения и не всегда способна удовлетворить все требования производителей.

#### **Материалы и методы. Оборудование**

Исследования проводились с использованием двух роботов производства НПО «Андроидная техника»: стенда «Мехатроника» и полноразмерного антропоморфного робота AR-601E (рисунок 1). Первый представляет механический манипулятор в виде руки, имеющий 10 степеней свобод. Второй достаточно близко повторяет анатомию человеческого тела, имея по 13 степеней свободы на каждой руке, по 6 – на ногах, 1 – в торсе, 3 – в шее.

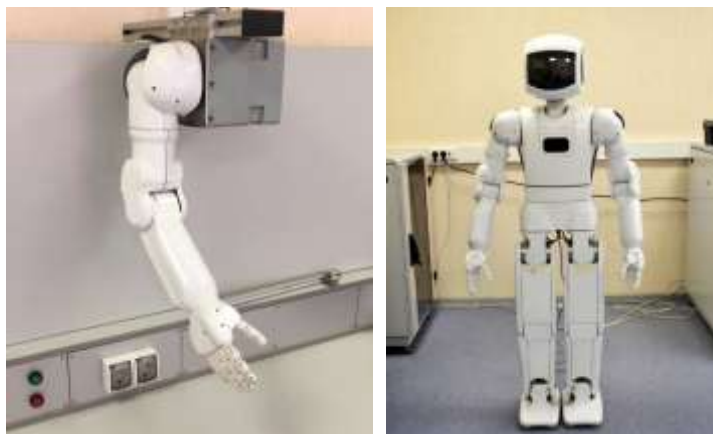


Рис. 1. Стенд «Мехатроника» (слева) и полноразмерный антропоморфный робот AR-601E (справа).

С технической точки зрения роботы сильно похожи: управление происходит путем передачи команд материнской плате робота по каналу связи LAN и приему показаний с сенсоров. Но по причине использования разных моделей контроллеров моторов, используются две различные информационные системы на базе ROS.

#### **Программное обеспечение**

В стандартную комплектацию к роботам НПО «Андроидная техника» входит информационная система управления на базе ROS (Robotics Operation System).

Изначально ROS разрабатывалась для проекта STAIR. Данный проект включал в себя создание и программирование двух роботов STAIR-1 и STAIR-2 (рис. 2) [15].

Для решения задач проекта STAIR к ROS предъявлялись следующие требования:

1) модульная архитектура – так как проект предусматривал разделение задач на управление мелкой моторикой, распознавание образов, перемещение в пространстве, монолитная архитектура значительно увеличила бы срок выполнения проекта и снизила эффективность разработки (увеличение количества ошибок, увеличение количества экспериментов);

2) параллельные математические вычисления – для распознавания образов и решения обратной задачи кинематики, вычислительной мощности бортовых компьютеров роботов STAIR-1 и STAIR-2 не хватало, поэтому требовалось переносить наиболее сложные вычисления на другие, более мощные ЭВМ посредством протокола LAN;

3) аппаратная независимость – роботы STAIR-1 и STAIR-2 имели различные аппаратные архитектуры, поэтому требовалось, чтобы ROS создавала единый программный интерфейс для возможности исполнения одних и тех же программ действий на обоих роботах без изменения кода программ.



Рис. 2. Роботы STAIR-1 (слева) и STAIR-2 (справа) [15]

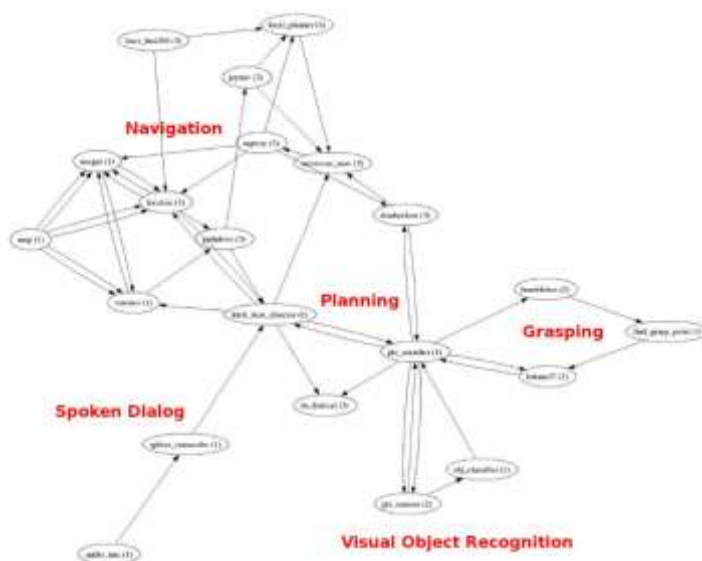


Рис. 3. Блок схема ROS для проекта STAIR [15]

В связи с поставленными требованиями, условиями работы и целями проекта STAIR, Robotics Operation System имеет ряд особенностей:

- поддержка операционных систем только на базе ядра Linux;
- отсутствие шаблонных базовых функций, используемых при программировании практически любой роботизированной системы (например, решения прямой и обратной задач кинематики);
- отсутствие графического интерфейса пользователя;
- организация связи модулей ROS посредством логической локальной сети на каждом компьютере и физической между несколькими компьютерами (рис. 4);

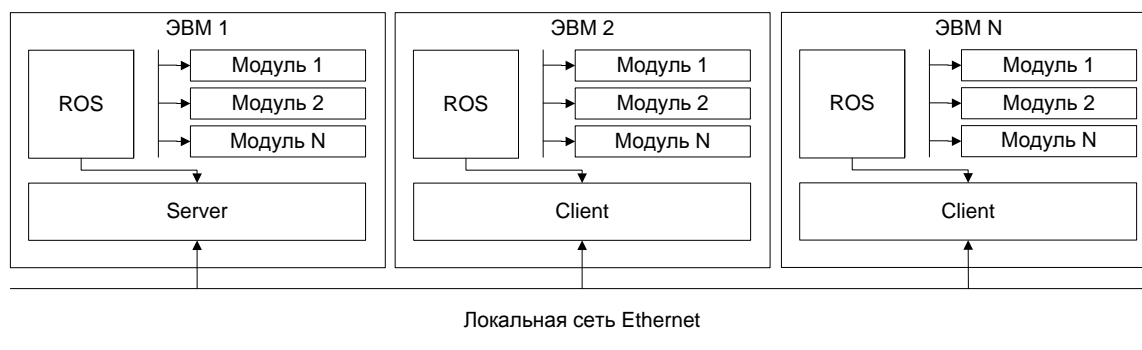


Рис. 4. Структура связей между модулями системы ROS

Данные особенности делают использование ROS в лаборатории робототехнических систем недостаточно эффективным, поскольку отсутствие графического интерфейса усложняет тестирование и отладку новых программ и делает невозможным образовательный процесс; отсутствие в ОС Linux полноценной поддержки оборудования серьезно ограничивает вычислительную мощность исполняющей ЭВМ; крайне малая эффективность использования локальной сети Ethernet в решении задач распараллеливания математических вычислений, где требуется высокая скорость передачи информации между вычислительными устройствами, не позволяет распараллеливать серьезные математические вычисления; отсутствие базового функционала осложняет разработку высокоуровневых модулей, требует дублирования программного кода, что приводит к большим потерям вычислительной мощности;

#### Альтернативное программное обеспечение

Так как ROS содержит ряд недостатков и особенностей, не позволяющих в полной мере использовать имеющееся оборудование, были проанализированы существующие информационные системы для программирования и управления роботизированными системами.

Playег – сервер распределенных устройств [21]. Проект реализуется в Южном Калифорнийском университете. Так же как и ROS является Middleware-ПО, то есть посредником между программой-клиентом, установленным на робототехническую систему, средой разработки на компьютере разработчика [1–3, 14, 19, 21]. Соответственно, Playег так же не решает основных проблем, связанных с использованием системы ROS.

Marie – (англ. Mobile and Autonomous Robotics Integration Environment) среда интеграции мобильных и автономных робототехнических систем была разработана Лабораторией мобильных робототехники и интеллектуальных систем Университета Шербрука, Канада [4–7]. Состоит из 3 программных «слоев» [6]: «Приложение», «Компоненты» и «Ядро». Слои «Приложение» и «Компоненты» предоставляют минимум инструментов для разработки программ управления, а «Ядро» содержит инструменты, отвечающие за обмен данными между слоями и подключенным оборудованием, управления производится центральным программным модулем «Медиатором» (рис. 5). Marie не удовлетворяет требованиям к информационной системе из-за отсутствия встроенных инструментов моделирования и эмуляции робототехнических систем.

Ogocos – инструментальный реального времени (RTT), для разработки программ управления робототехническими системами на языке C++. Представляет собой библиотеку инструментов для работы с робототехническими системами [8, 9, 11, 12, 16–18]. Среди недостатков можно выделить: отсутствие графического пользовательского интерфейса, системы эмуляции и отладки.

Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS). Платформа MRDS включает в себя язык визуального программирования Visual Programming Language (VPL) и имитационную визуальную 3D-среду. Язык визуального программирования Visual Programming Language (VPL) предлагается в качестве средства описания алгоритмов поведения роботов для начинающих программистов, язык C# – для профессиональных [10, 13, 20]. Основным недостатком MRDS при использовании является отсутствие контроля за электропитанием оборудования и отказоустойчивости, т.е. при возникновении каких-либо ошибок программы, информационная система неспособна предотвратить возможное повреждение дорогостоящего оборудования.

Также известны коммерческие программные продукты, предназначенные для разработки программного обеспечения робототехнических систем (GostaiUrbi, Evolution Robotics ER1 и др.), а также закрытые разработки военных и силовых ведомств, анализ которых не являлся целью проведенного исследования.

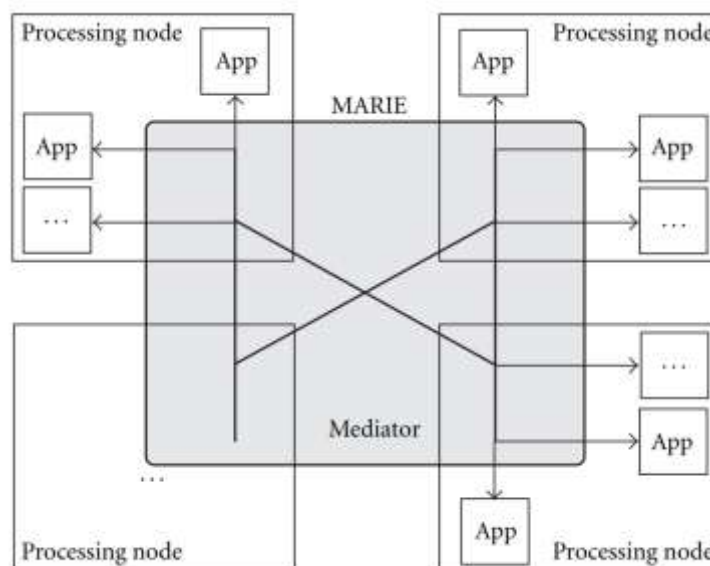


Рис. 5. Пример построения связей между Медиатором и компонентами системы Marie [5]

Анализ информационных систем показал, что все существующие решения не в полной мере удовлетворяют комплексу функциональных требований, необходимых для работы с робототехническим оборудованием: модульности, аппаратной независимости, избыточности, наличия графического интерфейса и эмуляции робототехнических систем. Альтернативным решением является разработанная информационная система управления роботизированными системами RoboStudio, Экспериментальные исследования функционала системы проводились с использованием полноразмерного антропоморфного робота AR-601Еи стенда «Мехатроника».

**Достоинства разработанной информационной системы управления роботизированными системами RoboStudio**

Модульность – как и ROS, разработанная информационная система имеет возможность быстрого расширения функционала и разделения задач между модулями системы. Связь между модулями поддерживается прямым вызовом методов средствами Win32 и платформы .NET, а не через локальную сеть.

Аппаратная независимость – реализована возможность управления любыми типами роботизированных систем.

Графический интерфейс – для повышения удобства работы и образовательного процесса управление информационной системой производится с помощью графического интерфейса пользователя.

Избыточность – информационная система имеет весь набор базовых инструментов для работы с роботизированными системами: среда разработки, отладки и тестирования, эмуляция роботизированной системы, решение основных задач кинематики и динамики.

#### Архитектура

Информационная система RoboStudio состоит из следующих модулей (рис. 6):

- ядро – модуль управления всеми подключаемыми программными частями информационной системы;
- драйвер – динамически заменяемый элемент, соединяющий информационную систему с подключенным роботизированным оборудованием. Компилирует команды исходя из особенностей архитектуры оборудования. Приводит показания датчиков к единому формату. Кроме функций обмена данными с оборудованием, содержит подробную информацию о роботизированной системе для построения ее виртуальной в эмуляторе;
- интерпретатор сценариев – исполняет программы действий, пересылая команды в единый программный интерфейс для дальнейшего их выполнения надстройками, эмулятором или подключенным оборудованием;
- модуль математического моделирования – программный модуль решающий прямую и обратную задачи кинематики;

- эмулятор – программный модуль для апробации и тестирования сценариев на виртуальной модели робота;
- надстройки – подключаемые программные модули, расширяющие функционал информационной системы.

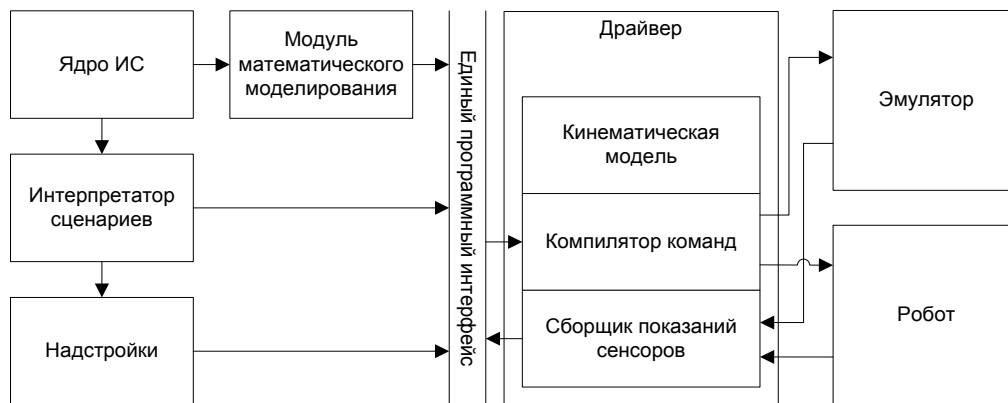


Рис. 6. Архитектура информационной системы управления

### Результаты. Практические решения

Каждый модуль системы Robo Studio, кроме ядра, является динамически подключаемой библиотекой Windows (DLL), содержащий определенный набор команд, отвечающих за работу этого модуля. Вызов команд происходит из интерпретатора. При необходимости любой модуль, кроме ядра, может быть заменен на пользовательскую версию соответствующего программного элемента. Благодаря прямой связи между модулями, без использования локальной сети, происходит экономия вычислительной мощности в пользу решения наиболее важных задач.

При запуске системы, интерпретатор выполняет сборку установленной конфигурации модулей и их списки команд в коммутатор (рис. 7), из которого происходит непосредственный вызов той или иной команды. Пользовательские команды перед выполнением проходят стадию трансляции с языка rScript на цифровые значения, соответствующие номерам команд в коммутаторе в то время, как ядро системы отдает команды непосредственно в коммутатор.

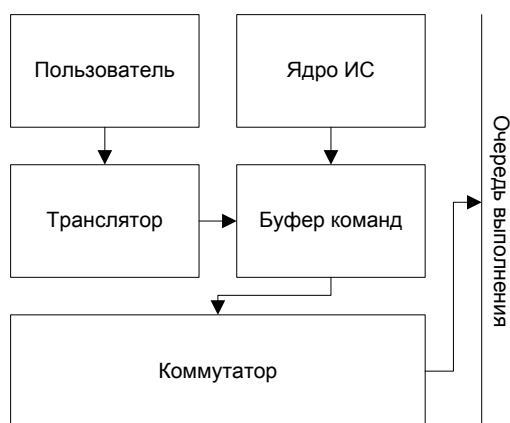


Рис. 7. Схема выполнения команд пользователя и ядра ИС

На рис. 8 проиллюстрирован алгоритм всего цикла выполнения высокоуровневой команды GoFromTo(A, B) – перемещение из точки А в точку В:

Команда поступает в интерпретатор, где переводится в соответствующий ей номер в коммутаторе.

Коммутатор вызывает метод, соответствующий номеру в модуле симуляции ходьбы, где происходит деление всего цикла выполнения задачи на итерации с учетом полученных параметров.



На каждой итерации выполняются решения прямой и обратной задачи кинематики, для нахождения положений сочленений в текущий момент цикла ходьбы.

Из полученных данных формируется команда для роботизированной системы, которая отправляется в ядро ИС на проверку безопасности.

Если команда безопасна (не приведет к излому суставов, зависанию системы и пр.), она отправляется в драйвер, где происходит ее трансляция в машинный код и непосредственное выполнение.

### Трансляция в машинный код роботизированной системы

Управление роботами НПО «Андроидная техника» происходит с помощью двух массивов размером по 1472 байт каждый. Первый служит для отправки команд (массив команд) на главный контроллер робота, второй содержит показания сенсоров (массив показаний). Обмен данными происходит в отдельном потоке непрерывно и независимо от того, заданы новые команды или нет. В массиве команд для каждого мотора выделено по 16 байт данных, в которых хранится угол поворота мотора, жесткость привода, и другие параметры сервоприводов (табл. 1).

Эти параметры уникальны и могут различаться в зависимости от используемых моторов, контроллеров и других компонентов электронной цепи робота. Поэтому в разработанной ИС предусмотрен специальный программный модуль – драйвер, который транслирует команды информационной системы в требуемый формат, учитывая аппаратные особенности подключенного оборудования.

### Работа информационной системы

Информационная система RoboStudio является средой разработки программ для любых видов роботизированных систем. Благодаря использованию интерпретатора языка сценариев появляется возможность разрабатывать программы управления практически любой сложности и направленности без перекомпиляции основного кода информационной системы.

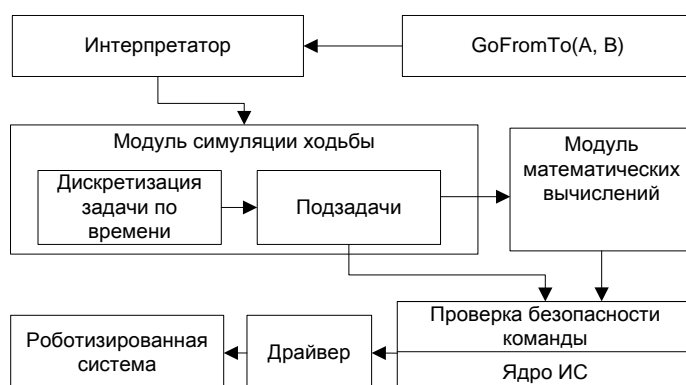


Рис. 8. Схема выполнения функции перемещения робота из точки А в точку В

Эмулятор позволяет производить отладку вновь разработанных сценариев на виртуальной модели робота, тем самым позволяя избежать риски при выполнении ошибочных команд

Модульность системы и подключение драйверов оборудования позволяют расширять функционал информационной системы во время ее работы и организовывать управление практически любыми роботизированными системами.

Таблица 1

Формат команды сервопривода робота AR-601E

Смещение	Размер в байтах	Назначение
0x00	1	Адрес
0x01	1	Состояние мотора (реверс, остановка, трассировка, релаксация)
0x02	2	Текущий угол поворота
0x04	2	ILIM
0x06	2	Позиция по умолчанию
0x08	2	Жесткость муфты
0x0A	2	Демпфер
0x0C	2	Минимальный угол поворота
0x0E	2	Максимальный угол поворота

Пользовательский интерфейс информационной системы (рис. 9) состоит из панели эмулятора, редактора исходного кода, командной консоли и панели состояния, на которой отображается информация об электропитании и показаниях всех датчиков роботизированной системы.

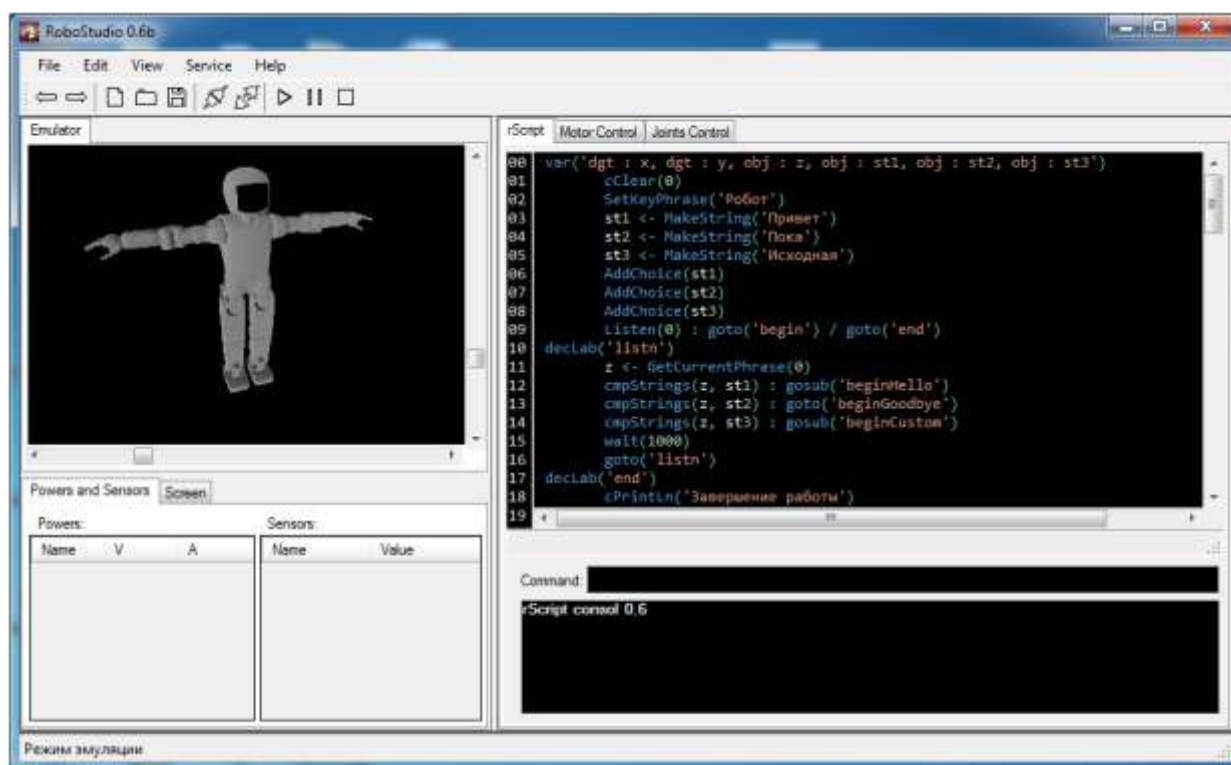


Рис. 9. Вид главного окна информационной системы

Стандартный функционал позволяет избавиться от лишнего программного обеспечения, экономя вычислительную мощность ЭВМ для решения более важных задач, позволяет гибко настроить информационную систему под практически любое оборудование без изменений в исходном коде, осуществлять полный и единовременный контроль за всеми электронными компонентами роботизированной системы, что повышает безопасность использования дорогостоящего оборудования.

**Заключение.** Именно наличием подобных программных продуктов как RoboStudio, объясняются большие успехи зарубежных разработчиков. Но, к сожалению, такие системы являются засекреченными и, естественно, не распространяются. Таким образом, разработанная система позволит развивать программу импортозамещения в сфере производства робототехники.

#### Дальнейшее развитие информационной системы RoboStudio

В ROS увеличение производительности осуществляется путем распараллеливания математических задач на несколько ЭВМ. Если на 2007 год (первая версия ROS) это было самым оптимальным решением, то сегодня ЭВМ дают намного больше возможностей параллелизма. Благодаря этому, в будущем планируется перенос части математических вычислений в системе RoboStudio центрального процессора на графический ускоритель.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. B. Gerkey, R. Vaughan, and A. Howard, "Howard, the player/stage project: tools for multi-robot and distributed sensor systems," in Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Robotics (ICAR '03), Coimbra, Portugal, 2003.
2. B. P. Gerkey and M. J. Mataric, "Sold!: auction methods for multi-robot coordination," in Proceedings of the IEEE Transactions on Robotics and Automation, Special Issue on Multi-robot Systems, 2001.
3. B. P. Gerkey, R. T. Vaughan, K. Støy, A. Howard, G. S. Sukhatme, and M. J. Mataric, "Most valuable player: a robot device server for distributed control," in Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1226–1231, Wailea, Hawaii, USA, November 2001.

4. C. Coté, D. Létourneau, C. Raïevsky, Y. Brosseau, and F. Michaud, "Using marie for mobile robot component development and integration," Software Engineering for Experimental Robotics Book Series, vol. 30 of Springer Tracts in Advanced Robotics, Springer, Berlin, Germany, 2007.
5. C. Coté, D. Létourneau, F. Michaud et al., "Code reusability tools for programming mobile robots," in Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '04), pp. 1820–1825, October 2004.
6. C. Coté, Y. Brosseau, D. Létourneau, C. Raïevsky, and F. Michaud, "Robotic software integration using MARIE," International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 3, no. 1, pp. 55–60, 2006.
7. É. Beaudry, Y. Brosseau, C. Ct et al., "Reactive planning in ' a motivated behavioral architecture," in Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI '05), vol. 3, pp. 1242–1247, 2005.
8. H. Bruyninckx, J. De Schutter, T. Lefebvre et al., "Building blocks for slam in autonomous compliant motion," in Proceedings of the International Symposium on Robotics Research (ISRR '03), pp. 432–441, 2003.
9. H. Bruyninckx, P. Soetens, and B. Koninckx, "The real-time motion control core of the Orocos project," in Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2766–2771, September 2003.
10. J. Jackson, "Microsoft robotics studio: a technical introduction," IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 14, no. 4, pp. 82–87, 2007.
11. K. Gadeyne, Sequential monte carlo methods for rigorous bayesian modeling of autonomous compliant motion, Ph.D. thesis, Department of Mechanical Engineering, KatholiekeUniversiteit Leuven, 2005.
12. K. Gadeyne, T. Lefebvre, and H. Bruyninckx, "Bayesian hybrid model-state estimation applied to simultaneous contact formation recognition and geometrical parameter estimation," The International Journal of Robotics Research, vol. 24, no. 8, pp. 615–630, 2005.
13. K. Johns and T. Taylor, Professional Microsoft Robotics Developer Studio, Wrox Press, Birmingham, UK, 2008.
14. M. Kranz, R. B. Rusu, A. Maldonado, M. Beetz, and A. Schmidt, "A player/stage system for context-aware intelligent environments," in Proceedings of the System Support for Ubiquitous Computing Workshop, at the 8th Annual Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp '06), Orange, Calif, USA, September 2006.
15. Morgan Quigley, Eric Berger, Andrew Y. Ng (2007), STAIR: Hardware and Software Architecture, AAAI 2007 Robotics Workshop
16. P. Soetens and H. Bruyninckx, "Realtime hybrid task-based control for robots and machine tools," in Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 260–265, April 2005.
17. P. Soetens, A software framework for real-time and distributed robot and machine control, Ph.D. thesis, Department of Mechanical Engineering, KatholiekeUniversiteit Leuven, Heverlee, Belgium, 2006, <http://www.mech.kuleuven.be/-dept/resources/docs/soetens.pdf>.
18. P. Soetens, RTT: Real-Time Toolkit, 2010, <http://www.Orocos.org/rtt>.
19. R. T. Vaughan, B. P. Gerkey, and A. Howard, "Howard, on device abstractions for portable, reusable robot code," in Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '03), pp. 2121–2427, Las Vegas, Nev, USA, 2003.
20. S. Morgan, Programming Microsoft Robotics Studio, Microsoft Press, Redmond, Wash, USA, 2008.
21. T. H. Collett, B. A. MacDonald, and B. P. Gerkey, "Player 2.0: toward a practical robot programming framework," in Proceedings of the Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA '05), Sydney, Australia, 2005.

#### ОБ АВТОРАХ

**Шевченко Александр Владимирович**, аспирант кафедры информационных систем и технологий, Институт информационных технологий и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, + 7-961-465-48-51, E-mail: luckyleo769@mail.ru  
 Shevchenko Aleksey Vladimirovich, Graduate student, Chair of Information Systems and Technologies, Institute of Information Technologies and Telecommunications FSAEI HE "North-Caucasus Federal University", Stavropol+ 7-961-465-48-51, E-mail: luckyleo769@mail.ru

**Мезенцева Оксана Станиславовна**, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем и технологий, Институт информационных технологий и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, E-mail: omezentceva@ncfu.ru, (8652) 94-54-75

Mezentseva Oksana Stanislavovna, Candidate of physical and mathematical sciences, docent, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Institute of Information Technologies and Telecommunications FSAEI HE "North-Caucasus Federal University", Stavropol

**Мезенцев Дмитрий Викторович**, аспирант кафедры информационных систем и технологий, Институт информационных технологий и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, E-mail: dmezentcev@ncfu.ru), + 7-961-466-14-42  
Mezentsev Dmitriy Viktorovich, Graduate student, Chair of Information Systems and Technologies, Institute of Information Technologies and Telecommunications FSAEI HE "North-Caucasus Federal University", Stavropol, E-mail: dmezentcev@ncfu.ru), + 7-961-466-14-42

Дата поступления в редакцию 16.07.2018

УДК378.1+311.2  
DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-33-43

И. С. Клименко [I. S. Klimenko] <sup>1</sup>

Н. А. Медетов [N. A. Medetov] <sup>2</sup>

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ СУБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОТНОШЕНИЙ

CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK  
FOR THE COMPREHENSIVE PROTECTION OF SUBJECTS  
AND OBJECTS OF INFORMATION RELATIONS

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорск, Россия, E-mail: iskl@pfncfu.ru

<sup>2</sup> Костанайский государственный педагогический университет, г. Костанай, Казахстан

**Аннотация.** Актуализация проблемы комплексной защиты объектов информатизации – это результат стремительного развития информационных технологий, которые привели не только к модернизации информационных отношений, но выявили необходимость создания комплексных систем обеспечения информационной безопасности объектов, как значимой компоненты концепции информационной безопасности региона и государства в целом. Информационная безопасность, по сути, это защищенность субъектов и объектов информационных отношений от угроз внутреннего и внешнего характера. Необходимость исследования проблем организации комплексной защиты субъектов/объектов информационных отношений обусловлена рядом причин, среди которых увеличение интенсивности информационных потоков, повышение требований к степени защищенности конфиденциальной информации, рост числа атак на системы хранения данных и каналы связи и др.

**Ключевые слова:** методы описания сложных систем; математическое моделирование системы комплексной защиты; детерминированные модели; методы оптимизации комплексной защиты объекта.

*Abstracts.* Actualisation of the problem of complex protection of information objects is the result of the rapid development of information technologies, which not only led to the modernization of information relations, but also revealed the necessity to create complex information security systems as a significant component of the information security concept of the particular region and the whole state. Information security, in fact, is the protection of subjects and objects of information relations from internal and external threats. The problems of organizing complex protection of subjects / objects of information relations should be studied because of an intensity of information flows, increasing requirements for the level of protection for confidential information, the growing number of attacks on data storage systems and communication links, etc.

Key words: methods of description of complex systems; mathematical modeling of complex protection systems; deterministic models; methods for optimizing the complex protection of an object.

Introduction. The information security management system of an object is a complex dynamic system of collecting, processing, storing and transmitting of information. Fuzzy structure of its subsystems, the multiple nature of the system elements require developers to take into account all factors (including weak formalized), which affect the quality of information security.

Information security of subjects and objects of information relations means a flexible and rapid response to threats and attacks.

Traditional methods of information security management are mostly oriented towards the use of narrowly specialized methods of protection. To some extent, this approach can be described as “separatist”, as it allows to solve the problem of ensuring information security in certain areas:

- protection of computer networks;
- anti-virus protection;
- cryptographic methods of data protection;
- technical means of protection, etc.

The expediency of such an approach requires additional study, but to develop complex protection of informatization objects, it is necessary to implement the principles of a systems approach, adapt the mathematical apparatus of operations research and decision theory to solve information security system problems. That is why the creation

of models, methods and algorithms for complex protection of information objects, which are to predict development and manage risks, ensure information security of subjects and objects of information relations is, in the authors' opinion, of great theoretical and applied interest.

Materials and methods

System analysis of the problem of complex protection of subjects and objects of information relations. Complex protection of an object is a system of dynamically linked elements, the management of which should be based on a scientific basis. The total framework of the theory of systems and the logic of the systems approach, in relation to the problems of information security management, make it possible to classify and identify control objects by the levels of complexity of them:

Level 1 – the level of a static structure or the level of bases. At this level of complexity, the subjects of information exchange in the information protection system are considered in statics;

Level 2 – a simple dynamic system with predefined, mandatory actions, such as user identification, authorization in the system, etc.;

Level 3 – the cybernetic system, i.e. a "thermostat" system in which the transmission and analysis of information constitutes an essential part of the system, providing the ability to control the system;

Level 4 – open system, self-preserving structure. At this level of the object security system, the object of protection is divided into its constituent parts, and the individual protection mechanisms are formed for each component.

Level 5 – in a complex system, functions are differentiated: it is the division of objects of protection, respectively, the definition of the subjects implementing this protection;

Level 6 – mobility, awareness and teleological behavior. At this level the receivers of information and a highly developed system of response to external influences appear. For information security systems, a profile of a potential attacker is determined at this level of complexity, a system for identifying and diagnosing attacks is built, statistics on reflected and realized threats are collected, and so on;

Level 7 – At this level the ability of the system to analyze the situation, the ability to adapt, and self-study are added to all previous conditions. In the information security management system of a facility, this level of complexity presupposes the existence of a complex information protection plan, which allows for managing either by rejection or perturbation;

Level 8 – management of the complex protection system of an object at this level of complexity requires taking into account the influence of behavioral factors that have a significant impact on the effectiveness of protection. Such factors should include professional incompetence of information exchange participants in terms of information security, lack of responsibility when working with confidential information, etc.

Level 9 – unknowable systems. The probabilistic nature of the interaction in the "object of protection - means and methods of protection - the attacker" make a part of the protection system "closed" for study.

The solution of problems of complex systems managing is based on the integration of formal and informal modeling methods, the nature of which requires the decomposition of the control object, which, as a rule, practically does not take into account interconnections with other subsystems. As a consequence, the solution of individual local problems does not provide a complete picture of the system as a whole. When forming a complex plan, we need a fundamentally different approach, based on a study of the decision-making process that unites the system of relations, the organizational structure, and the development of the system and the effect of uncertainties. This approach allows you to create and explore more complex models of behavior in the process of administrative management, that is, it will allow you to use the results of research in the field of special management issues.

Hierarchical security management system of an info-communication facility has a hierarchical structure:

- at the first level, there is a system of material processes and distribution;
- at the second level – the processes of making programmed decisions;
- at the third level, non-programmable decision making processes, which are necessary for managing the processes of the lower levels, their re-planning and reassessment of the system parameters.

The main attention in the hierarchical structure should be given to the analysis of information flows and the synthesis of the information model of the control object.

All existing methods for describing complex systems can be divided into two classes: quantitative (analytical) and qualitative, which, as a rule, are subjective.

#### Quantitative methods for describing systems

The main task of modeling, as a tool for describing a complex system, is to correctly interpret the goals of the system, its properties, parameters, characteristics, behavior in certain conditions. Understanding of the structure of a complex system allows the researcher to independently determine the level of elementaryness of the system, to identify the main structural elements (subsystems and relations between them), to determine the level of description of the system.

Such research is possible only if there is a mathematical description of the process of functioning of the system, i.e. its mathematical model.

The complexity of real systems does not allow building “absolutely” adequate models for them. The mathematical model (MM) describes some simplified process, which presents the main phenomena involved in the real process and the main factors acting on the real system.

What phenomena are the main ones, what factors are the main factors – essentially depends on the purpose of the model, what research it is for. Therefore, the process of functioning of the same real object can receive different mathematical descriptions depending on the task.

As there are a lot of mathematical models of a complex system and all of them are determined by the adopted level of abstraction, consideration of tasks at any one level of abstraction allows you to give answers to a certain group of questions, and to get answers to other questions, you must conduct research at another level of abstraction. Each of the possible levels of abstraction has limited capabilities that are unique to this level. To get the maximum completeness of information, it is necessary to study the same system using different types of models.

By convention, the first four levels relate to the highest levels of system description, and the last four – to the lowest [1].

#### The highest levels of systems description

The linguistic level of description is the highest level of abstraction, which operates with terms and functors. Terms are identifiers of system components, their names. Functors - statements that define the relationship between terms. So, the system of complex protection of information objects at the linguistic level of description can be represented as a set of identifiers, classifiers and unified forms of presentation of documents to be protected. This part of the system, defined as terms, must be supplemented with a description of the links; in this case, the role of the functor is played by the information model of the protected object.

#### Lower levels of system description

The logical-mathematical level of the description of systems is widely used to describe complex systems associated with information processing, formalizing the activities of devices in which information acts as a property of objects and phenomena (processes) to generate a variety of states. For the system of complex protection of information objects, the logical-mathematical description level should contain algorithms for collecting, processing, storing and transmitting data and specific modules providing the necessary level of security.

At the dynamic level of the abstract description of systems, the key terms are the concepts of “input” and “output” of the system and the system itself is considered as an object (“black box”) inside which the processes of discrete or continuous nature can take place. The main purpose of such a description is to establish the relationship between the input and output of the system, to determine its state. The system of complex protection of information objects represented as a “black box” is a combination of a set of problems at the input of the system and, accordingly, a set of goals at the output.

For example, the problem to be solved: provide a high level of document security. As a solution to the problem - the development of cryptographic protection algorithms; use of secure data transmission channels; increasing the personal responsibility of participants in the data transfer process.

For example, problems that need to be addressed: the high level of confidentiality of the documents to be protected; as a solution to the problem: the development of cryptographic protection algorithms; use of secure data transmission channels; increasing the personal responsibility of participants in the data transfer process.

The heuristic level of the abstract description of systems provides for the search for a satisfactory solution of control problems due to the presence in a complex system of a person who is able to generalize the experience of solving similar problems, to build an algorithm that cuts out “unsuitable” solutions using game methods, simulation modeling, brainstorming and other methods which are based on human intellectual activity.

Qualitative methods for describing systems

If it is not possible to identify patterns of development of a complex system using analytical methods, qualitative description methods are applied.

*Brainstorming* is a group method for solving creative problems, based on a special technology of searching for alternative solutions. The method involves the free expression of ideas in the process of discussing the problem; any ideas are welcomed, even if they, at first glance, look absurd. The number of ideas should be as large as possible, that is, the mechanism for generating alternatives allows for their combination, addition, development, use of part of the alternative, etc. The effectiveness of the procedure largely depends on the quantitative and qualitative composition of the participants, their professional competence, occupation, sphere of professional interests, work experience. Interesting results are given by groups of participants, which include experts from various fields.

*Brain relay* is a special method of solving creative problems, which is based on the method of active sociological testing, analysis and control [2].

Scenario method. A scenario as a description of the development of a situation, taking into account the initial state of the system and plausible proposals for its development, can be: pessimistic, optimistic, most likely taking into account the coefficient of optimism / pessimism. The main idea of the method is to analyze the capabilities of a complex system and identify ways of development with minimizing loss / damage. The multivariance of the method allows us to group alternatives into classes and determine the optimal strategy based on the principle of mixed strategies. In design of a scenario, quantitative methods of operations research, system analysis methods (decomposition and aggregation), and structural correlation analysis methods can be used.

The method of scenario, as a practical implementation of the sequential resolution of uncertainty method, aimed at determining the most likely paths for the development of a system / complex situation / problem, is carried out in several stages:

- problematization: setting a task / issue;
- identification of factors, external influences, etc.;
- determining the expected parameters of the system;
- formation of development proposals and their selection;
- comparative analysis of system parameters taking into account the influence of external influences;
- generation of a probabilistic order of events;
- impact analysis;
- adjusting behavior strategies.

Methods of expert assessments. Examination is a procedure that allows you to get a competent conclusion on the studied problem. To quantify the degree of consistency of expert opinions, the coefficient of concordance is used.

$$W = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)},$$

Where

$$d = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m r_{ij} - 0.5m(n+1) \right]^2$$

$m$  – the number of experts,

$j = \overline{1, m; n}$  — the number of considered properties,

$i = \overline{1, n; r_{ij}}$  – the place that was taken by the property  $i$  of the  $j$ -th expert;

$d_i$  – is the deviation of the sum of ranks in the  $i$ -th property from the arithmetic mean of sums of ranks in  $n$  properties.

The coefficient of concordance  $W$  makes it possible to assess how consistent the series of preferences, constructed by each expert, are.

Its value is within  $0 \leq W \leq 1$ ;  $W=0$  means the exact opposite, and  $W = 1$  means complete coincidence of the value of the criterion by evaluation of all experts.

The opinion is considered consistent when  $W = 0.7 \dots 0.8$ . If the value of the coefficient of concordance, indicates a weak consistency of expert opinions, it is necessary to analyze whether there is indeed no unity of opinion within



the group of the totality of experts. Additional information on the coincidence of expert opinions can be obtained by determining the degree of agreement in a pair of experts A and B by calculating the coefficient of pair rank correlation:

$$\rho_{AB} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \psi_i^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - \frac{1}{n}(T_A + T_B)},$$

where  $\psi_i$  is the difference (in absolute value) of the values of the ranks of the assessments of the  $i$ -th property, appointed by experts A and B:  $\psi_i = |R_{A_i} - R_{B_i}|$ ;  $T_A$  и  $T_B$  – indicators of related ranks of assessments of experts A and B.

The coefficient of pair rank correlation takes values  $-1 < \rho < +1$ .

The value  $\rho = +1$  corresponds to the complete coincidence of assessments in the ranks of the two experts (complete consistency of the opinions of the two experts), and  $\rho = -1$  – two mutually opposite opinions of the experts.

*The Delphi method* is a well-known method of individual peer review, which does not involve a collective discussion procedure.

This format of the peer review procedure is intended to reduce the desire of the participants in the examination to join the opinion of the most authoritative expert, suppress the expert's desire to refuse to publicly express their own opinions and follow the majority opinion. The idea of the method is to organize a multi-step (iterative) expert survey, while at the first iteration the experts may not argue the answers; after processing the results of the first iteration, questions can be refined, modified, and the answers of the experts should be reasoned; the third, fourth iterations, in essence, the repetition of the previous steps. Stable, unchanging expert answers are a sign of the completion of the examination process.

Disadvantages of the method: the complexity; Experts are not always ready to work in a multi-step format.

Advantages of the method: an individual mode of operation reduces the psychological pressure on the expert, which increases the objectivity of the expert assessment. The procedure can be used as an introductory, "immersive" in conducting the method of scenarios.

*Method "objective tree"* The idea of the "objective tree" method involves building a hierarchical structure, at the top level of which is a global object, then the global object is decomposed into sub-objects, down to the elementary level, which is determined by the researcher. So, with regard to the information security management system, the objective tree can have the following form: the global object is to minimize the damage from threats.

Objectives of the first level:

- 1 – self-determination in position;
- 2 – self-determination in a situation.

Second level objects:

- 1.1 analysis of opportunities; 1.2 preference analysis; 1.3 - forecast of results.
- 2.1 – analysis of the sources of threats; 2.2 – forecast of possible damage.

Advantages of the method in its invariance with respect to the subject area; Tree-like hierarchical structures can be used not only within the framework of the object-setting of the subject of management of a complex system; A possible area of application of this method is the construction of a hierarchy of directions for the development of a complex system and the prediction of results. When using the concept of "predication graph", it is possible to more accurately define the concept of a tree as a connected digraph, each pair of nodes of which is connected by a single chain.

*Morphological methods.* The main idea of morphological methods is to systematically find all "conceivable" solutions to a problem or system implementation by combining selected elements or their signs. Currently, there are three known methods of morphological research: the method of systematic field coverage, the method of denial and design, the morphological box method.

The most common is the morphological box method. Its idea is to build a matrix containing possible solutions to the problem and their parameters; analysis of possible combinations of options, their evaluation allows you to make a choice in favor of the best option. The matrix can be two-dimensional and three-dimensional.

Methods of system analysis: decomposition and aggregation

Techniques that implement system analysis procedures under specific conditions are intended to formalize the system research process, in cases where the researcher does not have sufficient information about the system, which allows to choose an adequate method of a formalized system representation.

Principles of complex protection system modeling

The concept of information security of an object, implemented in a complex information protection plan, ensures effective protection, subject to certain fundamental principles:

- systematic and integrated approach;
- compliance with current legislation;
- unambiguous understanding by developers and users;
- continuity, timeliness and sufficiency;
- economic feasibility;
- separation of functions and delegation of authority;
- accordance of user rights to official authority and personal responsibility;–
- protection system flexibility;
- mandatory control.

Analysis of the problem of managing information security of objects highlights the development of models and algorithms for information security [3, 5].

Defining the process of forming a complex plan of information protection of an object as a complex dynamic system, we will assume that effective management should be based on the principles of classical management of complex systems, methods of system analysis using mathematical modeling of information objects, information exchange processes.

Information security management systems have certain specific features:

- to assess the quality of information security is difficult to apply direct measurement methods;
- the task of assessing the quality of information protection is complex, its solution requires various methods, which should be based on a systematic approach;
- models and algorithms for managing information security of an object should have a scientific basis and use modern technologies. The analysis of management methods for complex protection of information objects that are used in real practice, served as the basis for the choice of modeling as a tool for synthesizing an information security management system for an object.

The conceptual model of the information security system is based on the life cycle of the system:

1. Determining the need for the final product.
2. Planning the trajectory of the control object. .
3. Control of the actual state of the control object, analysis of the need / feasibility of forming control actions.
4. Regulation.

Table 1 presents a conceptual model of managing information security of an object in the form of life cycle stages.

Table 1

Stages of the process of the information security management of an object

Stage name	Stage content
Risk analysis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determine the object of protection.</li> <li>2. Determine the profile of the attacker.</li> <li>3. Analysis of problems and their source (threat; vulnerability; violators).</li> <li>4. Creating a quality management system for training specialists.</li> </ol>
Policy Formation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The system of views on the problem of information security:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– goals and objectives of protection.</li> <li>– analysis of the current state and security threats;</li> <li>– legal basis of the object information security management system;</li> <li>– organizational, technological procedures, methods and means of ensuring the information security of an object.</li> </ul> </li> </ol>

Planning	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determination of the required level of security of the object.</li> <li>2. Accounting of resources that require protection: information, tasks, documents, communication systems, servers, etc.</li> <li>3. Training of staff responsible for ensuring the security of information and its processing in each unit.</li> <li>4. Drawing up a comprehensive plan of information protection using physical and technical (software and hardware) tools to protect system resources and continuous administrative support for their use.</li> </ol>
Implementation of a comprehensive plan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Practical actions to ensure the security of information; coordination of actions of persons responsible for ensuring information security in the units.</li> <li>2. Identification, reflection and liquidation of the consequences of the implementation of various types of information security threats.</li> <li>3. Making management decisions aimed at improving the legal, regulatory, technical and organizational support for the information security of an object.</li> </ol>
Intrusion Detection	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of a mechanism for rapid response to security threats.</li> <li>2. Accounting for potential and realized threats.</li> <li>3. Identification of sources of threats.</li> <li>4. Identification of the causes and conditions conducive to the realization of the threat.</li> </ol>
Analysis and control	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of a system for assessing the quality of protection of information objects.</li> <li>2. Development of technology for assessing the quality of protection of information objects.</li> <li>3. Creation of a quality control system for the protection of information objects.</li> <li>4. Monitoring the compliance by all parties of information relations with the requirements for maintaining information security at workplaces / in departments / at the facility as a whole.</li> <li>5. The accumulation of statistics, analysis of the situation and making changes to improve the quality of training.</li> </ol>

To create a model suitable for solving specific problems, we need to determine the level of the hierarchy on which the control object is located, goals and objectives. The qualitative description of the object is transformed into a system of formalized indicators that are to be measured using the method of expert assessments, the method of analyzing hierarchies, and the methods of game social simulation.

Information security system management, as a rule, takes place under conditions of uncertainty under the influence of objective factors: an increase in the number of informatization objects; great people attraction to the information processing; avalanche-like growth in the number of information services; low awareness of the subjects of information relations about the appropriateness and the need to protect data / information / objects of informatization, etc.

Many factors affecting the quality of protection of objects and subjects of information relations requires the development of methodological bases for the formation of a complex protection of an informatization object, especially since even the term “quality of protection” is subjective. The term “quality of information protection” is proposed to mean a quantitative indicator reflecting the amount of damage caused by attackers to the object of protection. General view of the mathematical model:

$$W = \min F \{A_i, x_j\}$$

where  $W$  is an indicator of the quality of information security;

$A_i$  – active and passive factors that ensure the implementation of a complex protection plan (resources, methods, tools, technologies);

$x_j$  – controlled variables, with which you can get the extremum of the utility function;

$F$  – functional, which determines the type of relationship between the criterion of efficiency and the other factors of the model.

Results. The system analysis of the problem of assessing the quality of protection and managing the security of an object allows to divide the existing approaches into classes: class A are methods for assessing the degree of compliance of the result with the user's system of preferences. Of course, this is a subjective approach, which, in fact, is nothing more than a statement of fact that does not provide the ability to conduct operational management of the information security system. Class B includes methods for assessing the quality of information protection, which are based on mathematical models and algorithms that provide the ability to compare quantitative indicators of a comprehensive plan of information protection, both in terms of the costs of implementing the plan and in terms of the results obtained.

Despite the obvious differences in methods for assessing the quality of information protection which belong to different classes, their basis is the general principles of systems theory, control theories and methods for researching operations [4].

It is the general systemological basis that allows to build a sequence of actions necessary to evaluate the quality of information protection at an object:

- definition of the standard;
- calculation of the trajectory of the control object;
- formation of a set of methods / means of assessing the state of the system (observation, measurement, etc.);
- creation of a mechanism for implementing control actions;
- comparison of the actual state (behavior) of the system with the standard;
- analysis of existing deviations;
- development of control actions;
- return the system to the previously calculated trajectory of movement / correction of the trajectory.

Model of complex protection system for an info-communication facility

Problem statement. It is possible to include events from  $m$  groups into the complex protection system; each of the measures provides at least two protection functions (a and b), and creates certain inconveniences (d) for users. The main objective of this task is to draw up such a work plan, which would ensure all consumer requirements for the quality of a comprehensive action plan with a minimum of expenses for its implementation.

Conventions used in this model:

$i$  – the number of the production site ( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$a_i$  – the effectiveness of the first protection function in the  $i$ -th group of measures;

$b_i$  – effectiveness of the second protection function in the  $i$ -th group of events;

$d_i$  – “inconvenience” for the user in the  $i$ -th group of events;

$K_i^{\max}$  and  $K_i^{\min}$ , respectively, the maximum possible and minimum necessary amount of implemented protection functions on the  $i$ -th segment;

$c_i$  – the cost of implementing a plan of protection measures at the  $i$ -th site;

$\kappa_{pl}$  – the planned volume of implemented information security functions at the facility;

$a_{pl}$  – the planned number of events;

$B_{\min}$  and  $B_{\max}$  respectively the minimum and maximum allowable values of measures implementing the second protection function

$d_{\max}$  – the maximum allowable number of “inconveniences” for the user associated with the implementation of measures to protect information

As managed variables, it is proposed to accept the number of activities from the  $i$ -group, which will be included in the integrated information protection plan of the area –  $x_i$ . We will solve the problem, minimizing the cost of implementing the plan, subject to the restrictions on the number of activities of each group, on the total volume of functions, on the quality of protection. This mathematical model is not unique for this type of problem. Changing the optimality criterion, we can formulate other variants of the model.

*First version of the problem statement.* Efficiency criteria – the cost of implementing a complex protection plan

Mathematical model of the problem

a) objective function: minimum cost of implementing an integrated information protection plan

$$\sum_{i=1}^m c_i x_i \rightarrow \min$$

b) limiting the number of events in each group

$$K^{\min} \leq x_i \leq K^{\max} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

c) restriction on the total amount of work

$$\sum_{i=1}^m x_i \geq \kappa_{nл}$$

d) restriction on the quality of protection

$$\frac{\sum_{i=1}^m x_i a_i}{\sum_{i=1}^m x_i} = a_{пл}$$

$$b_{max} \geq \frac{\sum_{i=1}^m x_i b_i}{\sum_{i=1}^m x_i} \geq b_{min}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^m x_i d_i}{\sum_{i=1}^m x_i} \leq d_{max}$$

e) boundary conditions ensuring the positivity of the solution:

$$x_i \geq 0$$

*Second version of the problem statement.* The criterion of efficiency is the total volume of the implemented protection functions or the deviation of the quality indicator of the protection from the planned quality level.

Mathematical model of the problem

$$\sum_{i=1}^m x_i \rightarrow \max$$

or minimum of quality deviation from the planned target:

$$|a - a_{пл}| \rightarrow \min$$

Where 
$$a = \frac{\sum_{i=1}^m x_i a_i}{\sum_{i=1}^m x_i}$$

Solving the same problem according to various optimality criteria allows us to make a comparative analysis of the solutions obtained and to increase the validity of the solution.

As an illustrative material, the task of forming a complex protection plan for an object is given.

It is proposed to include three types of measures in the protection plan: legislative measures (No. 1), organizational and technical measures (No. 2), and technological measures (No. 3). Each of the groups of measures allows you to implement two types of functions: protection against unauthorized access, protection against infections. The numerical values of the parameters for each group of protections are given in Table 3. The minimum and maximum values of the implemented functions are presented in terms of value.

Table 3

The numerical values of the parameters for each group of protective equipment

№ Group number	Minimum number of implemented functions m	Protection against unauthorized access %	Malware protection on %	Total number of implemented functions %	Maximum number of implemented functions	Costs of implementation of the plan (m.u.)
1	2	3	4	5	6	7
1	22	14	2	75	24	14
2	25	20	0,8	60	28	10
3	15	16	1,2	75	17	12
Plan		≤ 17	≤ 1,4	≥ 35		

Mathematical model of the problem

Performance criterion

$$W=14x_1 + 10x_2 + 12x_3 \rightarrow \min$$

System of restrictions

a) the total number of implemented functions

$$0,75 x_1 + 0,6 x_2 + 0,75 x_3 \geq 35$$

b) by the number of implemented functions for each group

$$22 \leq x_1 \leq 24$$

$$25 \leq x_2 \leq 28$$

$$12 \leq x_3 \leq 17$$

c) restrictions on the implementation of the protection function from unauthorized access

$$0,14x_1 + 0,2x_2 + 0,16x_3 \leq 0,17(x_1 + x_2 + x_3)$$

d) restrictions on the implementation of the protection function against malicious software

$$0,02x_1 + 0,008x_2 + 0,12x_3 \leq 0,014(x_1 + x_2 + x_3)$$

Boundary conditions:  $x_{1..9} \geq 0$

After reducing the system of restrictions to the canonical form

$$0,75 x_1 + 0,6 x_2 + 0,75 x_3 - x_4 = 35$$

$$x_1 + x_5 = 24$$

$$x_1 - x_6 = 22$$

$$x_2 + x_7 = 28$$

$$x_2 - x_8 = 25$$

$$x_3 + x_9 = 17$$

$$x_3 - x_{10} = 12$$

$$-0,03 x_1 + 0,03 x_2 - 0,01 x_3 + x_{11} = 0$$

$$0,008 x_1 - 0,006 x_2 - 0,002 x_3 + x_{12} = 0$$

The problem is solved using standard software.

Conclusion. Thus, it can be argued that the mathematical model of the information security system allows you to find a set of components, their quantitative ratio that meets the specified technological requirements for the quality of object protection, as well as the requirements of the adopted criterion (minimum cost price or maximum profit).

Modeling, as an indispensable condition for the scientific substantiation of the effectiveness of protection, determining the price of an issue and the degree of risk, allows the decision maker to form the concept of complex protection of information objects, to determine strategic and tactical solutions to problems associated with maintaining the level of security of an object.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В. Н. Системный анализ для инженеров. СПб.: СЗГЗТУ, 2006. 186 с.
2. Клименко И. С. От технологии 2С к технологии 2Д / Saarbrücken: PalmariumAcademicPublishing, 2014. 284 с.
3. Запечников С. В. Информационная безопасность открытых систем. В 2-х т. Т.1 - Угрозы, уязвимости, атаки и подходы к защите / С. В. Запечников, Н. Г. Милославская. М.: ГЛТ, 2006. 536 с.
4. Клименко И. С. Модели и методы управления: учебное пособие. Алматы: Отан, 2015. 187 с.
5. Клименко И. С. Направления повышения эффективности сотрудничества образования и бизнеса // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты Материалы II Международной научно-практической конференции. 2014. С. 30-35.
6. Клименко И. С. Алгоритм сетевого планирования и управления на базе инновационных технологий // Математические методы и модели в исследовании актуальных проблем экономики России Сборник материалов Международной научно-практической конференции / отв. ред. П. П. Ахунов. 2016. С. 289-294.

#### REFERENCES

1. Romanov V. N. Sistemnyi analiz dlya inzhenerov. SPb.: SZGZTU, 2006. 186 s.
2. Klimentko I. S. Ot tekhnologii 2S k tekhnologii 2D/ Saarbrücken: PalmariumAcademicPublishing, 2014. 284 s.
3. Zapechnikov S. V. Informatsionnaya bezopasnost' otkrytykh sistem. V 2-kh t. T.1 Ugrozy, uyazvimosti, ataki i podkhody k zashchite / S. V. Zapechnikov, N. G. Miloslavskaya. M.: GLT, 2006. 536 s.

4. Klimenko I. S. Modeli i metody upravleniya. Uchebnoe posobie. Almaty: Otan, 2015. 87 s.
5. Klimenko I. S. Napravleniya povysheniya effektivnosti sotrudnichestva obrazovaniya i biznesa // Aktual'nye problemy razvitiya vertikal'noi integratsii sistemy obrazovaniya, nauki i biznesa: ekonomicheskie, pravovye i sotsial'nye aspekty Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. 2014. S. 30-35.
6. Klimenko I. S. Algoritm setevogo planirovaniya i upravleniya na baze innovatsionnykh tekhnologii // Matematicheskie metody i modeli v issledovanii aktual'nykh problem ekonomiki Rossii Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Otvetstvennyi redaktor R. R. Akhunov. 2016. S. 289-294.

#### ОБ АВТОРАХ

**Клименко Ирина Сергеевна**, начальник отдела организации проектно-грантовой деятельности, Института сервиса, туризма и дизайна (филиала) автономного образовательного учреждения «Северо-Кавказский федеральный университет»

Klimenko Irina Sergeevna, Head of the Organization of Project and Grant Activities of the Institute of Service, Tourism and Design (branch) of North Caucasus Federal University in Pyatigorsk

**Медетов Нурлан Амирович**, проректор по научной работе и стратегическому развитию, Костанайский государственный педагогический университет

Medetov Nurlan Amirovich, Vice Rector for Research and Strategic Development, Kostanay State Pedagogical University

Дата поступления в редакцию 12.07.2018

О. К. Безюков [O. K. Bezyukov]  
 П. М. Афанасьев [P. M. Afanasyev]

УДК 621.039.743  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-44-55

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ПЕНАЛА  
 С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ПРИ ХРАНЕНИИ В СУХОМ  
 ХРАНИЛИЩЕ КАМЕРНОГО ТИПА**

NUMERICAL SIMULATIONS OF SPENT NUCLEAR FUEL STORAGE CASE  
 THERMAL STATE FOR A DRY CHAMBER-TYPE STORAGE

ФГБОУ ВО ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия,  
 E-mail: okb-nayka@yandex.ru

**Аннотация.** В современном мире ядерная энергетика сильно зависит от замыкающих составляющих ядерного топливного цикла и, в частности, от долговременного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и возможности его переработки.

**Материалы и методы, результаты.** В работе изложена методика и результаты теплового расчёта пенала, загруженного ампулами с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) РБМК-1000, моделирование произведено с использованием пакета ANSYS Fluent, произведено численное моделирование непосредственно конвективного теплообмена в межампульном пространстве и при обтекании гнезда хранения. Определена максимальная температура твэлов при различных способах загрузки ОЯТ в пенал. Предложена компоновка ПТ внутри пенала хранения, выдержанного меньший срок по сравнению с номинальной загрузкой. Произведено обоснование тепловой безопасности предложенной загрузки.

**Заключение.** Была предложена компоновка ПТ внутри пенала хранения для неравномерно распределённого тепловыделения внутри пенала, а в частности: 12 ампул с тепловыделением 62 Вт/ПТ расположены по периферии, а 19 ампул с тепловыделением 49 Вт/ПТ расположены в центре пенала, что не привело к перегреву, причём наиболее нагретым остался пучок, расположенный в центральной ампуле, но максимальная температура снизилась на 2.5 °С и составила 190.8 °С. Разработанная компоновка ПТ внутри пенала хранения соответствует требованиям тепловой безопасности при хранения ОЯТ РБМК-1000 в хранилищах сухого типа.

**Ключевые слова:** отработавшее ядерное топливо, сухое камерное хранение, тепловой расчет, численное моделирование.

*Abstracts. In today's world, nuclear power is highly dependent on the closing components of the nuclear fuel cycle and, in particular, on the long-term storage of spent nuclear fuel (SNF) and the possibility of its processing.*

*Materials and methods, results. The paper describes the methodology and results of thermal calculation of the canister loaded with ampoules with spent nuclear fuel (SNF) RBMK-1000, modeling was performed using the ANSYS Fluent package, numerical modeling of directly convective heat exchange in the inter-module space and flow around the storage slot was performed. The maximum temperature of fuel rods with different methods of loading SNF into the canister has been determined. The proposed layout of the PT inside the storage case, sustained a shorter period compared to the nominal load. A justification of the thermal safety of the proposed load was made.*

**Заключение.** Нами была предложена компоновка ПТ внутри пенала хранения для неравномерно распределённого тепловыделения внутри пенала, а в частности: 12 ампул с тепловыделением 62 Вт/ПТ расположены по периферии, а 19 ампул с тепловыделением 49 Вт/ПТ расположены в центре пенала, что не привело к перегреву, причём наиболее нагретым остался пучок, расположенный в центральной ампуле, но максимальная температура снизилась на 2.5 °С и составила 190.8 °С. Разработанная компоновка ПТ внутри пенала хранения соответствует требованиям тепловой безопасности при хранения ОЯТ РБМК-1000 в хранилищах сухого типа.

Key words: spent nuclear fuel, dry chamber storage, thermal calculation, numerical simulation.

**Введение.** В современном мире ядерная энергетика сильно зависит от замыкающих составляющих ядерного топливного цикла и, в частности, от долговременного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и возможности его переработки. Хранилища отработавшего ядерного топлива для реакторов РБМК-1000, ВВЭР-440, ВВЭР-1000, БН-600, ЭГП-6 были спроектированы и построены ещё в 1960–70-х годах [1].



В настоящее время для хранения ОЯТ после выдержки в хранилищах ‘мокрого’ типа с целью снижения остаточного тепловыделения предложено использовать сухие хранилища. Особенностью сухого способа хранения ОЯТ является пассивный теплоотвод с использованием в качестве теплоносителя инертных газов и воздуха.

Сборки тепловыделяющих элементов ОЯТ реакторов типа РБМК после 10–20-летнего хранения в бассейне выдержки помещаются в специальные капсулы, которые, в свою очередь, размещаются в пеналах для хранения в сухих хранилищах камерного типа. При разработке проекта такого хранилища одним из важнейших условий является обеспечение допустимой температуры хранения топлива при охлаждении гнезд хранения за счет естественной циркуляции воздуха в хранилище. При заданном тепловыделении и геометрии сборки температура топлива определяется теплопереносом внутри гнезда хранения и теплоотдачей на границе гнезда хранения, то есть коэффициентом теплоотдачи от внешней поверхности гнезда к охлаждающему воздуху. Кроме того, для достоверного расчета максимального значения температуры поверхности ампулы топлива, необходимо учитывать реальное распределение теплового потока по высоте пенала. При расчетах теплопереноса внутри гнезда хранения необходимо учитывать сложный характер теплообмена внутри пенала и гнезда хранения (теплопроводность твёрдых элементов конструкции и лучистый теплообмен между ними, а также свободную конвекцию в зазорах). Течение с наружной стороны гнезда хранения следует рассматривать как смешанную конвекцию, вынужденная составляющая которой определяется охлаждающим воздухом, поступающим из подводных труб.

**Сухое хранение ОЯТ.** В настоящее время, в России, эксплуатируется 11 блоков с реакторами типа РБМК-1000 и 11 блоков реакторов ВВЭР-1000, а также 5 ВВЭР-440, 1 БН-600 и 1 БН-800 [2, 3], которые производят около 650 тонн отработавшего ядерного топлива в год [4], с пуском заводов РТ-2 планируемую мощность радиохимических перерабатывающих заводов составит 1900 тонн в год по урану к 2025 году. Большая часть этого топлива не перерабатывается и находится в при реакторных бассейнах выдержки, промежуточных «мокрых» хранилищах на АЭС и централизованном хранилище в здании 1 на ГХК, которые близки к заполнению [5].

По причине того, что возможности радиохимической переработки ОЯТ значительно ниже скорости накопления, то его длительное контролируемое хранение является необходимым условием функционирования атомного топливного цикла. Согласно проекту, который был разработан ГИ ВНИПИЭТ (Санкт-Петербург), в 2005 году были начаты работы по строительству сухого хранилища ОЯТ реакторных установок РБМК-1000 и ВВЭР-1000 на Горно-химическом комбинате (Красноярская обл., г. Железногорск). В 2011 году было завершено строительство первого пускового комплекса. Вместимость комплекса составляла 8129 тонн (по диоксиду урана) [5].

Требования ко всем методам сухого хранения ОЯТ [2, 6]:

- обеспечение сохранности ОЯТ в течение не менее 50 лет
- обеспечение температуры на оболочке ТВЭЛ при хранении в среде инертного газа не более 300 °С для топлива РБМК-1000 и 350 °С для топлива ВВЭР-1000;
- обеспечение долговечности строительных конструкций хранилища в течение не менее чем 100 лет;
- обеспечение пассивного способа отвода тепла от хранимого топлива;
- устойчивость хранилища к внешним воздействиям (падению самолета, воздушной ударной волне, летящим предметам, землетрясению, урагану, смерчу);
- обеспечение возможности удобной и быстрой идентификации источника появления радиоактивных загрязнений [7].

**Характеристики исследуемого объекта.** Исследуемый объект включает в себя пучки твэлов РБМК-1000, расположенные внутри ампул, которые устанавливаются в решетки, находящиеся внутри пеналов, расположенных в два яруса в гнездах хранения, представляющих из себя стальные трубы, находящиеся в камере хранения.

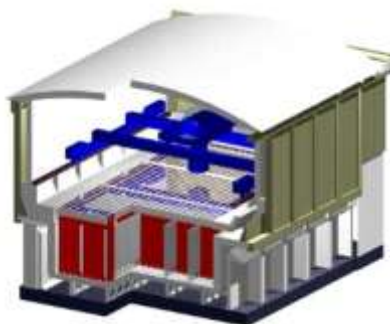


Рис. 1. Разрез камеры хранения

Каждая камера хранения ОЯТ, рис. 1, имеет вытяжные шахты по обеим сторонам, слева и справа, а также входные опускаемые шахты для подачи в подкамерное пространство атмосферного воздуха. Охлаждение гнезд реализуется конвективным течением воздуха вдоль поверхности гнезд хранения. Течение воздуха в камерах хранения сухого хранилища реализуется в результате организованного естественного воздухообмена, при этом движущими силами такого воздухообмена являются гравитационные силы и ветровое давление. Температурный режим элементов хранилища (гнезд хранения, пеналов, ампул с ОЯТ и бетона строительных конструкций здания) зависит от расхода воздуха относительно гнезд, расположенных в камерах хранения ОЯТ.

В отличие от принудительной вентиляции система охлаждения пеналов с ОЯТ в гнездах хранения сухого хранилища является пассивной, что повышает ее надежность и дает экономический выигрыш при эксплуатации.

Камера хранения имеет ширину 22 и высоту 9 м. Перегородки между гнездами хранения начинаются на высоте 3 м от нижней части гнезд хранения и заканчиваются на высоте 11 м. Входные каналы с жалюзийными решетками находятся на высоте 10 м, имеют ширину 1 м. Выходы вытяжных шахт находятся на высоте 30 м и имеют ширину 0,6 м. Высота всего здания сухого хранилища – 30 м, ширина – 30 м.

Каждая камера хранения имеет 242 гнезда для герметичных пеналов с ОТВС РБМК-1000, расположенных в гнезде в два яруса [1].

Согласно проектной документации сухого хранилища камерного типа ХОТ-2[8], размещение ампул с ПТ ОТВС РБМК-1000 должно осуществляться в герметичные 30-местные пеналы хранения. В марте 2015 года по результатам испытаний и расчетов, подтвердивших ядерную и радиационную безопасность изделия, внедрено в эксплуатацию изобретение специалистов ФГУП «ГХК» [9] - 31-местный пенал хранения ОЯТ РБМК-1000 [8]. Технические решения, принятые в новой конструкции пенала, повысили технологичность процесса его изготовления и надежность при эксплуатации (подготовке к хранению). Кроме того, ввод в эксплуатацию 31-местного пенала позволил увеличить вместимость «сухого» хранилища ОЯТ РУ РБМК-1000 при сохранении проектных объемов строительства объекта [8].

Пенал (см. рис. 2 и 3) содержит корпус 1 с плоским дном 2, к которому присоединен амортизатор 3 и крышка 4. Внутри корпуса 1 установлена решетка 5, состоящая из нескольких дисков 6, закрепленных между собой стойками 7 на определенных расстояниях друг от друга, с отверстиями 8, образующими ячейки для размещения ампул с ПТ [9].

В работе [10] указаны наружный диаметр пенала 630 мм и высота 2-х пеналов 8м, также в работе [1] пенал рассматривается, как стальная труба размером (диаметр и толщина стенки) 630×7 мм, длина пенала 4,1 м, изготовлен из стали марки 10ХСНД.

В каждом пенале размещены по 31 ампулы с ОТВС РБМК-1000. Размер ампул (диаметр и толщина стенки) 92×2 мм, ампулы расположены в треугольной решетке с шагом 96 мм [1]. Пеналы в гнезде размещаются в два яруса друг над другом.

**Параметры численной модели.** Моделирование было произведено в программном пакете ANSYS FLUENT, в задаче реализуются процессы лучистого теплопереноса, теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, выбрана стандартная  $k-\omega$  модель турбулентности, для реализации лучистого теплопереноса используется модель излучения DO, для реализации естественной конвекции используется приближение Бусинеска.

Производится два типа расчетов:

А) Расчёт теплового состояния **гнезда хранения** при смешенной (свободной плюс вынужденной) конвекции в ячейке камеры хранения, включающей в себя пространство между соседними гнездами, зазор между пеналом и гнездом хранения и стенку пенала, на которой задан тепловой поток.

Б) Расчёт теплового состояния **пенала с ОЯТ** с заданным объёмным тепловыделением, включающий в себя зазор между пеналом и гнездом хранения, на внешней поверхности которого задан отводимый тепловой поток. В межампульном пространстве непосредственно моделируется конвективный теплообмен.

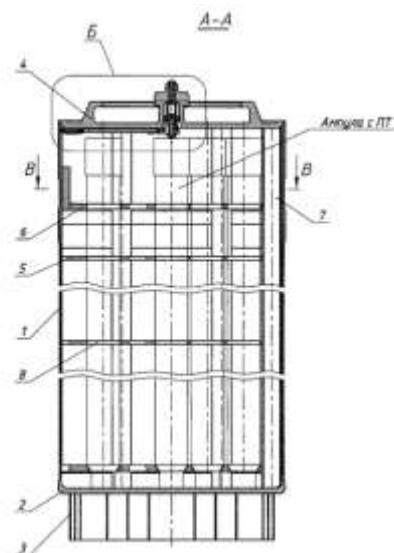


Рис. 2. Продольное сечение пенала [9]

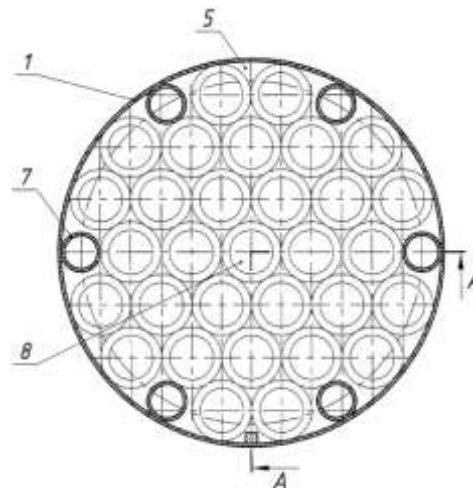


Рис. 3. Поперечное сечение пенала [9]

### Тепловое состояние гнезда хранения

Для расчёта теплового состояния гнезда хранения рассматривается область, включающая в себя оболочки пеналов, зазор между пеналами и гнездом, стенку гнезда и пространство между гнездами. Модель гнезда представляет из себя цилиндр диаметром 720 мм с толщиной стенки 7 мм, изготовленный из стали 10ХСНД. Наружный диаметр пенала 630 мм и высота 2-х пеналов 8,2 м [10].

Пенал рассматривается, как стальная труба размером (диаметр и толщина стенки) 630×7 мм, длина пенала 4,1 м, изготовлен из стали марки 10ХСНД. В каждом пенале размещены по 31 ампулы с ОТВС РБМК-1000[1]. Пеналы в гнезде размещаются в два яруса друг над другом.

Между гнездами, расположенными с шагом 1000 мм, находятся трубы диаметром 309 мм, через которые в камеру по специальным каналам поступает охлаждающий воздух (см. рис. 4).

Вытяжные каналы равноудалены от центра гнезда хранения и центры вытяжных каналов располагаются в вершинах квадрата со стороной 1000 мм.

В связи с симметричностью расчётной области можно рассматривать сектор моделирования 45°, что позволяет снизить вычислительные затраты, поперечный срез расчётной области представлен на рис. 5.

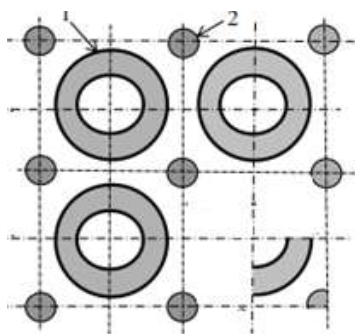


Рис. 4. Схема расположения гнезд (1) и труб для подвода охлаждающего воздуха (2) в камере [10]

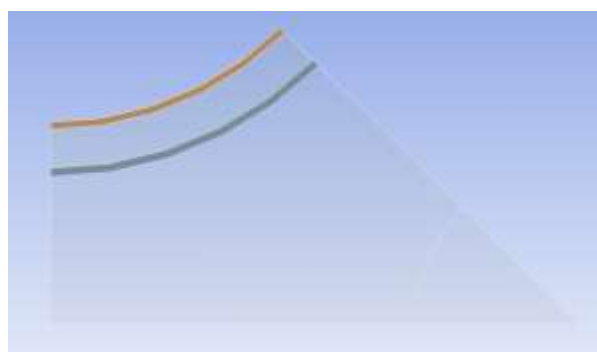


Рис. 5. Поперечный срез расчётной области

Верхняя и нижняя границы расчетной области теплоизолированы и на них заданы условия прилипания. На рис. 5 в правом нижнем углу мы видим сектор вентиляционного отверстия, диаметр которого равен 309 мм, аналогичное отверстие присутствует как и на верхней границе расчётной области, так и на нижней, внизу задано граничное условия отсутствия перепада давления при поступлении воздушного потока в расчётную область, а на верхнем вентиляционном отверстии задан перепад давления равный 12 Па, предполагая нагрев воздуха на 15°К, рассчитывается перепад давления на 20 метров высоты вытяжных каналов [11]:

$$\Delta P = \Delta \rho * h * g, \tag{1}$$

где  $\Delta \rho$  – разность плотностей нагретого воздуха и окружающего,  $h$  – высота трубы,  $g$  – ускорение свободного падения.

Особенностью задачи является неравномерность тепловыделения по высоте, поскольку ТВЭЛы не занимают всю высоту расчётной зоны. Поскольку хранение осуществляется в пеналах, устанавливаемых в два яруса в гнездах хранения (металлических трубах).

Поэтому внутренняя поверхность пеналов разделена на 5 зон по типу граничного условия, снизу вверх: 190 мм теплоизолированная зона, затем зона с удельным тепловым потоком высотой 3640 мм, зона теплоизолированная высотой 410 мм, 3640 мм зона с удельным тепловым потоком и 1120 мм теплоизолированная зона.

Задан удельный тепловой поток, равный тепловому потоку при загрузке ОТВС времени выдержки 10 лет, т.е. остаточное тепловыделение составляет 54 Вт/ПТ, чему соответствует удельный тепловой поток на боковой поверхности пенала 238.4 Вт/м<sup>2</sup> [12, 13].

Таким образом между зонами с фиксированным удельным тепловым потоком на боковой поверхности пенала находятся теплоизолированные зоны. Посредством задания таких граничных условий учитывается неравномерность тепловыделения.

Структурированная расчётная сетка в стенках гнезда и пенала имеет меньшее разрешение поскольку релаксация профиля температуры в металлах происходит быстрее, чем в воздушных прослойках. Сетка в поперечном сечении представлена на рис. 6, на рис. 7 показано продольное распределение. Общее число расчетных ячеек ~ 6 млн.

С целью лучшего разрешения пограничных слоев вблизи поверхности гнезда построены призматические слои сетки, в открытом пространстве вне гнезда характерный размер элемента расчётной сетки составляет 5 мм.

Расчётная сетка в зазоре построена посредством вытягивания сетки, разбивающей верхнюю границу зазора.

Конвекция в зазоре между пеналом и гнездом не моделируется, а конвективный теплоперенос учитывается посредством задания эффективного коэффициента теплопроводности, равного  $0.1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , рассчитанный по эмпирической формуле для эффективного коэффициента теплопроводности в зазоре [14]:

$$l_{\text{эфф}} = \varepsilon * l_0 \tag{2}$$

$$\varepsilon = B * (Gr * Pr)^m, \tag{3}$$

где  $B=0.105$  и  $m=1/3$  для  $10^3 < Gr * Pr < 10^6$ .

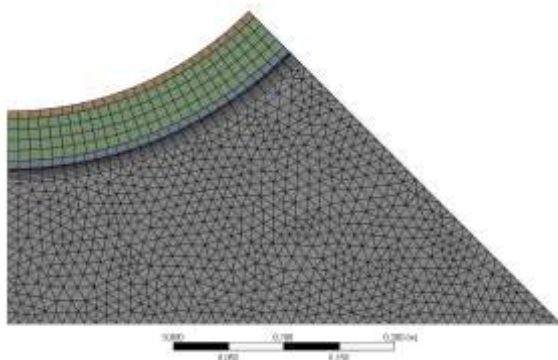


Рис. 6. Поперечное сечение расчётной сетки

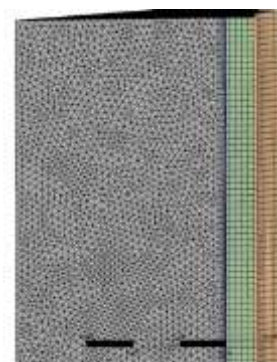


Рис. 7. Продольное сечение части расчётной сетки

Расчёт лучистого теплопереноса производится только между поверхностью, моделирующей внешнюю поверхность пеналов, и внутренней поверхностью гнезда сквозь зазор, поэтому принято достаточным количество углов  $\theta$  и  $\phi$  равно 4, в работе [15] коэффициент поглощения излучения листовой стали с окалиной равен 0.66, поэтому задаём коэффициенты поглощения излучения моделью пучков твёрдых тел, стенками ампул, пенала и гнезда равным 0.65. Конвекция в пространстве между гнездами рассчитывается с использованием  $k-\omega$  модели турбулентности, выталкивающая сила учитывается по модели Буссинеска.

Особенностью решаемой задачи является неравномерное распределение тепловыделения по пеналам, что приводит к неравномерному тепловому потоку через стенки пеналов, а соответственно и стенку гнезда хранения, рис. 8 и 9 иллюстрируют неравномерность профиля температур на стенках пенала и гнезда. Видно, что наиболее нагретым является верхний пенал, соответственно температуры участков гнезда находящихся напротив верхнего пенала выше.



Рис. 8. Распределение температуры на внутренней поверхности пеналов

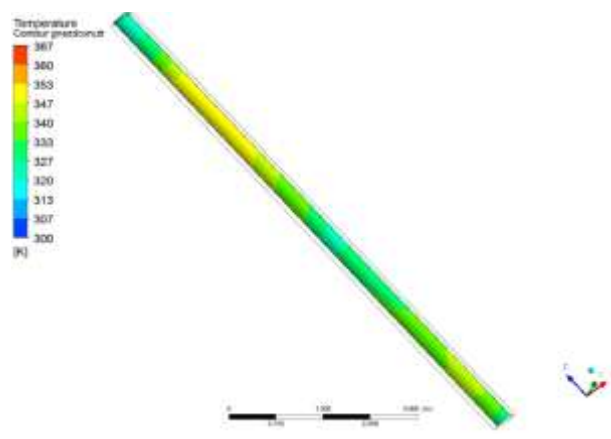


Рис. 9. Распределение температуры на внутренней поверхности гнезда

В табл. 1 представлены средние температуры воздушных масс на входе, выходе и в зазоре.

Таблица 1

Средние температуры		
Средняя температура, К		
Вход	Выход	Зазор
300	310.5	343.7

Из средней температуры на выходе из расчётной области, представленной в таблице 4 видно, что начальное предположение о нагреве охлаждающего воздуха на 15°K не выполняется, поэтому в дальнейших расчетах принят нагрев воздуха 10 °K, соответствующий перепаду давлений на входе и выходе из гнезда 6.1 Па.

Поскольку в нижней части расчётной области существует циркуляционное течение у основания гнезда воздух у гнезда на высоте 0.5 метра прогреет лучше, чем на высоте 1 метр или даже 3 метра.

В табл. 2 и 3 представлены максимальные температуры стенок пеналов и гнезда хранения и средние температуры воздушных масс на входе, выходе и в зазоре.

Таблица 2

Температуры стенки пенала и гнезда	
Максимальная температура, К	
стенки пеналов	стенки гнезда
368.6	354.7

Таблица 3

Средние температуры		
Средняя температура, К		
Вход	Выход	Зазор
300	311.9	342.1

Визуализация линий тока в расчетной области, представлена на рис. 10. В нижней части рассматриваемой области образуется циркуляционное движение.

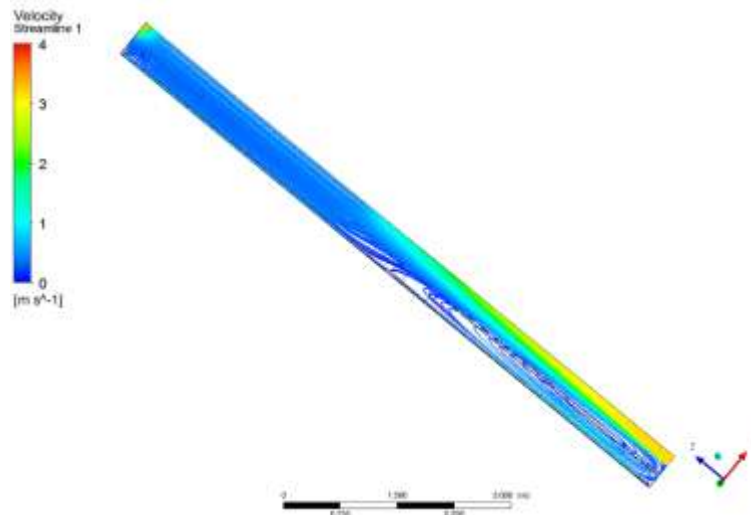


Рис. 10. Линии тока от входа в расчётную область

В табл. 4 полученные в настоящей работе массовые потоки воздуха на входе и выходе.

В работе [11] получен массовый расход воздуха через вытяжные шахты, соответствующий 27 г/с в рассматриваемой задаче.

Таблица 4

Тепловое состояние пучка твэлов	
Массовый поток, г/с	
Вход	Выход
34.6	34.6

Рассматривается расчётная область высотой 3800 мм, представленная на рис. 11, которая включает в себя:

- Пучки твэлов.
- Зазоры между пучками твэлов и стенками ампул, в которых они находятся.
- Стенки ампул, моделируемые, как стальные цилиндры диаметром 95 мм с толщиной стенки 2 мм.
- Пространство между ампулами.
- Стенку пенала, моделируемую, как стальной цилиндр диаметром 630 мм и толщиной стенки 7 мм.
- Зазор между гнездом и пеналом.
- Гнездо, моделируемое, как цилиндр диаметром 720 мм и толщиной стенки 7 мм.

С целью сокращения вычислительных затрат, рассматривается симметричный сектор 90°, поперечный срез расчётной области представлен на рис. 12.

Используется модель пучка твэлов, представленная в работе [16], заменяющая ТВС с 18 твэлами на монолитный цилиндр диаметром 55 мм, как показано на рис. 13 и 14.



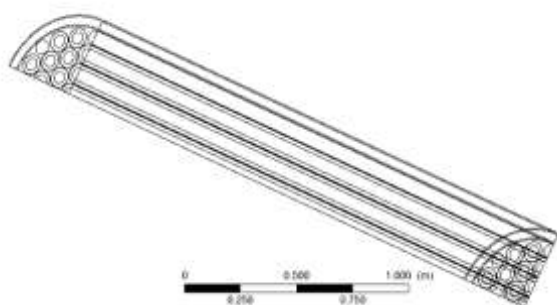


Рис. 11. Расчётная область для определения теплового состояния пучка ТВЭЛов

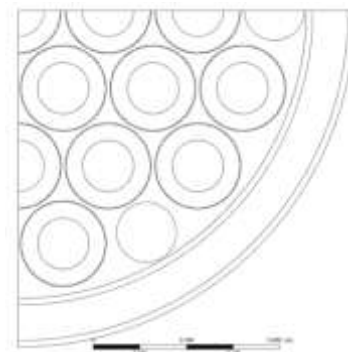


Рис. 12. Поперечный срез расчётной области

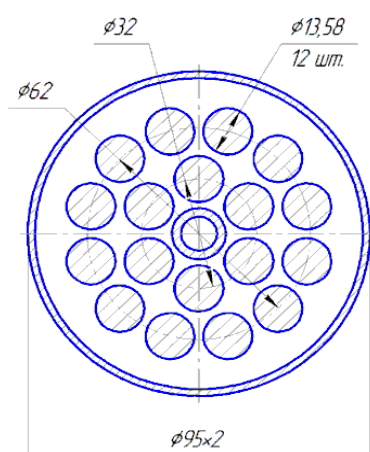


Рис. 13. Ампула с ТВС («эталон»)

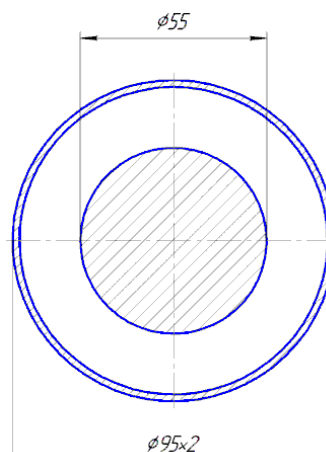


Рис. 14. Тепловой эквивалент ампулы с ТВС («модель»)

В цилиндрах, моделирующих пучки твэлов, задано удельное тепловыделение, равное тепловому потоку при загрузке ОТВС времени выдержки 10 лет, т.е. остаточное энерговыделение одного ПТ составляет 54 Вт, чему соответствует удельное тепловыделение  $5760 \text{ Вт/м}^3$  [12, 13], что соответствует тепловыделению равному 1653 Вт на один пенал.

Поскольку рассматривается стационарная задача, то выделяемая в пенале тепловая мощность равна отводимой через стенку гнезда:

$$n * q_v * h * \pi * \left(\frac{d_n}{2}\right)^2 = q_{отв} * h * \pi * d_{гнезда}, \quad (4)$$

где  $q_v$  – удельно тепловыделение в пучках твэлов,  $h$  – высоты расчётной области,  $d_n$  – диаметр модели пучка твэлов,  $q_{отв}$  – удельный тепловой поток через стенку гнезда,  $d_{гнезда}$  – диаметр гнезда.

Таким образом удельный тепловой поток, отводимый через стенку гнезда равен  $187.5 \text{ Вт/м}^2$ .

Поскольку заданы только удельное тепловыделение и удельный тепловой поток отводимый через стенку гнезда, то численное решение может сойтись при различных температурах модели пучка твэлов, поскольку в таком случае не зафиксирована температура гнезда хранения, поэтому используется температура стенки гнезда, полученная при численном моделировании теплового состояния гнезда хранения с учётом конвективной теплоотдачи внешнему потоку воздуха.

Таким образом задаётся граничное условие 1-го рода на нижней границе стенки гнезда хранения с температурой стенки, полученной в предыдущем расчёте.

Построена конвергентная сетка с количеством ячеек равным  $\sim 5$  млн. В стенке пенала, зазоре и стенке гнезда построена регулярная сетка, поскольку в межампульном пространстве моделируется конвективное движение гелия, то построена сетка с разрешением 1 мм, со сужением на стенках ампул до 0.5 мм.

В зазоре между пеналом и гнездом конвекция не моделируется, а конвективный теплоперенос учитывается посредством задания эффективного коэффициента теплопроводности, равного  $0.1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , рассчитанный по эмпирической формуле для эффективного коэффициента теплопроводности в зазоре [14]:

$$l_{\text{эфф}} = \varepsilon * l_0 \tag{5}$$

$$\varepsilon = B * (Gr * Pr)^m, \tag{6}$$

где  $B=0.105$  и  $m=1/3$  для  $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^6$ .

В работе [16] показано, что в зазоре между пучком твэлов и стенкой ампулы число Рэлея  $Ra < 10^3$ , что означает отсутствие влияния конвекции на тепловую задачу, поэтому в нём задаётся коэффициент теплопроводности равный  $0.152 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ , что соответствует гелию. Лучистый теплоперенос рассчитывается посредством модели дискретных ординат, расчёт лучистого теплопереноса производится только между поверхностями: внешняя поверхность пеналов, внутренняя поверхность гнезда, внешняя поверхность пучка твэлов в ампулах, оболочки ампул. Поэтому принято достаточным количество углов  $\theta$  (theta) и  $\phi$  (phi) равное 4, поскольку в работе [17] коэффициент поглощения излучения оболочками твэлов равен 0.7, а в работе [15] коэффициент поглощения излучения листовой стали с окалиной равен 0.66, то из консервативных соображений задаём коэффициенты поглощения излучения всех излучающих поверхностей равным 0.65. Конвекция в пространстве между гнездами рассчитывается с использованием k- $\omega$  модели турбулентности, выталкивающая сила учитывается согласно модели Буссинеска.

**Результаты расчётов теплового состояния пучка твэлов**

Пример, полученного температурного поля показан на рис 15. Распределение температуры хоть и носит радиальный характер, но заметны экстремумы температуры в пучках твэлов, поскольку в них присутствует тепловыделение.

Заметно, что в местах нахождения креплений температурный профиль изгибается, поскольку теплопроводность стали значительно выше гелия. По полученным полям температуры видно, что температура растёт соответственно высоте, поскольку к ампулам снизу подходит уже охлаждённый воздух. Максимальная температура достигается в верхней части центрального пучка твэлов, и соответствует 466.3 °К, что не превышает допустимую температуру для хранения твэлов РБМК-1000, составляющую 573 °К.

На рис. 16–17 представлены линии тока, диаграмма на которых показывает модуль скорости. Заметно, что наибольшая скорость движения газа достигается у центрального твэла при подъёмном движении, а опускное движение имеет место у стенки пенала.

Максимальные значения скорости достигаются у центральной ампулы, а соответственно максимальные опускные скорости у стенки пенала.

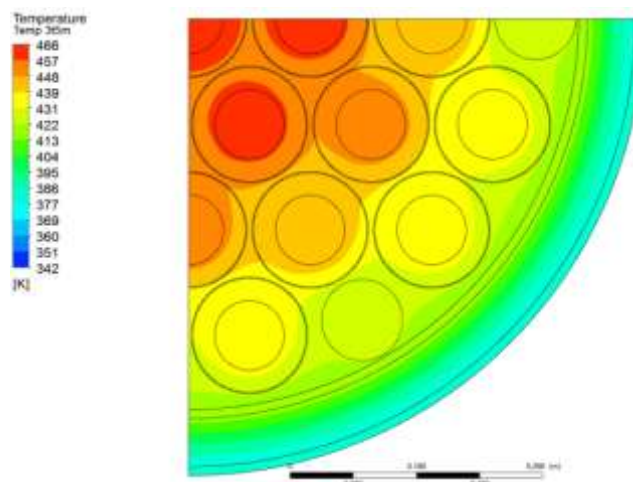


Рис. 15. Распределение температуры в сечении плоскостью XY на высоте 3.5 метра от нижней границы



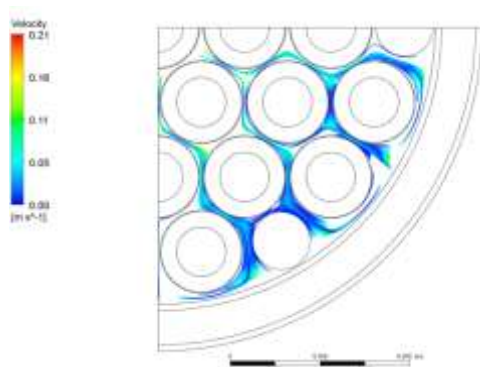


Рис. 16. Лини тока (вид сверху)

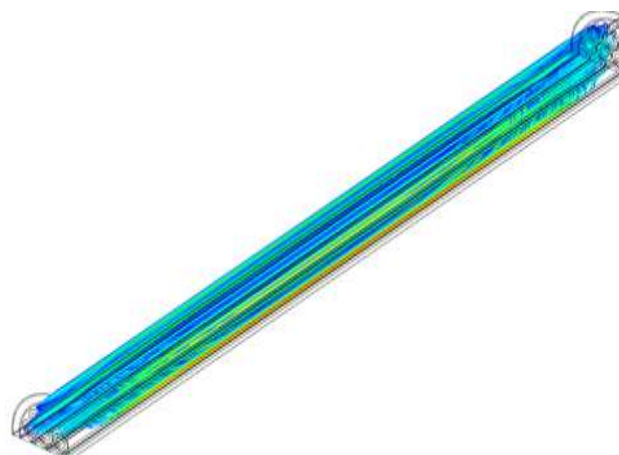


Рис. 17. Лини тока (вид сбоку)

### Изменение загрузки

В работе [16] разработана компоновка ПТ в транспортном контейнере ТУК-109, с установкой более тепловыделяющих ПТ около стенки контейнера со снижением тепловыделения у центра. Поэтому следует рассмотреть возможность хранения ПТ меньшей выдержки в пенале хранения при сухом хранении в хранилище камерного типа ХОТ-2. Учитывая соотношение “горячих” ПТ к “холодным” при транспортировке получаем в рассматриваемой задаче 12 “горячих” и 19 “холодных”, как представлено на рис. 18. Рассматриваются ПТ с тепловыделением 62 Вт/ПТ и 49 Вт/ПТ, что соответствует модельному объёмному тепловыделению 6867 Вт/м<sup>3</sup> и 5427 Вт/м<sup>3</sup>, откуда на один пенал приходится 1675 Вт, соответственно, поскольку рассматривается стационарная задача, то выделяемая в пенале тепловая мощность равна отводимой через стенку гнезда:

$$(12 * q_{62} + 19 * q_{49}) * h * \pi * \left(\frac{d_{\text{п}}}{2}\right)^2 = q_{\text{отв}} * h * \pi * d_{\text{гнезда}}, \quad (9)$$

где  $q_v$  – удельно тепловыделение в пучках твэлов,  $h$  – высоты расчётной области,  $d_n$  – диаметр модели пучка твэлов,  $q_{\text{отв}}$  – удельный тепловой поток через стенку гнезда,  $d_{\text{гнезда}}$  – диаметр гнезда.

Таким образом удельный тепловой поток, отводимый через стенку гнезда равен 197,9 Вт/м<sup>2</sup>.

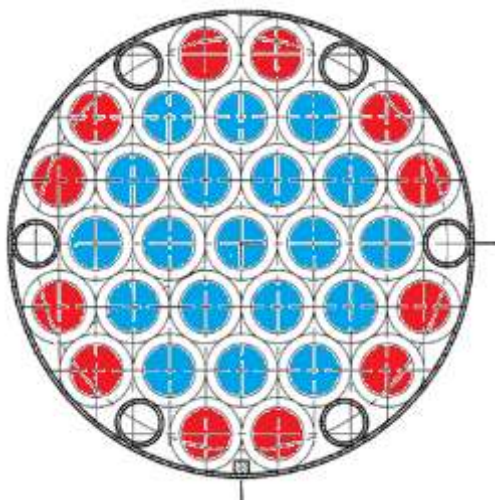


Рис. 18. Распределение “горячих” (красный) и “холодных” (синий) пт по объёму 31 местного пенала

Максимальная температура ОЯТ достигается в верхней части центрального пучка твэлов, и соответствует 463,8 °К, что не превышает допустимую температуру для хранения твэлов РБМК-1000, составляющую 573 °К и при этом ниже на 2,5 °К, чем при равномерном распределении тепловыделений по объёму пенала.

**Заключение.** Была предложена компоновка ПТ внутри пенала хранения для неравномерно распределённого тепловыделения внутри пенала, а в частности: 12 ампул с тепловыделением 62 Вт/ПТ расположены по периферии, а 19 ампул с тепловыделением 49 Вт/ПТ расположены в центре пенала, что не привело к перегреву,

причём наиболее нагретым остался пучок, расположенный в центральной ампуле, но максимальная температура снизилась на 2,5 °С и составила 190,8 °С.

Разработанная компоновка ПТ внутри пенала хранения соответствует требованиям тепловой безопасности при хранения ОЯТ РБМК-1000 в хранилищах сухого типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаманин И. В., Гаврилов П. М., Беденко С. В., Мартынов В. В. Оптимизация нейтронно-физических характеристик систем хранения отработанного топлива // Известия Томского политехнического университета. 2012. Vol. 320. No. 4.
2. Седнев Д. А. Разработка научно-технических основ акустической идентификации в целях обеспечения режима нераспространения ядерных материалов. Томск: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2015.
3. ЕЭС России [Электронный ресурс] // Системный оператор Единой энергетической системы: 2017: [сайт]. URL: [http://so-ups.ru/index.php?id=tech\\_disc](http://so-ups.ru/index.php?id=tech_disc) (дата обращения: 25.05.2017).
4. Скачек М. А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. Москва: Издательский дом МЭИ, 2007.
5. Михайлович Г. П., Ревенко Ю. А., Меркулов И. А. Горно-химический комбинат – будущий кластер по обращению с ОЯТ // Безопасность Окружающей Среды: Обращение с ОЯТ. 2010. Vol. 1.
6. Калинин В. И. Обоснование метода сухого хранения отработавшего ядерного топлива АЭС с реакторами РБМК-1000 и ВВЭР-1000: Автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук. СПб., 2007. 24 с.
7. Анисимов О. П., Калинин В. И., Шафрова Н. П. Экономика и безопасность длительного хранения ОЯТ. // In: Безопасность ядерных технологий: экономика безопасности и обращение с ИИИ. СПб., 2005.
8. Гаврилов П. М., Сеелев И. Н., Гамза Ю. В., Скурыдина Е. С. Научно-техническая конференция «Команда-2015» // Безопасность и эффективность обращения с оят ру рбмк-1000 на фгуп «ГХК». Санкт-Петербург. 2015. pp. 89-90.
9. Гаврилов П. М., Ревенко Ю. А., Бараков Б. Н., Гамза Ю. В., Федосов Ю. Г., Калинин В. И. Герметичный пенал хранения отработавшего ядерного топлива, 2435239, Nov 27, 2011.
10. Китанина Е. Э., Китанин Э. Л., Коврыжкина Ю. С., Фёдоров А. Г. Численное моделирование свободной и смешанной конвекции при охлаждении пеналов с отработавшим ядерным топливом в сухих хранилищах камерного типа // Труды 4-й РНКТ. 2006. Vol. 3. Свободная конвекция. Теплообмен при химических превращениях. Р. 121.
11. Крайнов А. Ю., Миньков Л. Л., Сеелев И. Н., Шрагер Э. Р. Численное исследование течения и теплообмена воздуха в камере хранения сухого хранилища оят // Вестник Томского Государственного Университета, No. 47. 2017.
12. Колобашкин В. М., Рубцов П. М., Ружанский П. А., Сидоренко В. Д. Радиационные характеристики облучённого ядерного топлива // Энергоатомиздат, 1983.
13. Стельмах Д. А. П. В. В. Расчёт радиационных характеристик облучённого ядерного топлива реакторов РБМК-1000 и ВВЭР-1000 на основе программного кода ORIGEN-2.1 // Запорожская АЭС.
14. Блинков В. Н., Горбенко Г. А., Костиков А. О. Часть 3. Основы теплопередачи в объектах аэрокосмической техники. // In: Теоретические основы аэрокосмической теплотехники. Конспект лекций. Харьков «ХАИ», 2006.
15. Зигель Р., Хауэлл Д. Теплообмен излучением. М.: Мир, 1975.
16. Кузин В. М. Расчет теплового состояния контейнера при транспортировке отработавшего ядерного топлива: Диссертация на соискание ученой степени магистра. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. СПб., 2016.
17. Астафьева В. О. Моделирование процессов теплообмена и анализ температурного состояния твэлов в период загрузки отработавшего ядерного топлива РБМК в контейнер. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2006.

#### REFERENCES

1. Shamanin I. V., Gavrilov P. M., Bedenko S. V., Martynov V. V. Optimizatsiya neitronno-fizicheskikh kharakteristik sistem khraneniya otrabotannogo topliva // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2012. Vol. 320. No. 4.
2. Sednev D. A. Razrabotka nauchno-tekhnicheskikh osnov akusticheskoi identifikatsii v tselyakh obespecheniya rezhima neraspromstraneniya yadernykh materialov. Tomsk: Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, 2015.
3. EES Rossii [Elektronnyi resurs] // Sistemnyi operator Edinoi energeticheskoi sistemy: 2017: [sait]. URL: [http://so-ups.ru/index.php?id=tech\\_disc](http://so-ups.ru/index.php?id=tech_disc) (data obrashcheniya: 25.05.2017).
4. Skachek M. A. Obrashchenie s otrabotavim yadernym toplivom i radioaktivnymi otkhodami AES. Moskva: Izdatel'skii dom MEI, 2007.

5. Mikhailovich G. P., Revenko Yu. A., Merkulov I. A. Gorno-khimicheskii kombinat – budushchii klaster po obrashcheniyu s OYaT // Bezopasnost' Okruzhayushchei Sredy: Obrashchenie s OYaT. 2010. Vol. 1.
6. Kalinkin V. I. Obosnovanie metoda sukhogo khraneniya otrabotavshogo yadernogo topliva AES s reaktorami RBMK-1000 i VVER-1000: Avtoref. dis. na soiskanie uchenoi stepeni kand. tekhn. nauk. SPb., 2007. 24 s.
7. Anisimov O. P., Kalinkin V. I., Shafrova N. P. Ekonomika i bezopasnost' dlitel'nogo khraneniya OYaT. // In: Bezopasnost' yadernykh tekhnologii: ekonomika bezopasnosti i obrashchenie s III. SPb. 2005.
8. Gavrilov P.M., Seelev I.N., Gamza Yu.V., Skurydina E.S. Nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Komanda-2015» // Bezopasnost' I Effektivnost' Obrashcheniya S Oyat Ru RbmK-1000 Na Fgup «GKhK». SPb., 2015. pp. 89-90.
9. Gavrilov P. M., Revenko Yu. A., Barakov B. N. , Gamza Yu. V. , Fedosov Yu. G. , Kalinkin V. I. Germetichnyi penal khraneniya otrabotavshogo yadernogo topliva, 2435239, Nov 27. 2011.
10. Kitanina E. E., Kitanin E. L., Kovryzhkina Yu. C., Fedorov A. G. Chislennoe modelirovanie svobodnoi i smeshannoi konveksii pri okhlazhdenii penalov s otrabotavshim yadernym toplivom v sukhikh khranilishchakh kamernogo tipa // Trudy 4-i RNKT. 2006. Vol. 3. Svobodnaya konveksiya. Teploobmen pri khimicheskikh prevrashcheniyakh. P. 121.
11. Krainov A. Yu., Min'kov L. L., Seelev I. N., Shrager E. R. Chislennoe issledovanie techeniya i teploobmena vozdukha v kamere khraneniya sukhogo khranilishcha oyat // VESTNIK TOMSKOGO GOSUDARSTVENNOGO UNIVERSITETA, No. 47. 2017.
12. Kolobashkin V. M., Rubtsov P. M., Ruzhanskii P. A., Sidorenko V. D. Radiatsionnye kharakteristiki obluchennogo yadernogo topliva // Energoatomizdat, 1983.
13. Stel'makh D. A. P.V.V. Raschet radiatsionnykh kharakteristik obluchennogo yadernogo topliva reaktorov RBMK-1000 i VVER-1000 na osnove programmno koda ORIGEN-2.1 // Zaporozhskaya AES.
14. Blinkov V.N., Gorbenko G.A., Kostikov A.O. Chast' 3. Osnovy teploperedachi v ob"ektakh aerokosmicheskoi tekhniki. // In: Teoreticheskie osnovy aerokosmicheskoi teplotekhniki. Konspekt lektsii. Khar'kov «KhAI», 2006.
15. Zigel' R., Khaull D. Teploobmen izlucheniem. M.: Mir, 1975.
16. Kuzin V. M. Raschet teplovogo sostoyaniya konteynera pri transportirovke otrabotavshogo yadernogo topliva: Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni magistra. Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo. SPb., 2016.
17. Astaf'eva V. O. Modelirovanie protsessov teploobmena i analiz temperaturnogo sostoyaniya tvелov v period zagruzki otrabotavshogo yadernogo topliva RBMK v konteyner, Sankt-Pererburgskii gosudarstvennyi politekhnicheskii universitet, dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, 2006.

#### ОБ АВТОРАХ

**Безюков Олег Константинович**, доктор технических наук, профессор кафедры Теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова». 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, Тел.: +7 9213228955, E-mail: *okb-nayka@yandex.ru, kaf\_sdv@gumrf.ru*

Bezyukov Oleg Konstantinovich, Dr. of Technical Sciences, professor of the Department of Theory and Construction of Marine Internal Combustion Engines, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya str, Saint-Petersburg, Russia, 198035. Phone: +7 9213228955, E-mail: *okb-nayka@yandex.ru, kaf\_sdv@gumrf.ru*

**Афанасьев Павел Михайлович**, аспирант кафедры Теории и конструкции судовых двигателей внутреннего сгорания. ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7. Тел.: +7 9217416659, *paulafanasiev@gmail.com*  
Afanasyev Pavel Mikhaylovich, post-graduate student of the Department of Theory and Construction of Marine Internal Combustion Engines, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya str, Saint-Petersburg, Russia, 198035. Phone: +7 9217416659, *paulafanasiev@gmail.com*

Дата поступления в редакцию 10.06.2018

А. А. Кульчицкий [A. A. Kulchitskiy]<sup>1</sup>О. К. Мансурова [O. K. Mansurova]<sup>1</sup>Г. И. Болтунов [G. I. Boltunov]<sup>2</sup>

УДК 531.743; 681.7; 62.5

DOI 10.33236/2307-

910X-2019-25-1-56-62

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УГЛОВ УСТАНОВКИ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ**

OPTICAL AND ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF ANGLES OF SETTING THE CAR WHEELS

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,  
E-mail: doz-ku@rambler.ruСанкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,  
механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: abit@cde.ifmo.ru

**Аннотация.** Статья посвящена разработке оптико-электронной системы контроля углов установки управляемых колес автомобиля.

**Материалы и методы.** Предложена оптико-электронная схема стенда, реализующего кинематический метод контроля положения оси вращения использующего зависимости изменения траектории движения светящейся марки во вращающемся зеркале от положения оси вращения и угла наклона вектора нормали зеркала к оси вращения.

**Результаты.** Получены аналитические зависимости, позволяющие упростить процедуру расчета контролируемых параметров (углов схождения и развала) и обеспечить требуемую точность контроля. Проведена экспериментальная оценка точности устройства контроля. На основе проведенных исследований даны рекомендации по выбору параметров устройства, реализующего контроль положения вращающейся плоскости.

**Заключение.** Использование предлагаемой оптико-электронной системы контроля, как показывают теоретические и экспериментальные исследования, позволит уменьшить затраты времени на проведение диагностики и повысить точностную надёжность процедуры контроля за счет исключения влияния субъективных погрешностей.

**Ключевые слова:** оптический контроль, контроль установки колес автомобилей, положение оси вращения, зеркальный преобразователь, вращающееся одиночное зеркало.

Abstracts. The article is devoted to the development of an optical-electronic system for monitoring the angles of installation of the controlled wheels of a car.

Materials and methods. An optoelectronic circuit of a stand that implements a kinematic method for controlling the position of the axis of rotation using the dependence of the change of the trajectory of the luminous mark in a rotating mirror on the position of the axis of rotation and the angle of inclination of the normal vector of the mirror to the axis of rotation is proposed.

Result. Analytical dependences are obtained, allowing to simplify the procedure for calculating the monitored parameters (convergence and camber angles) and to ensure the required accuracy of control. Experimental evaluation of the accuracy of the control device. On the basis of the conducted research, recommendations on the choice of parameters of the device that implements the control of the position of the rotating plane are given.

Conclusion. The use of the proposed optical-electronic control system, as shown by theoretical and experimental studies, will reduce the time spent on diagnosis and improve the accuracy of the control procedure by eliminating the influence of subjective errors.

Key words: optical control, car wheel mounting control, rotation axis position, mirror transducer, rotating single mirror.

**Введение.** Под контролем установки колес автомобилей понимают определение положения колеса в прямоугольной системе координат, которое сводится к задаче контроля положения оси вращения – частного случая задачи контроля вращающейся плоскости. Основными измеряемыми параметрами являются углы схождения  $\eta$  и развала  $\nu$  колес [1]. Причем для некоторых современных автомобилей эти параметры нужно контролировать и регулироваться не только для передних (управляемых) колес, но и для задних.

В основу всех стендов и приборов для проверки взаимного положения и углов установки колес автомобилей положен единый метод проверки геометрического положения плоскости колеса в прямоугольной системе координат. Различие большинства существующих конструкций стендов и приборов заключается в методах измерений и измерительных системах, с помощью которых определяется положение колес автомобиля.

В зависимости от принципа работы стенды для проверки углов установки колес автомобиля подразделяют на статические и динамические. Первые предназначены для проверки углов установки колес, находящихся в состоянии покоя, вторые – для оценки тех же параметров на вращающихся колесах измерением прямых или косвенных параметров. Основным недостатком динамических стендов является невысокая точность измерения. С их помощью можно лишь комплексно оценить установку колес, что затрудняет определение элементарных неисправностей.

Основной проблемой при контроле взаимного положения осей вращения является необходимость получения измерительной информации при отсутствии реально обозначенных баз. Использование в качестве базы плоскости диска колеса приводит к появлению погрешностей сопоставимых с требуемой точностью измерения. Для их компенсации необходимо определить положения элементов системы контроля, закрепляемых на колесе, относительно оси вращения, что приводит к увеличению времени контроля и появлению методической и субъективной погрешностей. Что бы исключить влияние этих погрешностей современные стенды постоянно усложняются и соответственно удорожаются. Получили распространение стенды на основе фиксации изображения мишеней, закрепляемых на колесах. Недостатки получения двумерного изображения пытаются компенсировать использованием 3D систем на использующие стереоскопические измерения [2]. Для повышения точности процедуры контроля используются системы со структурированной подсветкой, примером которых могут служить последние модели стендов серии FWA 9000 компании Bosch. Они используют четыре модуля с цифровыми стерео камерами и лазерной подсветкой для контроля каждого из колес [3, 4].

#### **Материалы и методы. Постановка задачи**

Перспективным направлением реализации оптических методов контроля [5] является использование свойства зеркальных преобразователей, с помощью которых можно задавать различные пространственные траектории точек и векторов (в рассматриваемом случае равномерное вращение), а по фактическим траекториям – контролировать правильность номинальных параметров системы [6].

При вращении зеркала вокруг оси отображающаяся в нем светящаяся точка движется по траектории, которая по форме и параметрам зависит от положения оси вращения и угла наклона вектора нормали зеркала к оси вращения.

Предлагаемая на рассмотрение система контроля установки колес автомобилей разработан на основе ранее рассмотренного устройства контроля положения вращающейся плоскости. Общая схема устройства стенда приведена на рис. 1.

#### **Расчетная схема и принцип действия**

Действие системы основывается на независимом определении положений колес относительно устройств контроля и вычислении их взаимного положения на основании информации о расположении устройств контроля. Сведения о расположении устройств контроля могут быть получены в результате предварительной их настройки и юстировки.

Основным элементом стенда является устройство контроля положения плоскости вращения колеса, которое предназначено для формирования изображения светящейся марки и индикации ее отображения от ЗП. Схема получения измерительной информации приведена на рис. 2. Система координат выбрана таким образом, что ось  $X$  совпадает с направлением движения автомобиля и является горизонталью, ось  $Y$  – вертикаль,  $Z$  – нормаль к направлению движения автомобиля. В этом случае плоскость колеса может быть задана осями  $X'Y'Z'$ , где ось  $Z'$  совпадает с осью вращения колеса автомобиля. Тогда угол между осями  $XX'$  – угол схождения колес  $\eta$ , а угол между  $YY'$  – развал колес  $\nu$ .

Идея разработанного устройства контроля положения плоскости вращения состоит в том, что взаимное положение осей координат определяется по искажениям формы траектории движения светящейся марки по поверхности анализа. С целью исключения влияния погрешностей установки зеркального преобразователя на колесе автомобиля и в связи с увеличением количества неизвестных параметров в схему устройства контроля включено четыре источника излучения, попарно расположенных на осях  $X$  и  $Y$ .

Характер изменений траекторий светящейся марки в плоскости анализа позволяет при расчете устройства контроля положения плоскости вращения (колеса) использовать упрощенную схему расчета, которая приведена на рис. 3.

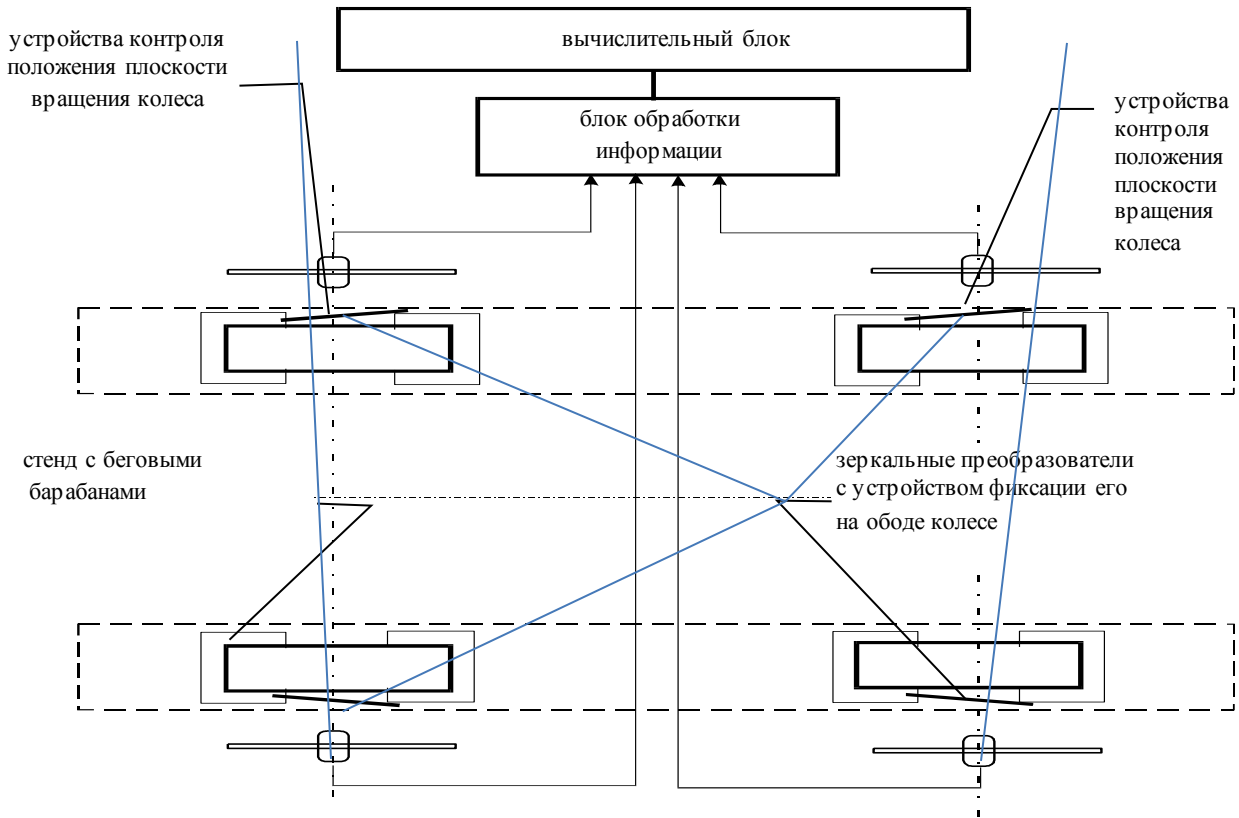


Рис. 1. Общая схема системы контроля углов установки колес автомобилей

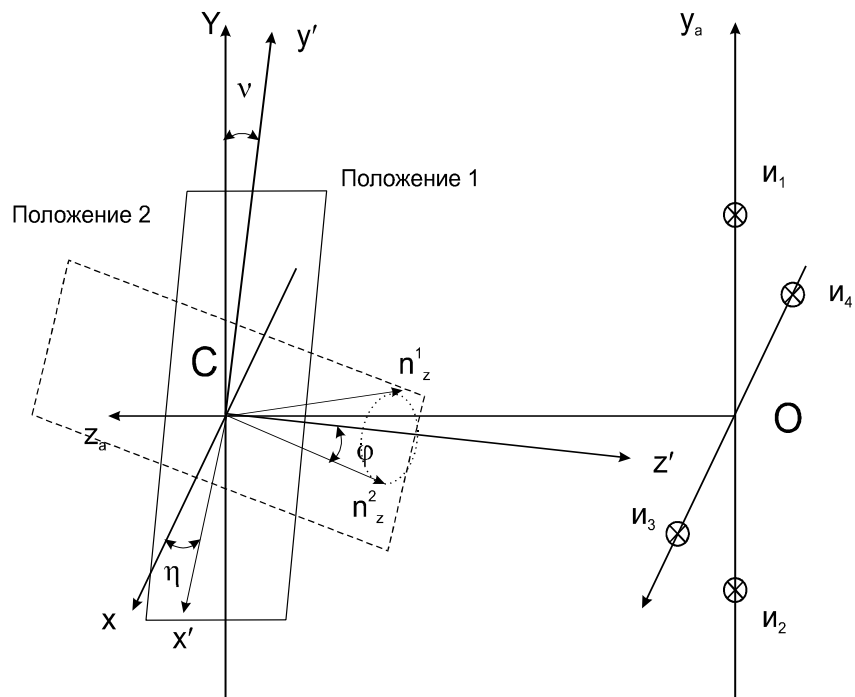


Рис. 2. Схема устройства контроля положения плоскости вращения

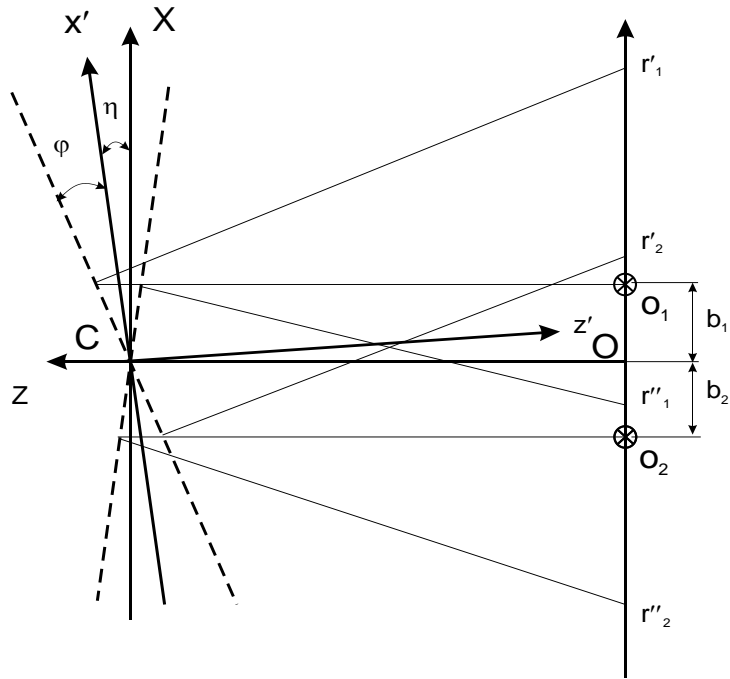


Рис. 3. Расчетная схема устройства контроля положения плоскости вращения (колеса)

Из рассмотрения построений на этой схеме координаты светящейся марки  $r_1'$  и  $r_1''$ , определенные относительно точки  $O_1$  для первого источника излучения, можно записать:

$$\operatorname{tg} 2(\varphi + \eta) = \frac{r_1'}{l + b_1 \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \eta)} ; \tag{1}$$

$$\operatorname{tg} 2(\varphi - \eta) = \frac{r_1''}{l - b_1 \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \eta)}$$

соответственно для второго источника излучения относительно  $O_2$ :

$$\operatorname{tg} 2(\varphi + \eta) = \frac{r_2'}{l - b_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \eta)} \tag{2}$$

$$\operatorname{tg} 2(\varphi - \eta) = \frac{r_2''}{l + b_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \eta)}$$

где  $\varphi$  – угол наклона вектора нормали зеркала к оси вращения  $Z'$ ,  $\eta$  – угол между осью вращения  $Z'$  и осью  $Z$ ,  $l$  – расстояние между точкой пересечения оси вращения с отражающей плоскостью зеркала и осью  $X$ ,  $b_1$  и  $b_2$  – расстояния между  $O$ С и оптическими осями первого и второго источников излучения соответственно.

Дополнительным условием будет:

$$\Delta b = b_1 + b_2 , \tag{3}$$

где  $\Delta b$  – расстояние между  $O_1$  и  $O_2$  – оптическими осями источников излучения.

Решая совместно (1), (2) и (3), определим неизвестные составляющие первых двух систем уравнений:

$$\varphi = \frac{1}{4} \left[ \arccos \left( \frac{\Delta b}{r_1' - r_2' + \Delta b} \right) + \arccos \left( \frac{\Delta b}{r_2'' - r_1'' + \Delta b} \right) \right] , \tag{4}$$

$$\eta = \frac{1}{4} \left[ \arccos \left( \frac{\Delta b}{r_1' - r_2' + \Delta b} \right) - \arccos \left( \frac{\Delta b}{r_2'' - r_1'' + \Delta b} \right) \right] , \tag{5}$$

$$b_1 = \frac{\frac{r_1'}{\operatorname{tg} 2(\varphi + \eta)} - \frac{r_1''}{\operatorname{tg} 2(\varphi - \eta)}}{\operatorname{tg}(\varphi + \eta) + \operatorname{tg}(\varphi - \eta)} , \tag{6}$$

$$l = \frac{r_1'}{\operatorname{tg}2(\varphi + \eta)} - b_1 \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \eta) \cdot \quad (7)$$

Аналогичным образом может быть определен угол развала колес  $\nu$ .

Рассмотренную упрощенную схему расчета положения плоскости вращения возможно использовать при небольших углах  $\eta$  и  $\nu$  (до 3- 5°), что достаточно для контроля углов установки колес автомобилей (углы развала и схождения управляемых колес легковых автомобилей лежат в пределах 0°–0°30' и 1–2° – для грузовых).

Особенности проведения контрольных измерений на стенде сводятся к следующему. Автомобиль устанавливается на стенде. Расположение его параллельно его продольной оси стенда (допустимые предельные отклонения  $\pm 1^\circ$ ) обеспечивается за счет центровки в беговых барабанах. На каждом колесе при помощи устройства фиксации закрепляется ЗП. Проворачивая колеса автомобиля посредством вращения беговых барабанов, фиксируем траекторию движения отображения светящейся марки от ЗП на поверхности анализа устройства контроля при помощи линеек фотоприемников. Фотоприемники соединены через блок обработки измерительной информации с вычислительным устройством, снабженным устройством визуального отображения измерительной информации.

**Результаты исследования**

Для подтверждения корректности принятой упрощенной схемы расчета, оценки влияния углов установки ЗП и определения значений погрешностей устройства контроля положения колеса были проведены экспериментальные исследования модели устройства контроля.

Параметры экспериментальной установки следующие:

- расстояние между точкой пересечения плоскости зеркала с осью вращения и плоскостью фотоприемника  $l = 200$  мм;
- расстояние между осью вращения устройства контроля и оптической осью источника излучения  $b = 25$  мм;
- смещение оси вращения зеркала относительно оптической оси источника излучения по горизонтали  $\Delta b_x = 5$  мм, по вертикали  $\Delta b_y = 5$  мм;
- угловое смещение зеркала относительно оптической оси источника излучения по горизонтали  $\eta = 1^\circ$ , по вертикали  $\nu = 1^\circ$ .

Точность отсчета положения изображения светящейся марки  $\Delta x = \pm 0.01$  мм.

Оценка точности устройства контроля положения плоскости вращения проводилась при  $\varphi = 5, 10, 15$  и  $20^\circ$ . Графическое отображение результатов эксперимента представлено на рис. 4. 5.

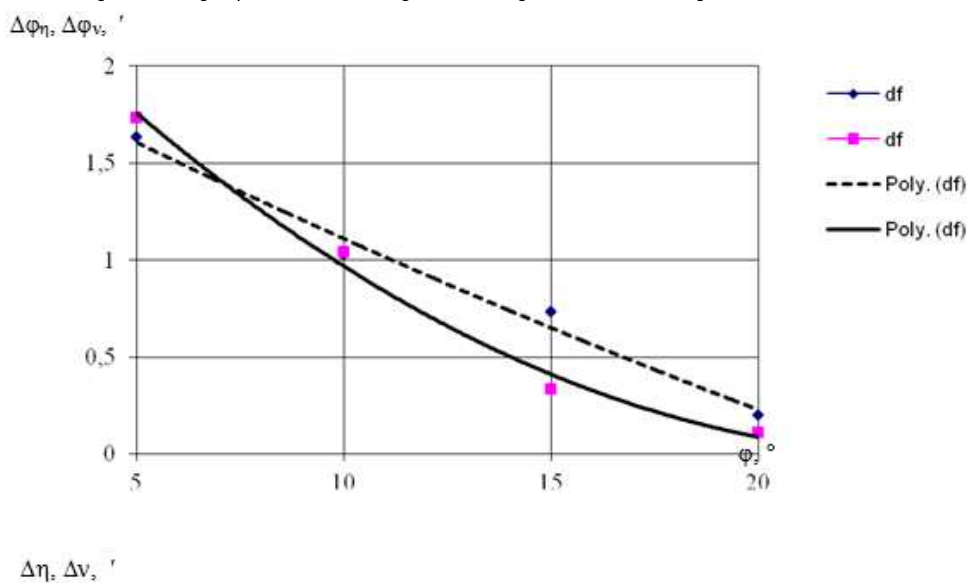
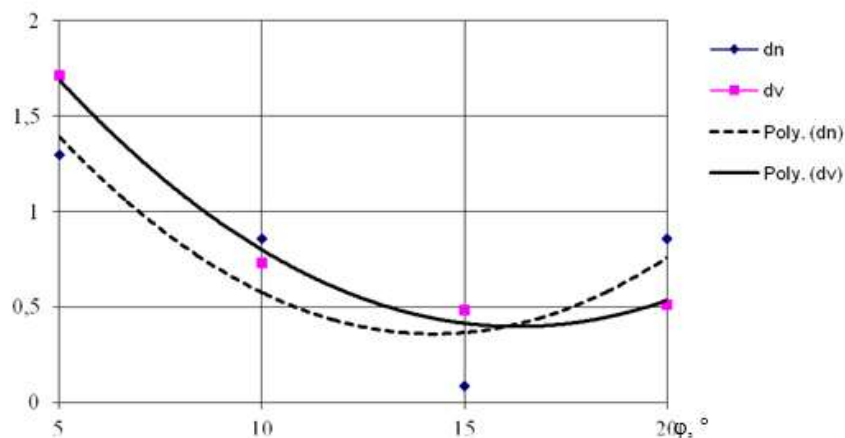


Рис. 4. Графики  $\Delta\varphi_\eta = f(\varphi)$  и  $\Delta\varphi_\nu = f(\varphi)$




 Рис. 5. Графики  $\Delta\eta = f(\varphi)$  и  $\Delta\nu = f(\varphi)$ 

В ходе эксперимента установлено:

- упрощенную схему расчета допустимо использовать для определения положения плоскости вращения при небольших углах  $\eta$  и  $\nu$ ;
- для контроля положения плоскости вращения с погрешностью определения ее положения до 1' достаточно использование ОЗ в качестве ЗП устройства контроля;
- для уменьшения погрешности определения положения плоскости вращения, одиночное зеркало необходимо закреплять под углом 15–20° к плоскости вращения колеса.

**Заключение.** Использование предлагаемой оптико-электронной системы контроля, как показывают теоретические и экспериментальные исследования, позволит уменьшить затраты времени на проведение диагностики и повысить точностную надёжность процедуры контроля за счет исключения влияния субъективных погрешностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Типаж и техническая эксплуатация оборудования для автосервиса / Першин В.А. и др. Ростов: Феникс, 2008. 413 с.
2. Пат. № 5724128 USA, G01B11/275 Measuring arrangements characterised by the use of optical means for measuring angles or tapers; for testing the alignment of axes for testing wheel alignment Daniel B. January, 1995-12-28
3. Bosch FWA 9000 – Режим доступа: <http://www.fwa9000.com/en/bosch-automotive-aftermarket/> от 22.04.2018
4. Пат. № DE102012202054A1 German G01B11/2755, Measuring arrangements characterised by the use of optical means for measuring angles or tapers; for testing the alignment of axes for testing wheel alignment using photoelectric detection means
5. Сарвин А. А., Кульчицкий А. А., Наумова А. К. Оптические методы бесконтактных измерений линейных перемещений СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011. 195 с.
6. Оптико-электронный кинематический контроль положения плоскости вращения Кульчицкий А.А., Сарвин А. А. (статья). Межвуз. сб. Машиностроение и автоматизация производства Вып. 8. СПб.: СЗПИ, 1998. С. 86-89.

#### REFERENCES

1. Tipazh i tekhnicheskaya ekspluatatsiya oborudovaniya dlya avtoservisa / Pershin V. A. i dr. Rostov: Feniks, 2008. 413 s.
2. Pat. № 5724128 USA, G01B11/275 Measuring arrangements characterised by the use of optical means for measuring angles or tapers; for testing the alignment of axes for testing wheel alignment Daniel B. January, 1995-12-28
3. Bosch FWA 9000 – Rezhim dostupa: <http://www.fwa9000.com/en/bosch-automotive-aftermarket/> ot 22.04.2018
4. Pat. № DE102012202054A1 German G01B11/2755, Measuring arrangements characterised by the use of optical means for measuring angles or tapers; for testing the alignment of axes for testing wheel alignment using photoelectric detection means
5. Sarvin A.A., Kul'chitskii A.A., Naumova A.K. Opticheskie metody beskontaktnykh izmerenii lineinykh peremeshchenii SPb.: Izd-vo SZTU, 2011, 195 s.
6. Optiko-elektronnyi kinematcheskii kontrol' polozheniya ploskosti vrashcheniya Kul'chitskii A. A., Sarvin A. A. (stat'ya). Mezhvuz. sb. Mashinostroenie i avtomatizatsiya proizvodstva Vyp. 8. SPb.: SZPI, 1998. S. 86-89.

### ОБ АВТОРАХ

**Кульчицкий Александр Александрович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств, Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, E-mail: doz-ku@rambler.ru

Kulchitskiy Alexander Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department automation of technological processes and production, Saint-Petersburg, E-mail: doz-ku@rambler.ru

**Мансурова Ольга Карибековна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств, Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет E-mail: erke7@mail.ru

Mansurova Olga Karybekovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department automation of technological processes and production, Saint-Petersburg, E-mail: erke7@mail.ru

**Болтунов Георгий Иванович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры систем управления и информатики, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, E-mail: abit@cde.ifmo.ru

Boltunov Georgy Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Control Systems And Informatics, Saint-Petersburg, ITMO University, E-mail: abit@cde.ifmo.ru

Дата поступления в редакцию 22.05.2018

А. Г. Лосев [A. G. Losev]  
 Е. А. Мазепа [E. A. Mazepa]  
 Х. М. Сулейманова [Kh. M. Suleymanova]

УДК 519.23  
 DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-63-71

## АНАЛИЗ ДАННЫХ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ И ГИПОТЕЗА ТЕРМОАСИММЕТРИИ

ANALYSIS OF THE DATA OF MICROWAVE RADIOMETRY AND THE HYPOTHESIS ON THERMOASYMMETRY

ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Россия, E-mail: allosev59@gmail.com

**Аннотация.** Одной из актуальных задач, стоящих перед медициной, математикой, компьютерными науками и информационными технологиями, является разработка и внедрение эффективных систем поддержки принятия решений. Подобные системы, используя методы и алгоритмы машинного обучения, должны помочь специалистам в задачах постановки диагнозов, прогнозирования развития заболеваний и т. д.

**Материалы и методы.** Данное исследование посвящено анализу статистической проверки одного из основных предположений интеллектуального анализа данных микроволновой радиотермометрии - гипотезы «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез пациенток.

**Результаты.** В статье получены следующие результаты. Во-первых, показано, что температурные данные молочных желез, полученные с помощью микроволновой радиотермометрии, можно отнести к нормальному распределению. Во-вторых, выявлена низкая парная корреляционная взаимосвязь друг с другом величин, описывающих поточечную термоасимметрию правой и левой молочных желез. Также показана справедливость гипотезы «зеркальной» симметрии в группе здоровых пациенток. В группе «Больных» в точках 0 и 6 выявлена асимметрия данных. Кроме того, доказано статистически достоверное различие термометрических данных в группе больных и здоровых пациенток по величине, характеризующей асимметрию температурных полей молочных желез.

**Заключение.** Работа посвящена статистической проверке одного из основных предположений интеллектуального анализа данных микроволновой радиотермометрии - гипотезы «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез пациенток.

**Ключевые слова:** анализ данных, микроволновая радиотермометрия, гипотеза «зеркальной» симметрии температурных полей.

*Annotation. One of the urgent tasks facing medicine, mathematics, computer science and information technology is the development and implementation of effective decision support systems. Such systems, using the methods and algorithms of machine learning, should help specialists in the problems of diagnosis, disease prognosis, etc.*

*Materials and methods. This study is devoted to the analysis of statistical verification of one of the main assumptions of the data mining of microwave radiometry – the hypothesis of "mirror" symmetry of temperature fields of the right and left mammary glands of patients.*

*The article presents the following results. First, it is shown that the temperature data of the mammary glands obtained by microwave radiometry can be attributed to the normal distribution. Second, steam room revealed a low correlation relationship with each other quantities describing a point-by-point thermoasymmetry right and left mammary glands. The validity of the "mirror" symmetry hypothesis in the group of healthy patients is also shown. Asymmetry of data was revealed in the group of "Patients" at points 0 and 6. In addition, a statistically significant difference between the thermometric data in the group of patients and healthy patients was proved by the value characterizing the asymmetry of the temperature fields of the mammary glands.*

*Conclusion. The paper is devoted to the statistical verification of one of the main assumptions of intelligent analysis of microwave radiometry data - the hypothesis of "mirror" symmetry of temperature fields of the right and left mammary glands of patients.*

*Key words: data analysis, microwave radiometry, hypothesis of "mirror" symmetry of temperature fields.*

**Введение.** Одной из актуальных задач, стоящих перед медициной, математикой, компьютерными науками и информационными технологиями, является разработка и внедрение эффективных систем поддержки принятия решений. Подобные системы, используя методы и алгоритмы машинного обучения, должны помогать специалистам в задачах постановки диагнозов, прогнозирования развития заболеваний и т. д. Сложившаяся к настоящему времени ситуация такова, что в подавляющем большинстве случаев применение современ-

ного медицинского оборудования, решая одни проблемы, порождает другие. Трудности диагностики в большинстве случаев возникают не из-за дефицита информации, а из-за недостаточной эффективности методов ее обработки.

В какой-то мере решение указанных проблем обеспечивает создание систем интерпретации и анализа медицинских данных. При этом наибольший интерес вызывает разработка консультативных интеллектуальных систем, то есть экспертных систем, содержащих механизм объяснения и обоснования предлагаемых решений на языке, понятном пользователю.

Также отметим одну из наиболее сложных и актуальных задач медицины, которой является разработка и реализация программ борьбы с онкологическими заболеваниями, в частности, проблема ранней дифференциальной диагностики заболеваний молочных желез. По данным Всемирной организации здравоохранения, рак молочной железы (РМЖ) является самым распространённым онкологическим заболеванием среди женщин во всём мире (16% всех случаев заболевания раком), а показатели выживаемости варьируются от 80% в странах с высоким уровнем дохода до 40% и менее в странах с низким уровнем дохода. Одним из наиболее перспективных способов повышения эффективности маммологического скрининга и ранней дифференциальной диагностики видится метод микроволновой радиотермометрии. Он основан на измерении собственного электромагнитного излучения тканей человека в микроволновом (РТ) диапазоне длин волн и инфракрасном (ИК) диапазоне, что позволяет неинвазивно выявлять температурные аномалии на глубине нескольких сантиметров (см., например, [1, 2, 10]). Однако, несмотря на то, что данные микроволновой радиотермометрии носят объективный характер, постановка диагноза на их основании существенно зависит от опыта и искусства врача и во многом носит субъективный характер. Данную проблему можно решить созданием эффективной экспертной системы на базе использования методов математического и компьютерного моделирования, возможностей современных информационных технологий и, прежде всего, алгоритмов машинного обучения.

Особую сложность при создании экспертных систем в медицине вызывает нахождение высокоинформативных признаков заболеваний. В ходе исследований и анализа данных микроволновой радиотермометрии, специалистами был выявлен ряд качественных признаков рака молочной железы. В частности, у пациенток с патологией отмечается наличие повышенной величины термоасимметрии между одноименными точками молочных желез; повышенный разброс температур между отдельными точками в пораженной молочной железе; повышенная разница температур сосков; повышенная температура соска в пораженной молочной железе по сравнению со средней температурой молочной железы с учетом возрастных изменений температуры; соотношение кожной и глубинной температур и некоторые другие (см., например, [3–6, 9]).

Остановимся на гипотезе «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез здоровых пациенток (иначе – гипотеза термоасимметрии). Она исходит из симметричного внутреннего строения парных органов человека. Анализ построенных к настоящему времени математических моделей температурных полей молочных желез (см. [7, 8]), также показывает непротиворечивость данной гипотезы. При этом у человека есть целый ряд непарных органов (сердце, печень, желудок и т.д.), наличие которых также может оказывать влияние на поведение температурных полей парных органов. До настоящего времени вопрос о степени влияния непарных органов на поведение температурных полей парных органов, например молочных желез, оставался открытым. Хотя, как указано выше, термоасимметрия молочных желез отмечается у достаточно большого количества больных пациенток (см. [5, 6, 9]).

Основной целью исследования является статистическая проверка гипотезы «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез пациенток. В частности, в рамках исследования производится проверка соответствия данных нормальному распределению, определяются степени корреляционной зависимости диагностических признаков друг от друга, непосредственно производится проверка данной гипотезы и гипотезы об однородности или неоднородности выборок в группе «Здоровых» и «Больных».

**Материалы и методы.** В течение нескольких лет в результате обследований, проводившихся в ряде онкологических центров России, была создана база термометрических данных. Она включает в себя информацию о молочных железах пациенток в возрасте от 17 до 88 лет. Для данного исследования были выбраны данные пациенток трех контрольных классов: «Здоровые» – температурные данные здоровых молочных желез здоровых пациенток (115 пациенток), «Больные» – температурные данные больных молочных желез больных пациенток раком (62 пациентки), и, так называемая, «Группа риска», которая содержит в себе, данные о пациентках (90 пациенток), у которых были выявлены какие-либо изменения в тканях, а также различные заболевания.

Также выборка разделяется на подгруппы по диапазону измерения температур: РТ-диапазоне (внутренние температуры) и ИК-диапазоне (кожные температуры).

Опишем общепринятую методику РТМ обследования. Применяемый в большинстве клиник диагностический комплекс РТМ-01-РЭС позволяет оценивать функциональное состояние тканей путем измерения внутренней температуры (РТМ) на глубине до 5 см. и температуры кожи (ИК). Обследование пациентки проводится в горизонтальном положении, обнаженной по пояс, руки под головой, начинается с измерения температур в опорных точках Т1 и Т2, расположенных, первая - в центре грудной клетки сразу под и между молочными железами, вторая - непосредственно под мечевидным отростком. Далее измерения проводятся в 10 точках на каждой железе, и в аксиллярной области (схема представлена на рис. 1).

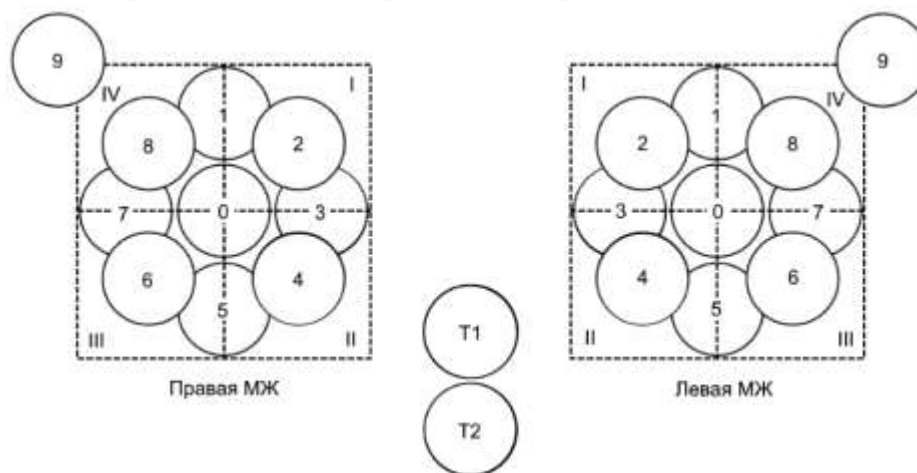


Рис. 1. Точки измерения температур

Тогда выборку можно представить в виде матрицы

$$S = \begin{pmatrix} t_0^1 & \dots & t_{43}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_0^k & \dots & t_{43}^k \\ t_0^{k+1} & \dots & t_{43}^{k+1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_0^n & \dots & t_{43}^n \end{pmatrix}$$

где  $t_i^j$ ,  $i = 0, \dots, 9$  – температуры  $i$ -ой точки правой молочной железы  $j$ -ой пациентки в диапазоне РТМ;  $t_i^j$ ,  $i = 10, \dots, 19$  – температура  $[i - 10]$  точки правой молочной железы  $j$ -ой пациентки в диапазоне ИК;  $t_i^j$ ,  $i = 20, \dots, 29$  – температура  $[i - 20]$  точки левой молочной железы  $j$ -ой пациентки в диапазоне РТМ;  $t_i^j$ ,  $i = 30, \dots, 39$  – температура  $[i - 30]$  точки левой молочной железы  $j$ -ой пациентки в диапазоне ИК;  $t_{40}^j = T1$ ,  $t_{41}^j = T2$  – глубинные температуры опорных точек  $j$ -ой пациентки;  $t_{42}^j = T1$ ,  $t_{43}^j = T2$  – кожные температуры опорных точек  $j$ -ой пациентки. В зависимости от номера  $j$  определяется принадлежность пациентки соответствующему диагностическому классу: «Здоровые», «Больные», «Группа риска».

Гипотеза «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез здоровых пациенток утверждает, что у здоровых пациенток значения температур в зеркально симметричных точках должны отличаться незначительно. Естественно у пациенток с патологиями значения температур в симметричных точках могут значительно отличаться. Данная гипотеза в диагностических целях используется при анализе термометрических данных не только молочных желез, но практически всех парных органов человека (см., например, [2, 4, 5]). При этом, отметим, что в некоторых случаях и у здоровых пациенток разность температур с симметричных точек может оказаться достаточно большой: до 2.5 градусов в РТМ-диапазоне и 3.5 градусов в ИК-диапазоне. Впрочем, у больных пациенток данный показатель может достигать до 6 градусов. При этом далеко не у всех больных пациенток наблюдается значительная термоасимметрия.

Результаты наблюдений можно оценить наиболее полно, если их распределение является нормальным. От того, в каком виде рассматривается величина, характеризующая различие эмпирического и теоретического распределений, зависит и метод дальнейшего исследования. Для исследования соответствия эмпирического и теоретического распределения, имеется несколько критериев согласия: Пирсона, Колмогорова, Смирнова и другие, а также несколько приближенных методов. Далее, если подтвердилось нормальное распределение данных, применяются методы параметрической статистики, позволяющие определить наличие или отсутствие линейной связи между двумя количественными показателями, а также оценить ее тесноту и статистическую значимость (критерий корреляции Пирсона). В противном случае используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена и соответствующий непараметрический критерий. Для проверки гипотезы «зеркальной» симметрии температурных полей, целесообразно применить критерий Стьюдента, при выполнении условия о нормальном распределении или его непараметрический аналог - критерий Манна-Уитни. Отметим, что последний критерий не требует нормального распределения данных и позволяет установить однородность двух выборок.

**Результаты.** Для проверки выборочных распределений на принадлежность к нормальному распределению был использован точный метод проверки согласованности - критерий согласия Пирсона или Хи-квадрат критерий. Критерий согласия Пирсона основан на вычислении следующей статистики:

$$\sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} = X^2$$

где  $n$  – число элементов каждой группы в обучающей выборке,  $k$  – число интервалов разбиения выборки,  $m_i$  – число значений выборки, попавших в  $i$ -й интервал,  $p_i$  – теоретическая вероятность попадания значения случайной величины в  $i$ -й интервал. Число интервалов находится по формуле Стерджесса:

$$k = 1 + 3,32 \cdot \lg(n).$$

В группе «Больных»  $n=62$ , в группе «Здоровых»  $n=115$ .

Величина  $X^2$  имеет распределение  $\chi^2$  с  $k-3$  степенями свободы. Значение  $X^2$  сравнивалось с критическими значениями, и на основании этого делается заключение о соответствии нормального распределения.

В качестве примера, приведем результат проверки данных в группе «Больные» (см. таблица 1). Аналогичные результаты наблюдались в группах «Здоровые» и «Группа риска».

Таблица 1

Результат проверки соответствия нормальному распределению данных

Датчик совмещенный	Больные											
	РТМ						ИК					
	правая			левая			правая			левая		
№ точки	$\chi^2$	к	$t_{кр}$	$\chi^2$	к	$t_{кр}$	$\chi^2$	к	$t_{кр}$	$\chi^2$	к	$t_{кр}$
$t_0$	4,0	1	3,84	3,0	1	3,84	1,3	2	5,99	1,1	1	3,84
$t_1$	4,7	2	5,99	3,0	2	5,99	0,2	2	5,99	1,9	1	3,84
$t_2$	0,7	1	3,84	0,6	2	5,99	0,3	1	3,84	2,3	2	5,99
$t_3$	0,6	1	3,84	1,7	1	3,84	0,3	2	5,99	1,9	1	3,84
$t_4$	0,08	1	3,84	2,3	1	3,84	2,0	2	5,99	5,2	2	5,99
$t_5$	0,7	2	5,99	1,0	2	5,99	1,6	1	3,84	1,5	2	5,99
$t_6$	2,0	1	3,84	2,4	3	7,81	1,0	1	3,84	0,4	1	3,84
$t_7$	0,2	2	5,99	2,8	2	5,99	2,2	1	3,84	0,7	2	5,99
$t_8$	1,9	1	3,84	2,1	2	5,99	1,9	1	3,84	1,8	2	5,99
$t_9$	2,0	1	3,84	0,7	1	3,84	2,6	2	5,99	6,2	2	5,99

Таким образом, можно сделать вывод о том, что практически во всех случаях, данные можно отнести к нормальному распределению, при уровне значимости 0,05.

Далее, для изучения взаимосвязи и значимости диагностических признаков друг с другом применяем параметрические методы исследования, в частности, основанные на вычислении коэффициента корреляции

Пирсона. По термометрическим данным были построены матрицы парных корреляций между функциями. Для оценивания степени корреляционной взаимосвязи использовалась шкала Чеддока. В качестве примера, представлен результат вычисления коэффициента корреляции в группе «Здоровые» (см. таблица 2). Результаты для остальных групп – вполне аналогичны.

Функции, имеют преимущественно низкую парную корреляционную взаимосвязь друг с другом, что говорит об отсутствии зависимости между температурными данными. В своей основе, коррелируют соседние точки, что обосновывается физиологией человека.

Таблица 2

Результаты вычисления парной корреляции Пирсона

Группа «Здоровые», диапазон измерения РТМ, датчик совмещенный										
	$t_{0r} - t_{0l}$	$t_{1r} - t_{1l}$	$t_{2r} - t_{2l}$	$t_{3r} - t_{3l}$	$t_{4r} - t_{4l}$	$t_{5r} - t_{5l}$	$t_{6r} - t_{6l}$	$t_{7r} - t_{7l}$	$t_{8r} - t_{8l}$	$t_{9r} - t_{9l}$
$t_{0r} - t_{0l}$	1,00									
$t_{1r} - t_{1l}$	0,12	1,00								
$t_{2r} - t_{2l}$	0,22	0,17	1,00							
$t_{3r} - t_{3l}$	0,30	0,22	0,26	1,00						
$t_{4r} - t_{4l}$	0,27	0,26	0,02	0,38	1,00					
$t_{5r} - t_{5l}$	0,29	0,29	0,01	0,29	0,39	1,00				
$t_{6r} - t_{6l}$	0,18	0,08	0,11	0,15	0,21	0,51	1,00			
$t_{7r} - t_{7l}$	0,11	0,20	-0,15	0,04	0,20	0,25	0,41	1,00		
$t_{8r} - t_{8l}$	0,16	0,23	-0,04	0,07	0,30	0,33	0,44	0,47	1,00	
$t_{9r} - t_{9l}$	0,06	0,05	-0,01	-0,13	-0,04	-0,06	0,15	0,09	0,08	1,00

Для проверки гипотезы «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез, был использован *парный двухвыборочный t-тест для средних*. В каждой группе пациентов исследования проводились для двух зависимых наборов данных – температуры в соответствующих точках правой и левой МЖ каждого пациента. Для этого необходимо: найти разности парных вариантов; вычислить среднюю разность  $M_{разн} = \frac{\sum(t_{ir} - t_{il})}{n}$ , где  $\sum(t_{ir} - t_{il})$  – сумма разностей парных вариантов, а n – число парных наблюдений; найти СКО.

$$\sigma_{разн} = \sqrt{\frac{\sum_i [(t_{ir} - t_{il}) - M_{разн}]^2}{n-1}};$$

вычислить ошибку средней

$$m_{разн} = \frac{\sigma_{разн}}{\sqrt{n}};$$

вычислить t статистику

$$t = \frac{M_{разн}}{m_{разн}}.$$

Результаты вычислений для групп «Здоровые» и «Больные», представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты парного двухвыборочного t-тест для средних

группа «Здоровые»	Среднее	Дисперсия	t-статистика	t критическое двух-стороннее при $\alpha=0,05$	t критическое двух-стороннее при $\alpha=0,025$
$t_{0,пр}$	34,29	1,16	1,31	1,98	2,27
$t_{0,л}$	34,25	1,06			
$t_{1,пр}$	34,39	1,00	-0,94	1,98	2,27
$t_{1,л}$	34,42	0,96			
$t_{2,пр}$	34,41	0,95	0,09	1,98	2,27
$t_{2,л}$	34,41	0,93			
$t_{3,пр}$	34,30	0,96	-2,21	1,98	2,27
$t_{3,л}$	34,37	0,95			
$t_{4,пр}$	34,33	0,85	0,32	1,98	2,27
$t_{4,л}$	34,32	0,84			
$t_{5,пр}$	34,24	0,78	1,65	1,98	2,27
$t_{5,л}$	34,18	0,77			
$t_{6,пр}$	34,07	0,80	1,45	1,98	2,27
$t_{6,л}$	34,02	0,80			
$t_{7,пр}$	34,12	0,81	0,89	1,98	2,27
$t_{7,л}$	34,09	0,84			
$t_{8,пр}$	34,27	0,86	0,05	1,98	2,27
$t_{8,л}$	34,27	0,87			
$t_{9,пр}$	34,49	0,80	1,38	1,98	2,27
$t_{9,л}$	34,44	0,81			
Группа «Больные»	Среднее	Дисперсия	t-статистика	t критическое двух-стороннее при $\alpha=0,05$	t критическое двух-стороннее при $\alpha=0,025$
$t_{0,пр}$	34,40	2,14	-2,86	1,99	2,30
$t_{0,л}$	34,79	1,36			
$t_{1,пр}$	34,79	1,36	-1,49	1,99	2,30
$t_{1,л}$	34,91	1,22			
$t_{2,пр}$	34,79	1,39	-1,51	1,99	2,30
$t_{2,л}$	34,91	1,28			
$t_{3,пр}$	34,80	1,31	-0,19	1,99	2,30
$t_{3,л}$	34,82	1,12			
$t_{4,пр}$	34,93	1,33	1,88	1,99	2,30
$t_{4,л}$	34,77	1,24			
$t_{5,пр}$	34,77	1,14	2,26	1,99	2,30
$t_{5,л}$	34,61	1,20			
$t_{6,пр}$	34,59	1,41	2,51	1,99	2,30
$t_{6,л}$	34,40	1,32			
$t_{7,пр}$	34,56	1,57	0,34	1,99	2,30
$t_{7,л}$	34,53	1,51			
$t_{8,пр}$	34,79	1,40	-1,19	1,99	2,30
$t_{8,л}$	34,90	1,22			
$t_{9,пр}$	35,42	0,53	0,26	1,99	2,30
$t_{9,л}$	35,41	0,74			

Полученные результаты говорят о том, что в обеих группах пациентов гипотеза «зеркальной» симметрии температурных полей правой и левой молочных желез в большинстве точек измерения подтверждается. В группе «Больных» исключение составляют 0 и 6 точки измерения, в «Группе риска» – точка 6, т.е. в них выявлена асимметрия данных.



Для дальнейшего исследования в каждой группе для всех пациентов находим значения функция вида:  $\max/t_{i,n}, -t_{i,l}/$ отдельно для РТ- и ИК-измерений. Для проверки гипотезы однородности двух выборок РТ-измерений в группах «Больных» и «Здоровых» применяем непараметрический аналог критерия Стьюдента – критерий Манна-Уитни.

Сущность этого критерия в следующем. Рассматриваются две группы наблюдений. Требуется установить однородность этих групп, т.е. можно ли считать эти выборки полученными из одной и той же генеральной совокупности или они получены из различных генеральных совокупностей. Применяется следующий алгоритм действий.

- Обе группы наблюдений объединяем в одну, упорядочиваем ее по возрастанию и каждому элементу группы предписываем ранг 1, следующий – ранг 2 и т.д. Последний ранг N, где N – суммарная численность групп, получает элемент, принимающий наибольшее значение. Если несколько элементов имеют одинаковые значения, то всем им предписывается один и тот же ранг, равный среднему арифметическому номеров, под которыми стоят элементы в упорядоченной группе. Например, после упорядочения на 5-м и 6-м месте оказались элементы с равными значениями, тогда ранг каждого из них равен 5,5.

- Присвоив элементам ранги, опять разводим их по своим группам. Вычисляем значения критерия T, где T – сумма рангов элементов меньшей из групп.

- Вводим нулевую гипотезу об однородности двух выборок.

При большой численности групп для проверки основной гипотезы, обычно используют нормальный закон распределения, по причине того, что с ростом численности групп распределение случайной величины T стремится к нормальному  $N(m; \sigma)$ , при

$$m = \frac{n_M(n_M + n_B + 1)}{2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_M n_B (n_M + n_B + 1)}{12}}$$

где  $n_M$  и  $n_B$  – численность меньшей группа («Больные») и большей групп («Здоровые») соответственно.

В качестве критерия используется нормальная случайная величина

$$Z = \frac{T - m}{\sigma}, Z \sim N(0; 1)$$

Ввиду того, что случайная величина T дискретная, а нормальное распределение является непрерывным, в качестве компенсации обычно используется поправка Йетса, применение которой приводит к более точным значениям. Случайная величина с поправкой Йетса имеет вид:

$$Z = \frac{|T - m| - 0,5}{\sigma}$$

Затем величина Z сравнивается с  $t_{\alpha} = 1,96$ , которое соответствует уровню значимости  $\alpha=0,05$ . Таким образом, область принятия основной гипотезы есть интервал (-1,96; 1,96). Если полученное значение Z попадает в указанный интервал, то говорим об отсутствии различий между двумя выборками, в противном случае, говорим о наличии различия между выборками. Аналогично осуществляется проверка гипотезы об однородности двух выборок ИК-измерений в группах «Больных» и «Здоровых». Результаты вычислений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты вычислений T-критерия Манна-Уитни

Диапазон измерения	
РТМ	ИК
Z	
2,47	2,85

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что данные измеренные совмещенным датчиком имеют достоверное различие в группе здоровых и больных для исследуемой функции вида  $\max/t_{i,n}, -t_{i,l}/$ .

**Заключение.** В статье получены следующие результаты. Во-первых, показано, что имеющиеся термометрические данные можно отнести к нормальному распределению. Во-вторых, выявлена низкая парная корреляционная взаимосвязь друг с другом величин, описывающих поточечную термоасимметрию. Также показана справедливость гипотезы «зеркальной» симметрии в группе здоровых пациенток. В группе «Больных» в точках 0 и 6 выявлена асимметрия данных. Кроме того, доказано статистически достоверное различие термометрических данных в группе больных и здоровых пациенток по величине, характеризующей асимметрию температурных полей молочных желез.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Управление качеством классификации в диагностике рака молочной железы по многомерным данным микроволновой радиотермометрии» № 18-47-340004 р\_а.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко Г. В. Использование радиотермометрии в скрининге непальпируемых новообразований молочных желез // Вестник рентгенологии и радиологии. 2007. № 5. С. 11–14.
2. Веснин С. Г. Современная микроволновая радиотермометрия молочных желез / Веснин С. Г., Каплан А. М., Авакян Р. С. // Медицинский альманах. 2008. № 3. С. 82–87.
3. Зенович А. В., Батурин Н. А., Медведев Д. А., Петренко А. Ю. Алгоритмы формирования двумерных признаков диагностики заболеваний молочных желез методами комбинированной радиотермометрии// Математическая физика и компьютерное моделирование. 2018. Т. 21. № 4. С. 44-56.
4. Зенович А. В., Гребнев В. И., Примаченко Ф. Г. Алгоритмы классификации парных органов на основе нейросетей и нечетких множеств // Математическая физика и компьютерное моделирование. 2017. Т. 20. № 6. С. 26-37.
5. Лосев А. Г., Левшинский В. В. Интеллектуальный анализ данных микроволновой радиотермометрии в диагностике рака молочной железы // Математическая физика и компьютерное моделирование. 2017. № 5 (342).
6. Лосев А. Г., Мазепа Е. А., Сулейманова Х. М. О взаимосвязи некоторых признаков РТМ-диагностики заболеваний молочных желез// Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1. Математика. Физика. 2015. № 4(29). С. 35-44.
7. Поляков М.В., Хоперсков А.В. Математическое моделирование пространственного распределения радиационного поля в биоткани: определение яркостной температуры для диагностики// Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1. Математика. Физика. 2016. № 5(36). С. 73-84.
8. Поляков М.В. Хоперсков А.В. Микроволновая термометрия: имитационное моделирование радиационного поля в биоткани молочной железы // Современные информационные технологии. 2016. № 24 (24). С. 76-79.
9. Krawczyk B., Schaefer G. A Hybrid Classifier Committee for Analysing Asymmetry Features in Breast Thermogram// Applied Soft Computing. 2014. V/ 20. P. 112-118.
10. Vesnin S., Turnbull A.K., Dixon J.M., Gorynyn I. Modern Microwave Thermometry for Breast Cancer// Journal of Molecular Imaging & Dynamics/ 2017. V. 7. Is. 2. 1000136.

## REFERENCES

1. Avramenko, G. V. Ispol'zovanie radiotermometrii v skringinge nepal'piruemykh novoobrazovaniy molochnyh zhelez / Avramenko G. V // Vestnik rentgenologii i radiologii. 2007. No 5. S. 11-14.
2. Vesnin S. G. Sovremennaya mikrovolnovaya radiotermometriya molochnyh zhelez / Vesnin S. G., Kaplan A. M., Avakyan R. S // Medicinskij al'manah. 2008. No 3. S. 82-87.
3. Zenovich A. V., Baturin N. A., Medvedev D. A., Petrenko A. Yu. Algoritmy formirovaniya dvumernyh priznakov diagnostiki zabolevaniy molochnyh zhelez metodami kombinirovannoj radiotermometrii// Matematicheskaya fizika i komp'yuternoe modelirovanie. 2018. T. 21. № 4. S. 44-56.
4. Zenovich A. V., Grebnev V. I., Primachenko F. G. Algoritmy klassifikacii parnyh organov na osnove nejrosetej i nechetkih mnozhestv// Matematicheskaya fizika i komp'yuternoe modelirovanie. 2017. T. 20. № 6. S. 26-37.
5. Losev A. G., Levshinskij V. V. Intel'ktual'nyj analiz dannyh mikrovolnvoj radiotermometrii v diagnostike raka molochnoj zhelezy// Matematicheskaya fizika i komp'yuternoe modelirovanie. 2017. № 5 (342).
6. Losev A. G., Mazepa E. A., Sulejmanova H. M. O vzaimosvyazi nekotoryh priznakov RTM-diagnostiki zabolevaniy molochnyh zhelez// Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1. Matematika. Fizika. 2015. № 4(29). S. 35-44.
7. Polyakov M. V., Hoperskov A. V. Matematicheskoe modelirovanie prostranstvennogo raspredeleniya radiacionnogo polya v biotkani: opredelenie yarkostnoj temperatury dlya diagnostiki// Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1. Matematika. Fizika. 2016. № 5(36). S. 73-84.
8. Polyakov M. V. Hoperskov A. V. Mikrovolnovaya termometriya: imitacionnoe modelirovanie radiacionnogo polya v biotkani molochnoj zhelezy // Sovremennye informacionnye tekhnologii. 2016. № 24 (24). S. 76-79.

9. Krawczyk B., Schaefer G. A Hybrid Classifier Committee for Analysing Asymmetry Features in Breast Thermogram // Applied Soft Computing. 2014. V/ 20. P. 112-118.

10. Vesnin S., Turnbull A. K., Dixon J. M., Gorynin I. Modern Microwave Thermometry for Breast Cancer // Journal of Molecular Imaging & Dynamics/ 2017. V. 7. Is. 2. 1000136.

#### ОБ АВТОРАХ

**Лосев Александр Георгиевич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и теории функций, Волгоградский Государственный университет.

E-mail: allosev59@gmail.com

Losev Alexander, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor of department Mathematical Analysis and Theory of Functions, Volgograd State University. E-mail: allosev59@gmail.com, +79047746821

**Мазепа Елена Алексеевна**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры математического анализа и теории функций, Волгоградский Государственный университет.

E-mail: Imazepa@rambler.ru

Mazepa Elena, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher Department of Mathematical Analysis and Theory of Functions, Volgograd State University.

E-mail: Imazepa@rambler.ru, +79047563522

**Судейманова Хеди Мовладовна**, Аспирант кафедры математического анализа и теории функций, Волгоградский Государственный университет. E-mail: suleymanova795@gmail.com

Suleymanova Khedi, graduate student of department Mathematical Analysis and Theory of Functions, Volgograd State University. E-mail: suleymanova795@gmail.com, +79608758592

Дата поступления 11.01.2019

Б. А. Казаров [B. A. Kazarov]  
 А. Б. Чебоксаров [A. B. Cheboksarov]

УДК 548.536.537226.4  
 DOI 10.33236/2307-910X-  
 2019-25-1-72-78

## МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МЕЗОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ

METHODS OF DESCRIBING AND MODELING THE PROPERTIES  
 OF MESOSCOPIC SYSTEMS

Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске), Россия,  
 e-mail: cheboksarov1956@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются методы описания и моделирования свойств новых наноструктурных материалов, которые содержат системы и структуры с размерами от десятков до тысяч ангстрем (или 1–100 нм). Для таких систем характерны квантовые интерференционные эффекты: гигантское усиление диэлектрической проницаемости (ДП), аномальная электропроводность, гигантское тепловое сопротивление и др. Эти явления относятся к новой, существующей 20–25 лет, области физики низкоразмерных и наноструктурных систем (мезоскопической физике).

**Материалы и методы.** Для понимания электрофизических свойств карбидокремниевой керамики большой интерес для исследователей представляет изучение поведения диэлектрической проницаемости в системе SiC-AlN, а также теплопроводности кристаллов триглицинсульфата.

В настоящей работе представлены результаты применения методов функций Грина и формул Кубо-Гринвуда для математического моделирования и описания новых свойств мезоскопических систем (наноструктурированных материалов, широкозонных полупроводников). В рамках предложенного подхода получены модели, выполнены расчеты и представлена интерпретация аномальных эффектов в полупроводниковых материалах твердотельной микроэлектроники.

**Результаты.** Анализа важных свойств и мезоскопических эффектов в широкозонных полупроводниковых материалах конкретных систем позволяют надеяться, что предложенный подход и методы применимы для описания широкого ряда свойств в наноструктурированных и мезоскопических материалах. В работе проведены расчеты температурной зависимости теплопроводности  $K(T)$  для кристаллов триглицинсульфата (ТГС) и показано [1-2], что аномальное поведение кривой  $K(T)$  около  $T_c$  в кристаллах ТГС связано с достаточно узким интервалом температур, в котором ярко выражены критические флуктуации в одноосных кристаллах ТГС.

**Заключение.** Несмотря на достигнутые успехи в изучении структурных, упругих, тепловых, электрических свойств керамики на основе SiC, особенности поведения диэлектрических свойств карбидокремниевой керамики недостаточно изучены. В этом отношении следует отметить малое количество работ, направленных на теоретическое исследование, моделирование и интерпретацию эффекта гигантского усиления диэлектрической проницаемости систем SiC-AlN, а также других композиционных материалов [1–5].

**Ключевые слова:** наноструктурный материал, диэлектрическая проницаемость, наноразмерные твердые растворы.

**Abstract.** This article discusses methods for describing and modeling the properties of new nanostructured materials that contain systems and structures with sizes from tens to thousands of angstroms (or 1-100 nm). For such systems, the characteristic quantum interference effects: giant enhancement of the dielectric permittivity, abnormal conductivity, a giant heat resistance, etc. These phenomena belong to a new, existing 20-25 years, the field of physics of low-dimensional and nanostructured systems (mesoscopic physics).

**Materials and methods.** To understand the electrophysical properties of silicon carbide ceramics, it is of great interest for researchers to study the behavior of dielectric permittivity in the SiC-AlN system, as well as the thermal conductivity of triglycin sulfate crystals.

In the present work shows the application of methods of dynamic green functions (MDFG) and formulas of the type Kubo-Greenwoods modeling and description of the properties of mesoscopic systems (nanostructured materials, wide band gap semiconductors). Within the framework of the presented approach, models are proposed, calculations are carried out and interpretation of a number of anomalous effects in wide-band materials of power electronics is given.

**Results.** The results of calculations of properties and mesoscopic effects in wide-band semiconductors and nanostructured materials of specific systems allow us to hope that the approach of MDF and formulas of the Kubo-Greenwood type are applicable to describe a wide range of properties in nanostructured and mesoscopic materials. In this work the calculations of the dependence of the thermal conductivity  $K(T)$  for crystals of triglycinsulfate (TGS) and are shown [1-2] that the anomalous behavior of the curve  $K(T)$  near  $T_c$  in TGS crystals due to the rather narrow temperature range, which pronounced critical fluctuations in uniaxial crystals of TGS.

Conclusion. *Despite the progress made in the study of structural, elastic, thermal, electrical properties of SIC-based ceramics, the behavior of the dielectric properties of silicon carbide ceramics has not been sufficiently studied. In this regard, it should be noted a small number of works aimed at theoretical research, modeling and interpretation of the effect of a giant increase in the dielectric constant of SIC-AlN systems, as well as other composite materials [1-5].*

Key words: nanostructured material, dielectric permeability, nanoscale solid solutions.

В физике конденсированного состояния и статистической физике исследуют в основном свойства систем на макроскопическом уровне, используя при этом термодинамический предел, предполагающий, что объем  $\Omega$  и число частиц  $N$  в системе стремятся к бесконечности при постоянном значении плотности  $n = N/\Omega$  [5]. Это приближение дает возможность определить большое количество «объемных» характеристик системы. Обычно систему можно считать макроскопической, если ее размер много больше некоторой характерной корреляционной длины или, говоря более точно, всех таких длин. Как правило, длина  $\xi$  является микроскопической величиной, имеющей порядок среднего расстояния между частицами  $n^{1/3}$ , однако в некоторых случаях (например, в окрестности точки фазового перехода второго рода) корреляционная длина может стать очень большой, и тогда поведение системы отличается от макроскопического в широком диапазоне размеров [5].

Исследование систем промежуточного – между микроскопическим и макроскопическим – размера (такой размер часто называют «мезоскопическим» – термин, введенный Ван Кампенем в 1981 г.) представляет интерес не только для выяснения, каким образом достигается термодинамический предел при последовательном увеличении размера системы от молекулы до массивного образца. Фундаментальные принципы квантовой механики совершенно необходимы для объяснения свойств мезоскопических систем, так как процессы термализации и неупругого рассеяния идут в них очень медленно, и поэтому фаза волновой функции играет важнейшую роль.

Методы корреляционных функций и формулы Кубо-Гринвада применяются для вычисления усредненных двухчастичных функций Грина [1-3], что необходимо для оценки влияния разупорядоченности на электропроводность и решеточную теплопроводность.

На микроскопическом уровне наиболее эффективным и наглядным способом исследования кинетических свойств мезоскопических систем в настоящее время является метод динамических двухвременных функций Грина (МДФГ), компоненты Фурье которых по определению имеют вид [3,4]:

$$G_{AB}(\omega) = \omega \langle\langle A|B \rangle\rangle_{\omega} = \langle[A, B]_{\eta}\rangle - \langle\langle A|[B, H] \rangle\rangle_{\omega} \quad (1)$$

В случае термического возмущения, обусловленного наличием отклонений от температуры  $\nabla_{\alpha} T$  в системе возникает поток тепла  $Q_{\alpha}$  за счет движущей «внешней» силы  $\chi_{\alpha} = \nabla_{\alpha} \beta$ . Согласно теории линейной реакции для коэффициента теплопроводности  $K_{\alpha\beta} = L_{\alpha\beta}$  в данном случае получаем [1-3]:

$$\kappa_{\alpha\beta}(T) = \frac{1}{V\beta} \int_0^{\infty} e^{-\alpha t} dt \int_0^{\beta} d\lambda \langle Q_{\alpha}(0) Q_{\beta}(t + i\lambda) \rangle \quad (2)$$

В работах [1, 2] показано, что для гармонического кубического кристалла с дефектами (примесями, нанокластерами) справедливо точное соотношение (обозначения см. в [1, 2]):

$$\kappa_{\alpha\beta}(T) = \frac{1}{3} \delta_{\alpha\beta} \lambda(T) = \frac{\delta_{\alpha\beta}}{6\pi V} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\hbar^2 \omega^2}{K_B T^2} n(\omega) [n(\omega) + 1] \text{Sp} |\Pi(\omega)|^2 d\omega \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} \Pi^p(ee'_i, \omega) &= \sum_e Q^p(ee'') \text{Im} G(e''e'_i, \omega), \\ \text{Im} G(ee'_i, \omega) &= \pi \sum_j \psi(e_i, j) \psi^*(e'_j) \delta(\omega_j^2 - \omega^2), \end{aligned} \quad (4)$$

Формулы (3), (4) использованы в работе при анализе поведения теплового сопротивления в одноосных кристаллах ТГСс фазовым переходом [1-2].

Ниже приведены результаты применения методов динамических функций Грина и обобщенных формул типа Кубо-Гринвада анализу температурного поведения и моделированию теплофизических свойств некоторых конкретных полупроводниковых наноструктурированных материалов (мезоскопических систем).

В случае кубического кристалла выражение (3) несколько упрощается, а функции Грина  $D(\omega)$  при хаотически распределенных примесях можно по методу Т-матрицы рассеяния вычислить аналитически. Тогда:

$$K(T) = \frac{1}{6\pi k_B} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\hbar^2 \omega^2}{T^2 \Omega} n(\omega) [n(\omega) + 1] Sp |P(\omega)|^2 d\omega \quad (5)$$

При этом в дебаевской модели кристалла с плотностью квадратов частот  $\rho(\omega^2) = 3\omega/\omega_d^2$ , но со временем релаксации  $\tau(\omega)$ , учитывающим микроскопическое строение дефектов, примесей и нанокластеров, теплопроводности широкозонных полупроводников  $K(T)$  согласно (2), (3), (4) можно представить в виде [1–3]:

$$K(T) = \frac{1}{2\pi^2 v} \int_0^{\omega_d} \hbar \omega^3 \tau(\omega) \cdot \frac{\frac{\hbar \omega}{k_B T} e^{\frac{\hbar \omega}{k_B T}}}{\left( e^{\frac{\hbar \omega}{k_B T}} - 1 \right)^2} d\omega \quad (6)$$

С использованием (6) в работе проведены расчеты зависимости  $K(T)$  для кристаллов ТГС и показано [1–2], что anomальное поведение кривой  $K(T)$  около  $T_c$  в кристаллах ТГС связано с достаточно узким интервалом температур, в котором ярко выражены критические флуктуации в одноосных кристаллах ТГС (рис. 1).

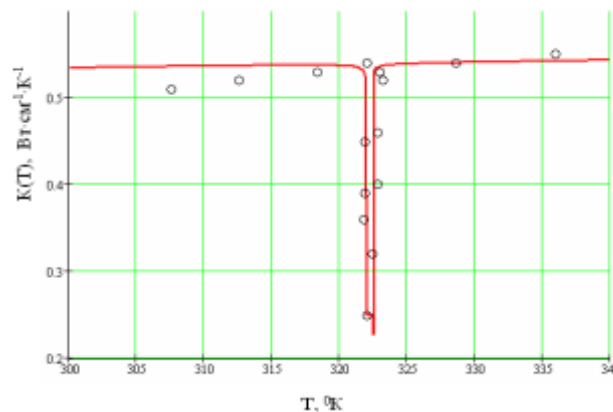


Рис. 1. Температурное поведение теплопроводности высококачественных кристаллов ТГС около  $T_c = 322^{\circ} K$  в направлении [001] [1–2]

В экспериментах, приборах с проводящими мезоскопическими системами используются следующие три класса проводников:

1. Металлы. Они имеют высокую концентрацию носителей заряда ( $\sim 10^{22} \text{ см}^{-3}$ ) и широкий диапазон изменения степени чистоты и длины свободного пробега. Многие металлы становятся сверхпроводниками при низких температурах, что приводит к дополнительным интересным явлениям.

2. Полупроводники. Здесь концентрация и тип носителей заряда может контролируемым образом изменяться в пределах  $10^{15}$ – $10^{19} \text{ см}^{-3}$ , что достигается добавлением примесей, оптическим возбуждением или использованием электростатических затворов. Специальными методами можно достигать высокой подвижности носителей, а также устраивать гетероконтакты – поверхности контакта двух различных полупроводников. Такие гетероконтакты могут обладать необычными свойствами.

3. Подуметаллы. Они используются в некоторых специальных случаях. Они имеют промежуточную концентрацию носителей заряда ( $10^{19}$ – $10^{20} \text{ см}^{-3}$ ), причем носителями одновременно являются и электроны, и дырки. В некоторых подуметаллах (особенно в висмуте, где впервые были обнаружены многие квантовые осцилляционные эффекты) длина свободного пробега при низких температурах может достигать чрезвычайно больших (практически макроскопических) значений.

Для создания низкоразмерных проводящих систем необходимо приготовление образцов, поперечные размеры («толщина») которых гораздо меньше продольных. Пленки, включая очень тонкие, можно получать стандартными методами нанесения покрытий (испарением или напылением), которые применимы для изготовления как изолирующих, так и проводящих слоев. В настоящее время высококачественные полупроводни-

ковые системы, в том числе двумерные, изготавливаются путем последовательного выращивания отдельных слоев кристаллической решетки с очень жестким контролем параметров. Таким образом, на современном уровне развития технологии возможно изготовление очень многих мезоскопических структур с подобным разрешением. Пример наноструктуры [5], изготовленной с помощью электронного пучка, показан на рис. 2. Модификацией обычного сканирующего электронного микроскопа можно достичь разрешения выше 500 Å для однослойных структур.

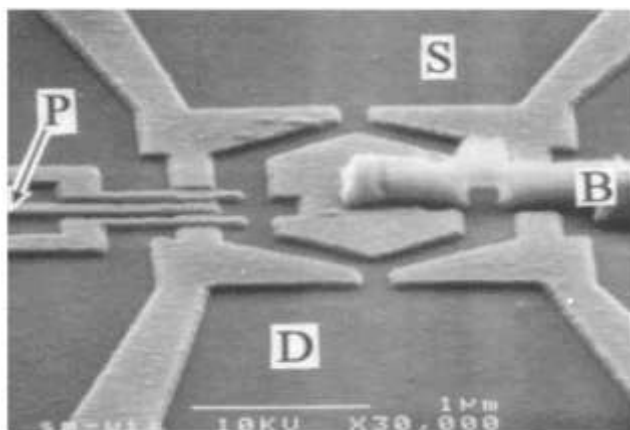


Рис. 2. Пример наноструктуры, созданной электронным пучком и предназначенной для изучения интерференции электронов в кольцевой геометрии

Электроны проходят из источника S в сток D, расположенный в двумерном электронном газе (темная область), через два рукава кольца, образованного электростатическими затворами (более светлая область). Два (необозначенных) тонких затвора образуют в левом рукаве кольца квантовую точку (затворы отделяют точку от рукава). Управляющий затвор P предназначен для регулирования электростатического потенциала квантовой точки. Дополнительный затвор B управляет потенциалом центральной области (дыры в проводящем кольце), контролируя тем самым ширину рукавов. Этот затвор выходит наружу через «воздушный мост», проходящий на более высоком уровне (т. е. в другом слое) во избежание контакта с нижним затвором. Совмещение структур на двух уровнях, необходимость в котором возникла при создании этой системы, оказалось непростой технологической задачей. В эксперименте исследовались интерференционные осцилляции в зависимости от напряжения на управляющем затворе P и/или от магнитного поля, пронизывающего кольцо [104]. В работе [104] было продемонстрировано, что когерентность электронов, резонансно туннелирующих через квантовую точку, сохраняется в течение времени порядка 3 нс.

Как бы впечатляющи ни были данные методы, необходимо признать, что получающиеся структуры еще весьма далеки от идеала. Например, проволока толщиной несколько сотен ангстрем, полученная травлением, как правило, имеет очень неровные края, что вызывает сильное диффузное рассеяние электронов. Это рассеяние значительно понижает их подвижность, особенно в полупроводниковых системах.

Одним из способов избежать этих неприятностей является создание полупроводниковых структур с помощью электростатических затворов. При большом отрицательном напряжении затвор может вызвать истощение двумерного электронного газа непосредственно под собой, а также (за счет полей рассеяния) в небольшой прилегающей области. В результате между двумя такими затворами формируется узкий канал, ширина которого может немного варьироваться при изменении напряжения на затворах. Оказывается, что электростатические эффекты имеют тенденцию к сглаживанию микроскопических нерегулярностей на краях затвора, что позволяет создавать каналы с хорошей подвижностью.

Таким способом можно делать высококачественные каналы с шириной вплоть до нескольких длин волн. Получение более узких одномерных каналов требует привлечения других методов. Недавно новая одномерная структура была получена при помощи MOCVD метода выращивания внутри желобка на поверхности подложки. Другая полезная ростовая техника – техника скалывания избыточно выращенных краев: *cleaved edge overgrowth*. Наилучшего разрешения, порядка атомного, можно достичь с помощью метода, использующего сканирующий туннельный микроскоп. В этом методе достигнута столь высокая степень совершенства,

что для создания требуемой структуры по подложке могут, при необходимости, контролируемым способом перемещаться отдельные атомы (рис. 3).

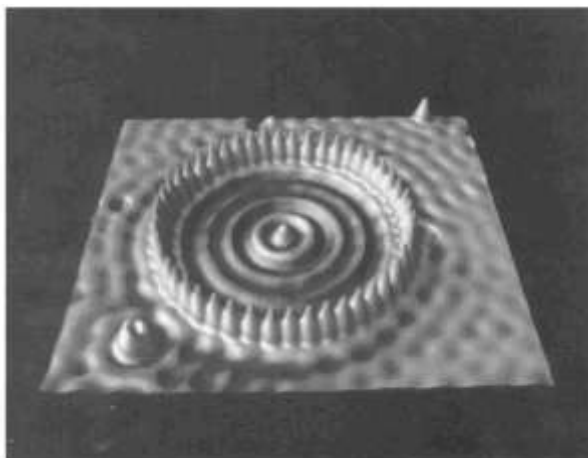


Рис. 3. «Квантовый коралл», демонстрирующий возможности методов, использующих сканирующий туннельный микроскоп [5]

Кольцо из 48 атомов железа с радиусом порядка 140 Å было сделано на поверхности меди [5]. Измерения радиальных колебаний высоты были сделаны с помощью той же техники. Эти концентрические волны, прекрасно видны на рисунке, они возникают как собственные квантовые состояния коралла и демонстрируют почти идеальное качество поверхности внутри кольца.

Аналогичная технология используется для осуществления контакта со структурой с целью проведения на ней разнообразных измерений, что, в принципе, позволяет приблизиться к микроскопическому пределу мезоскопии [5]. Поскольку данный метод работает очень медленно и имеет дело с индивидуальными образцами, в настоящее время прикладываются усилия для его автоматизации и увеличения быстродействия.

В мире современных наноструктурированных материалов значительная роль принадлежит керамике. Это обусловлено широким диапазоном ее многообразных физических и химических свойств. Большой интерес исследователей к конструкционной и функциональной керамике объясняется возможностью получения новых перспективных материалов с прогнозируемыми свойствами. По отношению к металлам керамические материалы обладают более высокими механическими характеристиками, высокой коррозионной и радиационной устойчивостью, стабильностью свойств в широком интервале температур, что обеспечивает долговечность керамических конструкций в агрессивных средах [1–6].

Объем производства керамических материалов во всем мире стремительно растет. В настоящее время основными производителями таких материалов являются США, Япония, Китай, Германия и Россия. Керамика на основе SiC характеризуется большим потенциалом для широкого использования в качестве носителей катализатора, теплообменников, фильтров горячих газов, применения в установках для сжигания газов, в качестве конструкционного материала для высокотемпературных устройств [1]. В настоящее время широко производятся следующие виды карбидокремниевой керамики:

- Керамика со связкой на основе нитрида кремния (SNBSiC, NBSiC или NBSC), которую получают, используя смесь гранул карбида кремния и кремния.

- Реакционно-связанная керамика (RBSiC, RBSC, SiSiC или SiSC) изготавливается из смеси гранул карбида кремния и мелких порошков графита и кремния [1–4].

- Керамика, получаемая прямым синтезом (DSSiC, DSSC), изготавливается гидросмесь из субмикронных порошков SiC, синтезирующих добавок бора или алюминия, различных связок и углеродных добавок, которая после сушки помещается в вакуумную печь и нагревается до температуры 2050–2175 °С.

- Композиционно-связанная керамика (CBSiC или CBSC), которую получают путем смешивания мелкого порошка карбида кремния высокой чистоты с кремнием и связывающим материалом и последующей термообработки в атмосфере азота при температуре выше 1350°С.



– Реакционно-сформированная карбидкремниевая керамика (RFSC), для изготовления которой применяют метод реактивной инфильтрации расплавленного кремния и, при необходимости, сплавов тугоплавких металлов с кремнием в углеродных преформах.

Керамика на основе карбида кремния с нитридом алюминия представляет большой интерес в связи с существованием твердого раствора в этой системе [1–3], позволяющего получить широкий спектр материалов на ее основе.

Эксперименты по легированию керамики на основе SiC, а также по синтезу керамики на основе твердых растворов показывают, что спектр их свойств расширяется и улучшается технологичность материала [1, 2]. Так, в [1, 2] исследованы свойства керамических материалов на основе твердых растворов SiC–AlN с использованием метода резонансной ультразвуковой спектроскопии. Авторами этой работы установлено, что при концентрации 30 % AlN модули упругости незначительно завышены, коэффициент затухания заметно меньше и оптимальным для получения керамики с высокими механическими свойствами в системе SiC–AlN является состав 30–50 % (вес.) нитрида алюминия. В работах [1–4] исследованы электрофизические свойства карбидокремниевой керамики и представлены результаты разработки математических моделей, описывающих кинетику процесса образования таких материалов и учитывающих влияние технологических параметров на структуру и морфологию получаемой керамики в системе SiC – AlN.

В последнее время, наряду с рассмотренными технологиями, все большее применение для получения конструкционных керамических материалов находит метод электроимпульсного спекания. В работе [1] представлены основные особенности технологии формирования керамики системы SiC – AlN путем электроимпульсного спекания. На основе использования описанных технологических приемов, были получены опытные партии образцов высокоплотной керамики системы SiC–AlN состава 50 % вес SiC [1].

Как уже отмечалось ранее, технологии получения конструкционных материалов на основе карбидокремниевой керамики постоянно совершенствуются. Так, в [6] представлен экономичный метод получения многофункциональной профилированной керамики на основе SiC, основанный на механизме взаимодействия расплава кремния с углеродом, находящимся в заранее сформированной заготовке определённого состава и пористости. Эта технология отличается простотой, дешевизной используемого оборудования, доступностью сырья, возможностью в широких пределах заданным образом изменять структуру и состав керамики в зависимости от конкретного применения. Использование этого метода позволяет получать технические характеристики, существенно улучшенные по сравнению с керамиками из карбида кремния, присутствующими на коммерческом рынке.

В поликристаллических карбидокремниевых материалах коэффициент термического расширения зависит, в первую очередь, от фазового состава. С увеличением концентрации AlN коэффициент термического расширения поликристаллических твердых растворов возрастает.

Электрофизические свойства карбидокремниевой керамики сильно зависят от концентрации различных добавок и температуры [1–5]. Известно, что небольшие (~2 вес.%) добавки BeO приводят к появлению изолирующих свойств в керамике SiC – BeO [80], а в системе SiC – AlN [1] возможно образование непрерывного ряда твердых растворов. В связи с этим поликристаллические твердые растворы SiC – BeO и SiC–AlN являются перспективными материалами для полупроводниковой микроэлектроники.

Для понимания электрофизических свойств карбидокремниевой керамики большой интерес для исследователей представляет изучение поведения диэлектрической проницаемости в системе SiC–AlN.

Несмотря на достигнутые успехи в изучении структурных, упругих, тепловых, электрических свойств керамики на основе SiC, особенности поведения диэлектрических свойств карбидокремниевой керамики недостаточно изучены. В этом отношении следует отметить малое количество работ, направленных на теоретическое исследование, моделирование и интерпретацию эффекта гигантского усиления диэлектрической проницаемости систем SiC–AlN, а также других композиционных материалов [1–5].

Таким образом, в настоящей работе показано применение МДФГ и формул типа Кубо–Гринвадда для моделирования и описания свойств мезоскопических систем (наноструктурированных материалов, широкозонных полупроводников). В рамках представленного подхода предложены модели, проведены расчеты и дана интерпретация ряда аномальных эффектов в широкозонных материалах силовой электроники. Результаты расчетов свойств и мезоскопических эффектов в широкозонных полупроводниках и наноструктурированных мате-

риалах конкретных систем позволяют надеяться, что подход МДФГ и формул типа Кубо-Гринвуда применимы для описания широкого спектра свойств в наноструктурированных и мезоскопических материалах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Казаров, В. И. Алтухов, Н. В. Баландина. Моделирование и расчет тепловых, электрических свойств широкозонных полупроводников и диэлектриков (с дефектами, фазовыми переходами и нанокластерами). Георгиевск: ГТИ (Ф) СевКавГТУ, 2008. 224 с.
2. В. И. Алтухов, Б. А. Казаров, А. В. Санкин. Функциональные материалы нанoeлектроники – новые свойства и методы их описания: монография. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2011. 165с.
3. Алтухов В. И. Симметрия и структурные фазовые переходы в кристаллах. Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. 96 с.
4. В. И. Алтухов. Основы теории кинетических свойств кристаллов с дефектами и фазовыми переходами: диэлектрики и сегнетоэлектрики. Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. 188 с.
5. Имри Й. Введение в мезоскопическую физику: пер. с англ. М.: Физматлит, 2004. 304 с.
6. Могилевский Б. М., Чудновский А. Ф. Теплопроводность полупроводников. М.: Наука, 1972. 536 с.

#### REFERENCES

1. B. A. Kazarov, V. I. Altukhov, N. V. Balandina. Modelirovanie i raschet teplovykh, elektricheskikh svoystv shirokozonnnykh poluprovodnikov i dielektrikov (s defektami, fazovymi perekhodami i nanoklasterami). Georgievsk: GTI (f) SevKavGTU, 2008. 224 s.
2. V. I. Altukhov, B. A. Kazarov, A. V. Sankin. Funktsional'nye materialy nanoelektroniki – novye svoistva i metody ikh opisaniya: monografiya. Novocherkassk: YuRGU (NPI), 2011. 165 s.
3. Altukhov V. I. Simmetriya i strukturnye fazovye perekhody v kristallakh. Stavropol': SevKavGTU, 2003. 96 s.
4. V. I. Altukhov. Osnovy teorii kineticheskikh svoystv kristallov s defektami i fazovymi perekhodami: dielektriki i segnetoelektriki. Stavropol': SevKavGTU, 2003. 188 s.
5. Imri I. Vvedenie v mezoskopicheskuyu fiziku: per. s angl. M.: Fizmatlit, 2004. 304 s.
6. Mogilevskii B. M., Chudnovskii A. F. Teploprovodnost' poluprovodnikov. M.: Nauka, 1972. 536 s.

#### ОБ АВТОРАХ

**Казаров Бениамин Агопович**, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Физики, электротехники и электроэнергетики», СКФУ, ИСТид (филиал) в г. Пятигорске, kazarovbeniamin@mail.ru

Kazarov Beniamin Agopovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department "Physics, electrical engineering and power", NCFU, (branch) in Pyatigorsk kazarovbeniamin@mail.ru

**Чебоксаров Александр Борисович**, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Физики, электротехники и электроэнергетики», СКФУ, ИСТид (филиал) в г. Пятигорске, cheboksarov1956@mail.ru

Cheboksarov Alexander Borisovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Physics, Electrical Engineering and Electricity, NCFU, (branch) in Pyatigorsk, E-mail: cheboksarov1956@mail.ru

Дата поступления 09.05.2018

УДК 620.92; 519.857  
DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-79-90

В. В. Федоренко [V. V. Fedorenko]  
В. В. Самойленко [V. V. Samoilenko]  
В. С.-А. Азаб [V. S.-A. Azab]  
И. В. Самойленко [I. V. Samoilenko]

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНОЙ РАБОТЫ  
АККУМУЛЯТОРА В СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ**

TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION OF THE DAILY WORK  
OF THE ACCUMULATOR IN SOLAR-WIND POWER GENERATION SYSTEMS

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет» в г. Ставрополь, Россия,  
e-mail: vvs\_stv@mail.ru

**Аннотация.** *Использование солнечной и ветровой энергии, как альтернативного источника является актуальным и перспективным направлением возобновляемых источников энергии.*

**Материалы и методы.** *Сформулирована задача максимизации прибыли от продажи электроэнергии в системе с солнечно-ветровыми энергетическими установками с учетом ограничений на технические показатели зарядно-разрядного процесса аккумулятора. Применен новый подход к нахождению общей стоимости комбинированной микро-энергетической установки с последующей оптимизацией за счёт многовариантного анализа полученных результатов. Математическая модель расчёта общей годовой стоимости комбинированной установки на основе ВИЭ выведена на основе аддитивного закона суммирования затрат.*

**Результаты.** *Приведена сравнительная оценка посуточного управления работой системы при реализации накопленной энергии по директивным правилам и по оптимизированному алгоритму*

**Заключение.** *Экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:*

*Совершенствование СВЭУ сводится к оптимизации зарядно-разрядного цикла аккумулятора, технически реализуемой с помощью подсистемы управления BMS.*

*1. Из известных методов оптимизации более предпочтительным является метод динамического программирования. Постановка задачи методом ДП состоит из целевой функции, максимизирующей суточную прибыль от продажи электроэнергии потребителям, и ограничивающих неравенств для технических показателей зарядно-разрядного цикла аккумулятора.*

*2. Приведенный пример по оптимизации работы СВЭУ с учетом дифференцированных тарифов на электроэнергию и себестоимости производства энергии показал преимущества планирования зарядно-разрядных циклов аккумулятора методом ДП по сравнению с традиционными директивными правилами накопления и продажи энергии.*

**Ключевые слова:** *солнечно-ветровая установка, накопитель энергии, заряд и разряд аккумулятора, тарифы на электроэнергию, метод динамического программирования.*

*Abstract. The Use of solar and wind energy as an alternative source is an actual and promising direction of renewable energy sources.*

*Materials and methods. The problem of maximizing the profit from the sale of electricity in a system with solar-wind power plants is formulated, taking into account the limitations on the technical indicators of the charge-discharge process of the battery. A new approach to finding the total cost of a combined micro-power plant with subsequent optimization through multivariate analysis of the results was applied. The mathematical model of calculation of the total annual cost of the combined installation on the basis of RES is derived on the basis of the additive law of summation of costs.*

*Results. A comparative assessment of the daily control of the system in the implementation of the accumulated energy according to the Directive rules and optimized algorithm is given*

*Conclusion. Experimental studies allow us to draw the following conclusions:*

*The improvement of the VMS is reduced to the optimization of the battery charge-discharge cycle, technically implemented with the help of the BMS control subsystem.*

*1. Of the known optimization methods, dynamic programming is the preferred method. The statement of the problem by the DP method consists of a target function that maximizes the daily profit from the sale of electricity to consumers, and limiting inequalities for the technical indicators of the charge-discharge cycle of the battery.*

2. An example is given to optimize Svaws into account the differentiated tariffs for electricity and the cost of production of energy showed the advantages of planning the charge-discharge cycles of the battery of the DP method compared with the traditional prescriptive rules for the accumulation and sale of energy.

Key words: Solar and Wind Power Generation System, Power Supply, Energy Storage System, Accumulator Charge and Discharge, Electrical Energy Cost, Dynamic Programming Method.

**Введение.** Перспективным направлением развития «малой энергетики» для обслуживания децентрализованных объектов является использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – чаще всего, солнечной и ветровой. Однако решение в пользу солнечно-ветровых энергетических установок (СВЭУ) может быть принято только после оценки их и технико-экономической эффективности с использованием системных критериев.

Исследования в данном направлении проводились как в России, так и за рубежом. В частности, в статьях [1, 2] предлагается представлять СВЭУ в виде структурно-функциональных моделей, отражающих общую структуру и процессы преобразования и использования энергии. При этом рассмотренные варианты электрообеспечения потребителей не учитывают динамику изменения состояний накопителей энергии, ее влияние на экономические показатели.

**Материалы и методы.** В работе [3] предложен подход к нахождению общей стоимости комбинированной микро-энергетической установки с последующей оптимизацией за счёт многовариантного анализа полученных результатов. Математическая модель расчёта общей годовой стоимости комбинированной установки на основе ВИЭ выведена на основе аддитивного закона суммирования затрат. Однако интеграция СВЭУ с сетью не рассматривается и все связанные с ней коэффициенты в модели общей стоимости комбинированной установки обнуляются. Следовательно, не учитывается прибыль от продажи накопленной энергии в общую электросеть.

В статье [4] в качестве оптимального выбран такой вариант перехода СВЭУ на параллельную работу с централизованной электросетью, который позволяет полученный избыток электроэнергии продавать в сеть. При этом отсутствует строгая математическая постановка оптимизационной задачи и не обоснован метод ее решения.

В зарубежной научно-технической литературе микро-энергетические системы с возобновляемыми источниками энергии и адаптивно-интеллектуальным управлением между источниками и потребителями получили названия микрогрид (microgrid). Развитие технологий использования СВЭУ в интеграции с традиционной энергосистемой позволяет в больших масштабах либерализовать рынок электроэнергии [5].

Сезонная неравномерность солнечной радиации, изменчивость климатических условий, варьирование потребительского спроса на электроэнергию в течении суток обуславливают наличие аккумуляторов как накопителей энергии (НЭ) в составе микро-энергетической системы с СВЭУ [6,7]. Состав такой системы представлен на рис. 1 [8].

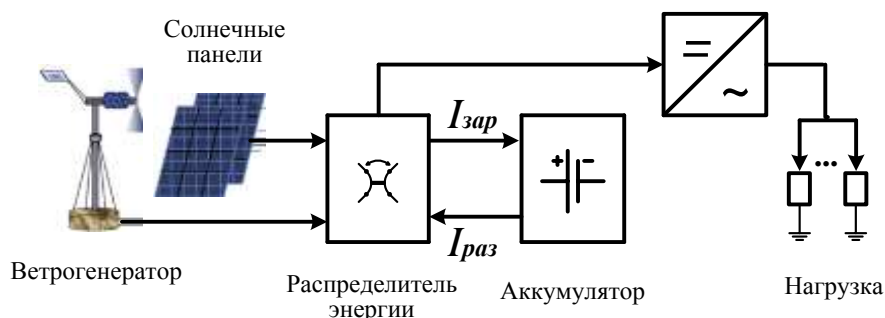


Рис. 1. Общая структура энергетической системы с солнечно-ветровой установкой

С целью продления срока службы аккумуляторных батарей (АБ) необходимы оптимизации и регулировки режимов их заряда/разряда. В составе распределителя энергии СВЭУ эту задачу выполняет подсистема управления батареями (battery managementsystem – BMS) [9]. В ее основные функциональные обязанности входит: автоматическое подключение солнечных панелей или ветрогенератора на заряд НЭ; многостадийный заряд аккумулятора; автоматическое отключение источника энергии при полном заряде НЭ; автоматическое отключение нагрузки при установленном уровне разряда аккумулятора; подключение нагрузки при достаточном заряде

НЭ [10, 11]. Таким образом, BMS выступает своеобразным связующим звеном между энерго-генераторами и НЭ. Кроме того, BMS выполняет защитные функции, контролируя температуру, напряжение, токи заряда  $I_{зар}$  и разряда  $I_{разр}$ , таким образом, предотвращая слишком глубокий разряд, перезаряд и перегрев.

#### Технические показатели зарядно-разрядных процессов в аккумуляторах

К основным параметрам, контролируемым с помощью средств BMS, относятся:

- емкость полностью заряженной батареи  $C_{max}$ , определяемая как максимальное количество электрической энергии в ампер-часах (А·ч), которое батарея отдает в нагрузку с момента полного заряда до состояния разряда, не приводящего к преждевременной деградации батареи;

- степень заряженности батареи (state of charge, SOC)  $SOC = C/C_{max}$ , где  $C = \int_0^t I(t)dt$  – текущий заряд в батарее;  $I(t)$  – ток в цепи батареи. Формально, SOC изменяется в пределах  $SOC \in [0, 1]$  или в процентах: 100% – полный заряд, 0% – полный разряд

- показатель глубина разряда (depth of discharge, DOD)  $DOD = 100\% - SOC$ ;

- напряжение холостого хода (open circuit voltage, OCV)  $U_{ocv}$  – напряжение на клеммах батареи при отсутствии подключенной нагрузки  $I = 0$ ;

- состояние годности батареи (state of health, SOH) – качественный показатель, характеризующий текущую степень деградации емкости батареи. Данный параметр, в отличие от SOC, не имеет общепринятого метода расчета. Зачастую он является интегральным и определяется через ряд эксплуатационных параметров (количество циклов заряда/разряда, импеданс, саморазряд и т.д.), которые учитываются при использовании весовых коэффициентов.

- токи заряда  $I_{зар}$  и разряда  $I_{разр}$  аккумулятора. Ток зарядки обычно измеряют в единицах C, где C – численное значение емкости аккумулятора. Например, ток 2 А, используемый для заряда аккумулятора номинальной емкостью  $C=10$  А·ч может быть выражен как  $0,2C$ . Не рекомендуется заряжать аккумуляторы высоким током, т.к. это существенно снижает эксплуатационные характеристики батареи.

Отметим, что общепринятый метод обозначения тока некорректен с точки зрения размерности физической величины, так как кратность емкости батареи будет выражаться в ампер-часах, а не в амперах, как требуется для размерности токов. Для исправления такого несоответствия в [12] был использован метод, который устанавливает, что ток, рекомендуемый для испытаний,  $I_n$  выражается согласно формуле:  $I_n = C_{ном}/t_n$ , где  $I_n$  – рекомендуемый ток (ток  $n$ -часового разряда), А;  $C_{ном}$  – номинальная емкость, установленная изготовителем, А·ч;  $t_n$  – продолжительность разряда в часах. Рекомендуемые значения токов разряда зависят от типа аккумуляторной батареи. Например, для никель-металлгидридных АБ (Ni-MH) оптимальным считается ток разряда равный  $I_{разр} = (0,2 \div 0,5)I_5$ . Хотя высокие токи разряда допустимы (до  $I_{разр} = 5 \cdot I_5$ ), однако длительная эксплуатация в таких режимах значительно снижают срок службы батарей.

#### Экономические модели использования СВЭУ

Финансовые затраты соответствуют всем эксплуатационным расходам микро-энергетической системы. В нашем случае они складываются из стоимости покупки/продажи электроэнергии в сети и стоимости замены устаревших батарей. Старение батарей учтено в процессе оптимизирования через вычисление SOH [13].

В дневные и вечерние часы суток, когда потребление электроэнергии превышает среднее, спрос на энергию нагрузку может быть больше ее производства. В ночные часы потребление электроэнергии значительно ниже среднесуточных показателей. Поэтому сегодня все большей популярностью пользуются дифференцированные тарифы электроснабжения, в которых стоимость электрической энергии в разное время суток различается. На рис. 2 сплошными линиями представлен пример суточного дифференцирования цен на покупку/продажу одного киловатт-часа электроэнергии (в соответствии с тарифами в ряде стран [14]). Здесь же штриховыми линиями представлена ориентировочная себестоимость производства одного ки-

ловатт-час электроэнергии с помощью солнечных панелей (в утренние и дневные часы), либо ветро-генераторов (в вечернее и ночное время).

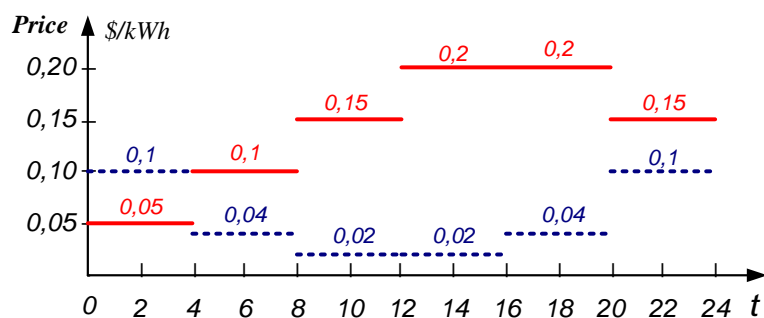


Рис. 2. Пример дифференцированных цен на электроэнергию в течении суток

Традиционно, управление потоками энергии осуществляется в соответствии с набором правил, основанных на эвристических знаниях [15]. В частности, определенная политика правил была введена, например, законом Германии о возобновляемых источниках энергии (EEG 2012), чтобы избежать перегрузки государственной электрической сети [16]. Алгоритм управления запросами потребителей на основе правил предусматривает перенос использования энергии во время солнечной активности при минимальных затратах на генерацию энергии. В [17] предложено управление батареей с заданным циклом: зарядка в период небольших цен на электроэнергию и разрядка в период пиковых цен, если это возможно.

Более эффективный подход к управлению работой системы с СВЭУ базируется на оптимизации зарядно-разрядных циклов накопителя энергии. Публикации по результатам проведенных в этом направлении исследований отличаются выбором целевой функции для задачи оптимизации, перечнем учитываемых ограничивающих факторов и используемыми методами математического программирования [18, 19].

Наиболее широко используемыми методами оптимизации работы СВЭУ являются линейное программирование (ЛП), квадратичное программирование (КП) и динамическое программирование (ДП). Основной целью данной работы [20] [21] с использованием процедур ЛП является поиск графика расхода электроэнергии, минимизирующего энергозатраты владельца системы за исследуемый период. Однако главным ограничением применения данного метода является наличие линейного характера целевой и ограничивающих функций, что не всегда соответствует математическому описанию реальных элементов СВЭУ.

Примером использования метода квадратичного программирования является работа [22], в которой максимизируются ежедневные оперативные сбережения потребителей энергии солнечных батарей. При этом метод КП требует, чтобы целевая функция была выпуклой (или вогнутой) и работает только с непрерывными переменными в небольшом количестве, что обычно подразумевает упрощение задачи.

Преимущество метода ДП заключается в том, что целевая и ограничивающая функция могут быть любого вида. Поскольку метод работает с дискретными или последовательными задачами, то эволюция исследуемого объекта должна быть разложена на несколько этапов (шагов). Аналогичный подход был использован в [23] для моделирования износа и технического обслуживания ветровых турбин. Слабостью данной методики является ее высокая потребность в памяти при длительном и дискретизированном периоде с малым временным шагом. В работе [24] представлены прогностические стратегии управления зарядом стационарных фотоэлектрических аккумуляторных систем, основанные на методе ДП. При этом максимальное потребление энергии от солнечных панелей может быть не лучшим способом управления батарейным блоком, так как при этом теряется больше энергии.

#### Постановка задачи оптимизации работы накопителя энергии

Оптимизация зарядно-разрядного цикла работы накопителя энергии – важная не только техническая, но и экономическая проблема. Критериями оптимальности являются, как правило, либо прибыль от продажи энергии (в процессе разряда НЭ), либо суммарные затраты на эксплуатацию технического объекта в течении планируемого периода (задача минимизации).

Так как энергия, полученная с помощью СВЭУ и накопленная в аккумуляторе, является продуктом продажи, то состояние НЭ косвенно отражает экономический показатель исследуемой системы. Значение со-

стояния НЭ к концу  $n$ -го временного периода  $W_n(\{S_l\})$  определяется стоимостью накопленной энергии по тарифу для соответствующего времени.

Уравнение состояния накопителя энергии с  $l$ -м уровнем заряда ( $SOC$ ) для каждого  $k$ -го шага имеет вид:

$$W_k(\{S_l\}) = \max_u [f_k(u\{c_c, c_m, p_s\}) + W_{k+1}(\{S_l\})], \quad (1)$$

где  $S_l$  – сокращенное обозначение  $l$ -го дискретного значения показателя степени заряженности батареи  $SOC(l)$ ;  $W_k(\{S_l\})$  – показатель эффективности  $l$ -го состояния НЭ в начале  $k$ -го шага;  $f_k(u\{c_c, c_m, p_s\})$  – функция стоимости принимаемого решения  $u$  на  $k$ -м шаге;  $C_c$  – затраты на заряд НЭ (*the cost charge*);  $C_m$  – затраты на поддержание состояния  $SOC$  (*the cost of maintenance*) при компенсации саморазряда НЭ;  $P_s$  – прибыль от продажи электроэнергии (*the profits from the sale*). При этом величины  $C_c$  и  $C_m$  имеют отрицательные значения, а величина  $P_s$  – положительное значение.

Целевая функция формируется как критерий максимизации прибыли от продажи накопленной электроэнергии в течении заданного числа временных шагов за вычетом затрат на генерацию энергии:

$$F = \sum_{k=1}^n [f_k^*(u^*\{c_c, c_m, p_s\}) + W_{n+1}(\{S_l\})] \rightarrow \max_u \quad (2)$$

при ограничениях

$$SOC_{\min}(t) \leq S_l \leq SOC_{\max}(t); \quad (3)$$

$$SOC_{\max}(t) \leq SOH(t); \quad (4)$$

$$SOC_{\min}(t) = S_{\min}(k) \geq [S(k-1, l) - P_{load}(k) \cdot \Delta t / U]. \quad (5)$$

Ограничения в решаемой оптимизационной задаче носят технический характер. В частности, ограничение (3) определяет диапазон изменения показателя  $SOC$  с учетом минимальной и максимальной емкости батареи соответственно при ее разряде и заряде. Ограничение (4) учитывает текущую (на момент времени  $t$ ) деградацию аккумулятора. Ограничение (5) устанавливает минимальный уровень снижения степени заряженности батареи на  $k$ -м шаге с учетом значений  $SOC$  на предыдущем шаге  $S(k-1, l)$  и мощности потребления энергии нагрузкой  $P_{load} = U \cdot I_{раз} = U \cdot \Delta SOC / \Delta t$ , где  $U$  – напряжение на клеммах аккумулятора;  $\Delta SOC = S(k-1, l) - S_{\min}(k)$ ;  $\Delta t$  – время разряда батареи на значение  $\Delta SOC$ .

### Результаты

#### Пример оптимизации работы НЭ в составе СВЭУ методом динамического программирования

В таблице 1 представлены пересчитанные для четырехчасовых интервалов значения финансовых затрат при генерации накопленной в аккумуляторах электроэнергии и прибыли от ее продажи по установленным тарифам (в режиме разряда аккумулятора). Затраты на поддержание уровня заряда при фиксированном состоянии НЭ в течении 4 часов составляют 0,01\$.

Таблица 1

Значения финансовых затрат на генерацию и прибыли от продажи 4 киловатт электроэнергии в различные временные интервалы в течении суток

Вид управления	Значения эффективности работы НЭ в различный период времени суток, (\$/kWh)·4					
	00-04 ч.	04-08 ч.	08-12 ч.	12-16 ч.	16-20 ч.	20-24 ч.
Затраты на заряд НЭ	-0,4	-0,16	-0,08	-0,08	-0,16	-0,4
Прибыль от продажи энергии	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,6

Дадим геометрическое решение данной задачи. Элементами графовой модели являются окружности, которые представляют возможные состояния НЭ, и стрелки (дуги) – направления переходов при смене состояний: вверх – заряд НЭ; прямо – поддержание уровня заряда; вниз – разряд НЭ (см. рис. 3).

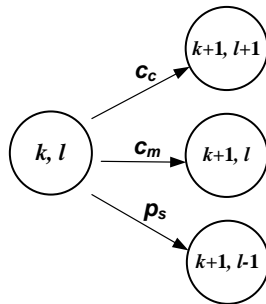


Рис. 3. Элементы графовой модели

На рис. 4 представлена исходная графовая модель для расчета оптимальных управлений на первый день эксплуатации НЭ. По оси абсцисс, которая является временной осью  $0-t$ , откладываем шаги с номер  $k=1, 2, \dots$ , соответствующие 4-часовым интервалам. Ось ординат отражает значения показателя  $SOC$ . По соображениям безопасности, старения и производительности типичная система батарей работает в ограниченном диапазоне  $SOC$ , например, 15–90 % [24]. С учетом выбранной градации изменения состояния НЭ за 4-х часовой интервал  $\Delta SOC = 0,15 \cdot SOC_{max}^N$ , каждое дискретное значение  $S_i = 0,15; 0,3; \dots; 0,9$  имеет соответствующую нумерацию  $l=1, 2, \dots, 6$ .

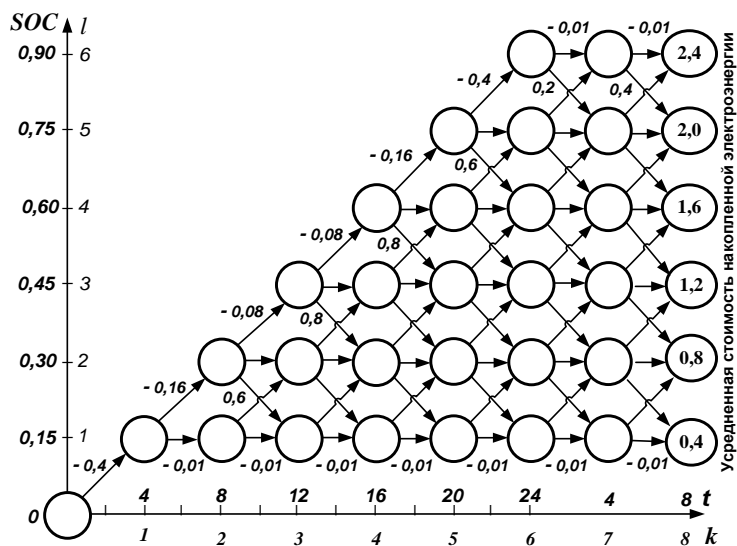


Рис. 4. Исходный граф возможных состояний накопителя энергии на первые сутки эксплуатации при номинальных токах заряда и разряда

На рис.4 представлены случаи переходов из текущих состояний НЭ только на соседние уровни, что соответствует использованию номинальных значений токов заряда и разряда  $I_{зар} = I_{разр} = 0,15 \cdot I_4$ . В начале координат исходное состояние соответствует полностью разряженному аккумулятору. К окончанию восьмого шага (32-часового периода планирования) фиксируется усредненная стоимость накопленной энергии по тарифам для текущего времени  $t=8$  ч. в соответствии со значениями таблицы 1.

При использовании динамического программирования процесс оптимизации состоит из двух этапов. На первом этапе, так называемом «обратной прогонки», выбирается условное (по возможному состоянию  $S_l$ ) оптимальное управление  $u_k^*(l)$  для каждого шага  $k$ , начиная с последнего в соответствии с выражением (1). Промежуточные расчеты функций  $W_k(\{S_l\})$  и условных оптимальных управлений  $u_k^*(l)$  представлены в табл. 2–5.



Таблица 2

Выбор условного оптимального управления на  $n$ -м и  $(n-1)$ -м шагах

Состояния НЭ $S_l$	$W_n(\{s_l\}) = f_n(u) + W_{n+1}(s_l)$			$u^*$ на $n$ -м шаге	Состояния НЭ $S_l$	$W_{n-1}(\{s_l\}) = f_{n-1}(u) + W_n(s_l)$			$u^*$ на $(n-1)$ -м шаге
	$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$			$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$	
1	-	0,39	0,64	$u(c_c)$	1	-	0,63	0,64	$u(c_c)$
2	0,8	0,64	1,04	$u(c_c)$	2	0,84	1,03	1,04	$u(c_c)$
3	1,2	1,04	1,44	$u(c_c)$	3	1,24	1,34	1,44	$u(c_c)$
4	1,6	1,44	1,84	$u(c_c)$	4	1,64	1,83	1,84	$u(c_c)$
5	2,0	1,84	2,24	$u(c_c)$	5	2,04	2,23	2,0	$u(c_m)$
6	2,4	2,39	-	$u(p_s)$	6	2,44	2,39	-	$u(p_s)$

Таблица 3

Выбор условного оптимального управления на 6-м и 5-м шагах

Состояния НЭ $S_l$	$W_6(\{s_l\}) = f_6(u) + W_7(s_l)$			$u^*$ на 6 шаге	Состояния НЭ $S_l$	$W_5(\{s_l\}) = f_5(u) + W_6(s_l)$			$u^*$ на 5 шаге
	$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$			$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$	
1	-	0,63	0,64	$u(c_c)$	1	-	0,63	1,08	$u(c_c)$
2	1,24	1,03	1,04	$u(p_s)$	2	1,44	1,23	1,48	$u(c_c)$
3	1,64	1,43	1,44	$u(p_s)$	3	2,04	1,63	1,88	$u(p_s)$
4	2,04	1,83	1,83	$u(p_s)$	4	2,44	2,03	2,28	$u(p_s)$
5	2,44	2,22	2,04	$u(p_s)$					

Таблица 4

Выбор условного оптимального управления на 4-м и 3-м шагах

Состояния НЭ $S_l$	$W_4(\{s_l\}) = f_4(u) + W_5(s_l)$			$u^*$ на 4 шаге	Состояния НЭ $S_l$	$W_3(\{s_l\}) = f_3(u) + W_4(s_l)$			$u^*$ на 3 шаге
	$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$			$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$	
1	-	1,07	1,40	$u(c_c)$	1	-	1,39	1,88	$u(c_c)$
2	1,88	1,47	1,96	$u(c_c)$	2	1,46	1,95	2,28	$u(c_c)$
3	2,28	2,03	2,36	$u(c_c)$					

Таблица 5

Выбор условного оптимального управления на 2-м и 1-м шагах

Состояния НЭ $s_l$	$W_2(\{s_l\}) = f_2(u) + W_3(s_l)$			$u^*$ на 2 шаге	Состояния НЭ $s_l$	$W_1(\{s_l\}) = f_1(u) + W_2(s_l)$			$u^*$ на 1 шаге
	$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$			$u(p_s)$	$u(c_m)$	$u(c_c)$	
1	-	1,87	2,12	$u(c_c)$	1	-	-	1,72	$u(c_c)$

На втором этапе, названным «прямой прогонкой», производится безусловная оптимизация управлений с первого шага до последнего. График данных управлений представлен на рисунке 5 сплошными линиями. Из данного рисунка видно, что в интервале от 0 до 16 часов происходит заряд НЭ, а в промежутке от 16 до 24 часов – разряд НЭ и продажа электроэнергии по установленным тарифам, затем с 24 до 8 часов – снова заряд НЭ. Получаемая прибыль от продажи 1 кВт·ч энергии (с учетом затрат на ее производство) при оптимальном графике работы накопителя равна 1,72 \$, что и отражено в узле начального состояния.

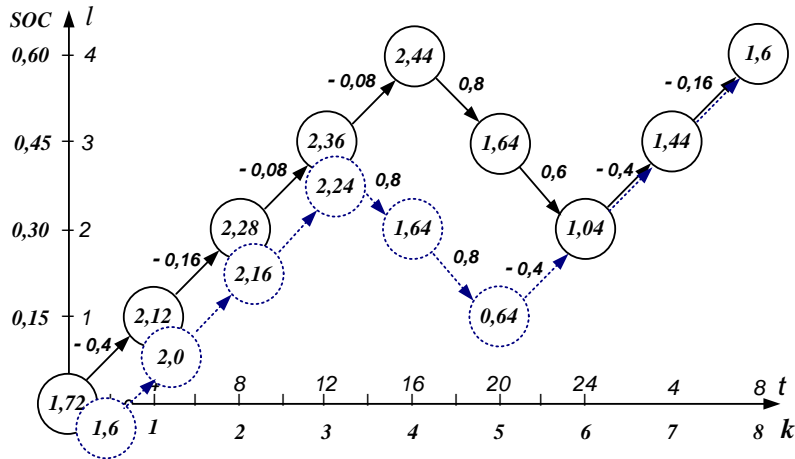


Рис. 5. Графики управления в первый день работы НЭ при оптимизированном алгоритме (сплошные линии) и по установленным правилам (штриховые линии)

Если выбирать управление по установленным (например, в [16, 17]) правилам, то продажа электроэнергии по максимальному тарифу должна осуществляться с 12 до 20 часов. Однако в этом случае алгоритм по правилам, представленный штриховыми линиями на рис. 5, обеспечит прибыль в 1,6 \$ за киловатт-час электроэнергии, что значительно меньше, чем при оптимальном управлении.

График возможных состояний накопителя энергии на вторые сутки представлен на рис. 6. Исходное состояние, как результат предыдущего оптимального планирования, соответствует  $SOC = 60\%$  ( $l = 4$ ). При этом выполняются те же требования к токам заряда и разряда  $I_{зар} = I_{разр} = 0,15 \cdot I_4$ , ограничивающие пошаговый переход состояний НЭ не более, чем на один уровень.

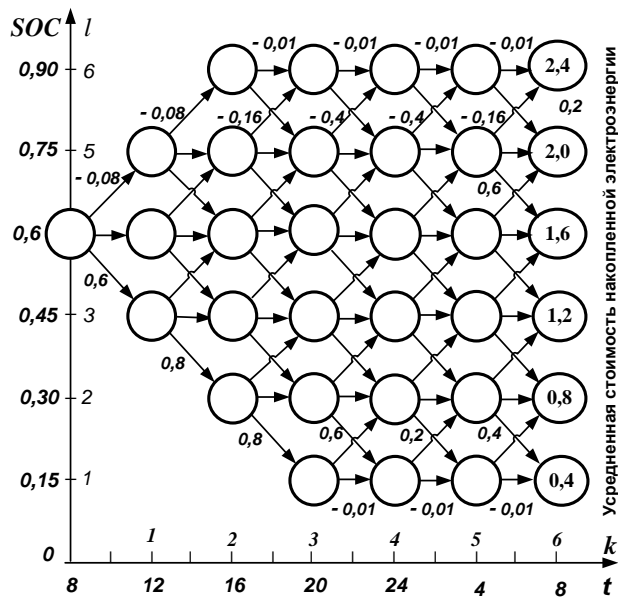


Рис. 6. Исходный граф возможных состояний накопителя энергии на вторые сутки эксплуатации при номинальных токах заряда и разряд

Используя метод ДП, получен график оптимального управления работой НЭ в течении вторых суток планирования, представленный на рис. 7 сплошными линиями. Прибыль от выработки и продажи 1 кВт·ч электроэнергии составляет 3,16 \$.

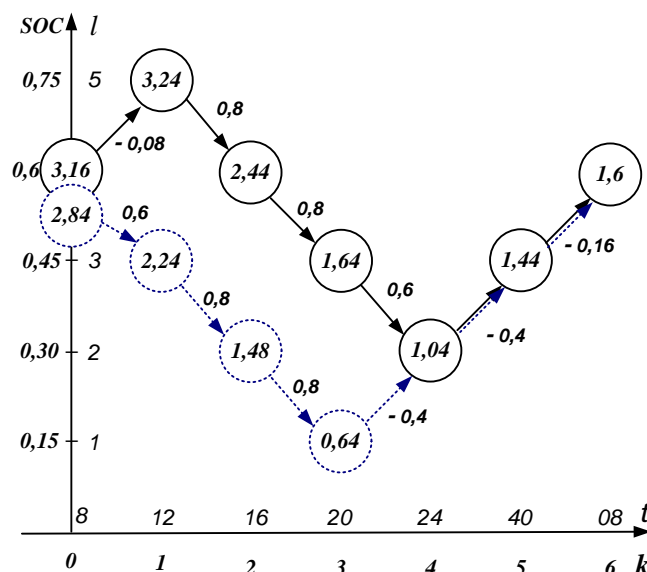


Рис. 7. Графики управления во второй день работы НЭ при оптимизированном алгоритме (сплошные линии) и по установленным правилам (штриховые линии)

Здесь же штриховыми линиями представлен график управления по существующим правилам, в соответствии с которыми разряд НЭ осуществляется с 8 до 20 часов, т.е. в период максимальной разницы между ценой продажи и себестоимостью производства энергии. Но при этом прибыль от продажи 1 кВт·ч электроэнергии всего лишь 2,84 \$, что гораздо меньше чем при использовании оптимизированного графика работы НЭ, в соответствии с которым разряд аккумулятора и продажа энергии осуществлялся с 12 до 24 часов.

### Заключение

1. Учитывая нестабильность погодных условий, как основных факторов возобновляемых источников энергии, аккумулятор является одним из основных элементов современных систем с солнечно-ветровыми энергетическими установками. Совершенствование СВЭУ сводится к оптимизации зарядно-разрядного цикла аккумулятора, технически реализуемой с помощью подсистемы управления BMS.

2. Из известных методов оптимизации более предпочтительным является метод динамического программирования. Постановка задачи методом ДП состоит из целевой функции, максимизирующей суточную прибыль от продажи электроэнергии потребителям, и ограничивающих неравенств для технических показателей зарядно-разрядного цикла аккумулятора.

3. Приведенный пример по оптимизации работы СВЭУ с учетом дифференцированных тарифов на электроэнергию и себестоимости производства энергии показал преимущества планирования зарядно-разрядных циклов аккумулятора методом ДП по сравнению с традиционными директивными правилами накопления и продажи энергии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин Н. Д., Манченко Е. А Системный анализ и алгоритмы расчета комбинированных солнечно-ветровых установок // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 100-108.
2. Шишкин Н. Д. Комплексная оценка эффективности энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2014. № 2 (58). С. 59-66.
3. Гринько Д. В. Разработка математической модели общей стоимости комбинированной установки на основе возобновляемых источников энергии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С.52-55.
4. Усков А. Е. Определение оптимальной группы потребителей для электроснабжения с использованием ветро-солнечных электростанций // Вестник Донского государственного технического университета. 018. № 1. С.118-123.
5. Kanchev H., Lu D., Colas F., Lazarov V., Francois B. Energy Management and Operational Planning of a Microgrid With a PV-Based Active Generator for Smart Grid Applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2011, Volume: No.10, P.4583-4592. DOI: 10.1109/TIE.2011.2119451.

6. Mohammadi S, Mozafari B, Solimani S. Optimal operation management of microgrids using the point estimate method and firefly algorithm while considering uncertainty. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 2014; 22: P.735-753. doi:10.3906/elk-1207-131.
7. Riffonneau Y, Bacha S, Barruel F, Ploix S. Optimal power flow management for grid connected PV systems with batteries. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2011; Volume: 2, Issue: 3, P.309-320. DOI: 10.1109/TSTE.2011.2114901.
8. Kaabeche A., Belhamel M., Ibtouen R. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/ wind power generation system. *Energy*, 2011, vol.36, pp. 1214–1222. DOI: 10.1016/j.energy.2010.11.024.
9. Pistoia G. (ed.). *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. Newnes, 2014. 634 p.
10. Robert Foster, MajidGhassemi, Alma Cota. *Solarenergy: RenewableEnergyandtheEnvironment*. CRCPress, Taylor&FrancisGroup, 2010. 382 p.
11. Козюков Д. А., Цыганков Б.К. Контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей солнечных фотоэлектрических установок // *Инновационная наука*. 2015. № 8. С. 41-44.
12. Чупин Д. П. Исследование методов диагностики аккумуляторных батарей // *Омский научный вестник*. № 1 (117). 2013. С. 253-257.
13. T. L. Lee and P. T. Cheng, "Design of a new cooperative harmonic filtering strategy for distributed generation interface converters in an islanding network," *IEEE Trans. Power. Electron*, vol. 22, pp. 1919–1927, Sep. 2007.
14. J.K. Gruber, F. Huerta, P. Matatagui, M. Prodanovic. Advanced building energy management based on a two-stage receding horizon optimization. *AppliedEnergy*, 2015, Volume160, p.194-205.doi: 10.1016/j.apenergy.2015.09.049.
15. WangC., NehrirM. H. Powermanagementofastand-alonewind/ photovoltaic/fuelcellenergysystem, *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2008, vol. 23, no. 3, pp. 957–967. DOI: 10.1109/TEC.2007.914200.
16. Li J., Danzer M.A. Optimal chargecontrol strategies for stationary photo voltaicbattery systems, *Journal of Power Sources*.2014, Volume 258, p.365-373. doi:10.1016/j.jpowsour.2014.02.066.
17. Purvins A., Sumner M. Optimal management of stationary lithium-ion battery system in electricity distribution grids, *Journal of Power Sources*,2013, Volume 242, P.742-755. doi:10.1016/j.jpowsour.2013.05.097.
18. Ranaweeral, MidtardOM. Optimization of operational cost for a grid-supporting PV system with battery storage. *Renewable Energy*. 2016; 88: 262-272. doi.org/10.1016/j.renene.2015.11.044.
19. Kaabeche A., Belhamel M., Ibtouen R. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/ wind power generation system. *Energy*, 2011, vol.36, pp. 1214–1222. DOI: 10.1016/j.energy.2010.11.024.
20. Lu B., Shahidehpour M. Short term scheduling of battery in a grid connected PV/battery system. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2005, vol. 20, no. 2, pp. 1053–1061. DOI: 10.1109/TPWRS.2005.846060.
21. Nottrott A., Kleissl J., Washom B. Energy dispatch schedule optimization and cost benefit analysis forgrid-connected, photovoltaic-battery storage systems, *Renewable Energy*. 2013, vol.55, p. 230-240. DOI:10.1016/j.renene.2012.12.036.
22. Ratnam E.L., Weller S.R., Kellett C.M. An optimization-based approach to scheduling residential battery storage with solar pv: assessing customer benefit, *Renewable Energy* .2015, vol.75, p.123-134. Doi:10.1016/j.renene.2014.09.008.
23. F. Besnard and L. Bertling, "An approach for condition-based maintenance optimization applied to wind turbine blades," *IEEE Trans. SustainableEnergy*, vol. 1, no. 2, pp. 77–83, Jul. 2010.
24. Li J., Danzer M.A. Optimal charge control strategies for stationary photovoltaic battery systems, *Journal of Power Sources*.2014, Volume 258, p.365-373. doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.02.066.

## REFERENCES

1. Shishkin N. D., Manchenko E. A. Sistemnyi analiz i algoritmy rascheta kombinirovannykh solnechno-ventrovyykh ustanovok // *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2013. № 1. S. 100-108.
2. Shishkin N. D. Kompleksnaya otsenka effektivnosti energoustanovok s ispol'zovaniem vozobnovlyaemykh istochnikov energii // *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2014. № 2 (58). S.59-66.
3. Grin'ko D. V. Razrabotka matematicheskoi modeli obshchei stoimosti kombinirovannoi ustanovki na osnove vozobnovlyaemykh istochnikov energii // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 3. S.52-55.
4. Uskov A. E. Opredelenie optimal'noi gruppy potrebiteli dlya elektrosnabzheniya s ispol'zovaniem vetro-solnechnyykh elektrostantsii // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018. № 1. S.118-123.
5. Kanchev H., Lu D., Colas F., Lazarov V., FrancoisB. Energy Management and Operational Planning of a Microgrid With a PV-Based Active Generator for Smart Grid Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2011, Volume: No.10, P.4583–4592. DOI: 10.1109/TIE.2011.2119451.
6. Mohammadi S, Mozafari B, Solimani S. Optimal operation management of microgrids using the point estimate method and firefly algorithm while considering uncertainty. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 2014; 22: P.735-753. oi:10.3906/elk-1207-131.

7. Riffonneau Y, Bacha S, Barruel F, Ploix S. Optimal power flow management for grid connected PV systems with batteries. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2011; Volume: 2, Issue: 3, P.309-320. DOI: 10.1109/TSTE.2011.2114901.
8. Kaabeche A., Belhamel M., Ibtouen R. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/ wind power generation system. *Energy*, 2011, vol.36, pp. 1214–1222. DOI: 10.1016/j.energy.2010.11.024.
9. Pistoia G. (ed.). *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. Newnes, 2014. 634 p.
10. Robert Foster, MajidGhassemi, Alma Cota. *Solarenergy: RenewableEnergyandtheEnvironment*. CRCPress, Taylor&FrancisGroup, 2010. 382p.
11. Kozyukov D. A., Tsygankov B. K. *Kontrollery zaryada-razryada akkumulyatornykh batarei solnechnykh fotoelektricheskikh ustanovok // Innovatsionnaya nauka*. 2015. № 8. S. 41-44.
12. Chupin D. P. *Issledovanie metodov diagnostiki akkumulyatornykh batarei // Omskii nauchnyi vestnik*. № 1 (117). 2013. S. 253-257.
13. T. L. Lee and P. T. Cheng, "Design of a new cooperative harmonic filtering strategy for distributed generation interface converters in an islanding network," *IEEE Trans. Power. Electron*, vol. 22, pp. 1919–1927, Sep. 2007.
14. J. K. Gruber, F. Huerta, P. Matatagui, M. Prodanovic. *Advanced building energy management based on a two-stage receding horizon optimization*. *AppliedEnergy*, 2015, Volume160, p.194-205.doi: 10.1016/j.apenergy.2015.09.049.
15. WangC., NehrirM. H. *Powermanagementofastand-alonewind/ photovoltaic/fuelcellenergysystem*, *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2008, vol. 23, no. 3, pp. 957–967. DOI: 10.1109/TEC.2007.914200.
16. Li J., Danzer M.A. *Optimal chargecontrol strategies for stationary photo voltaicbattery systems*, *Journal of Power Sources*.2014, Volume 258, p.365-373. doi:10.1016/j.jpowsour.2014.02.066.
17. Purvins A., Sumner M. *Optimal management of stationary lithium-ion battery system in electricity distribution grids*, *Journal of Power Sources*,2013, Volume 242, P.742-755. doi:10.1016/j.jpowsour.2013.05.097.
18. Ranaweera I, Midtard O. M. *Optimization of operational cost for a grid-supporting PV system with battery storage*. *Renewable Energy*. 2016; 88: 262-272. doi.org/10.1016/j.renene.2015.11.044.
19. Kaabeche A., Belhamel M., Ibtouen R. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/ wind power generation system. *Energy*, 2011, vol.36, pp. 1214–1222. DOI: 10.1016/j.energy.2010.11.024.
20. Lu B., Shahidehpour M. *Short term scheduling of battery in a grid connected PV/battery system*. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2005, vol. 20, no. 2, pp. 1053–1061. DOI: 10.1109/TPWRS.2005.846060.
21. Nottrott A., Kleissl J., Washom B. *Energy dispatch schedule optimization and cost benefit analysis forgrid-connected, photovoltaic-battery storage systems*, *Renewable Energy*. 2013, vol.55, p. 230-240. DOI:10.1016/j.renene.2012.12.036.
22. Ratnam E. L., Weller S. R., Kellett C. M. *An optimization-based approach to scheduling residential battery storage with solar pv: assessing customer benefit*, *Renewable Energy* .2015, vol.75, p.123-134. Doi:10.1016/j.renene.2014.09.008.
23. F. Besnard and L. Bertling, "An approach for condition-based maintenance optimization applied to wind turbine blades," *IEEE Trans. SustainableEnergy*, vol. 1, no. 2, pp. 77–83, Jul. 2010.
24. Li J., Danzer M.A. *Optimal charge control strategies for stationary photovoltaic battery systems*, *Journal of Power Sources*.2014, Volume 258, p.365-373. doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.02.066.

#### ОБ АВТОРАХ

**Федоренко Владимир Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и математического моделирования, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, fovin@mail.ru  
 Fedorenko Vladimir Vasil`evich, Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Applied Mathematics and Mathematical Modeling, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Pushkina str. 1, fovin@mail.ru

**Самойленко Владимир Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства нефтяных и газовых скважин, Институт нефти и газа, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, vvs\_stv@mail.ru  
 Samoylenko Vladimir Valer`evich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Construction of Oil and Gas Wells, Institute of Oil and Gas, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Pushkina str. 1, vvs\_stv@mail.ru

**Азаб Вахиб Салех Али**, аспирант кафедры прикладной математики и математического моделирования, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, azabws@mail.ru

AzabVahibSaleh Ali, PhD Student of Department of Applied Mathematics and Mathematical Modeling, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Pushkina str. 1, azabws@mail.ru

**Самойленко Ирина Владимировна**, магистрант кафедры прикладной математики и математического моделирования, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, stvirishka@mail.ru

Samoylenko Irina Vladimirovna, Master's Degree Student of Department of Applied Mathematics and Mathematical Modeling, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Pushkina str. 1, stvirishka@mail.ru

Дата поступления в редакцию 10.02.2019

УДК 519.876.5  
DOI 10.33236/2307-  
910X-2019-25-1-91-99

М. М. Мардоян [M. M. Mardoyan]<sup>1</sup>  
Г. Л. Бондарева [G. L. Bondareva]<sup>2</sup>  
Е. С. Левицкий [E. S. Levitskiy]<sup>2</sup>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭССЕНТУКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД**

THE USE OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS IN THE OPERATION  
OF ESSENTUKI MINERAL WATER FIELD

<sup>1</sup> ФГБАУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал)  
СКФУ в г. Пятигорск, Россия, г. Пятигорск, e-mail: micam@yandex.ru.

<sup>2</sup>АО «Кавминкурортресурсы, г. Кисловодск, Россия, e-mail: bondarevagl@kavminkr.ru

**Аннотация.** В статье описывается Эссентукское месторождение, указаны существующие проблемы эксплуатации скважин, указывается необходимость в математическом моделировании при определении рациональных режимов эксплуатационных скважин.

**Методы и результаты.** Приведены графики режимных наблюдений, показывающие зависимость изменения гидродинамических и гидрохимических показателей эксплуатационных скважин в зависимости от объема дебита минеральной воды. Представлен гидрогеологический разрез участка, составлена математическая модель, приведены физические характеристики.

**Заключение.** Получена математическая модель участка месторождения, позволяющая разработать распределенный регулятор, обеспечивающий эксплуатацию участков в соответствии с заданными показателями.

**Ключевые слова:** минеральные воды, эссентукское месторождение, гидродинамика, математическая модель, многопластовая система, водоносный горизонт, закон Дарси, гидродинамический процесс.

*Abstract. The article describes the Essentuki Deposit, given the existing problems in the operation of wells, indicated the need for mathematical modeling in the determination of rational modes of production wells.*

*Methods and results. The graphs of regime observations showing the dependence of changes in hydrodynamic and hydrochemical parameters of production wells depending on the volume of mineral water flow rate are presented. The hydrogeological section of the site is presented, the mathematical model is made, the physical characteristics are given.*

*Conclusion. A mathematical model of the field site is presented, which allows to develop a distributed controller that ensures the operation of the site in accordance with the specified parameters.*

*Key words: mineral water, hydrolithosphere, Essentuki field, mathematical model, multilayer reservoirs system, aquifer, Darcy's law, hydrodynamic process.*

**Введение.** Регион Кавказских минеральных вод (КМВ), благодаря уникальным лечебным природным факторам, имеет статус особо охраняемого эколого-курортного региона РФ [7]. На его территории расположены многочисленные месторождения минеральных вод. Одним из таких месторождений является Эссентукское месторождение минеральных вод.

Эссентукское месторождение состоит из семи эксплуатационных участков, среди которых особо выделяется Центральный участок. Центральный участок является основным на Эссентукском месторождении, т.к. именно на его запасах минеральных вод был основан федеральный курорт Эссентуки.

На Центральном участке добываются всемирно известные лечебные и лечебно-столовые минеральные воды Эссентуки №17 и Эссентуки №4. Также на данном участке добывается минеральная вода Эссентуки № 1. Минеральные воды Эссентуки №4, №17 используются для подачи воды в питьевые галереи и для промышленного розлива, Эссентуки №1 используется для различных лечебных процедур.

**Материалы и методы.** Эссентукское месторождение минеральных вод приурочено к многопластовой водоносной системе, включающей в себя титонско-валанжинский, аптско-альбский, верхнемеловой и датско-зеландский (эльбурганский) продуктивные водоносные горизонты. Из скважин эльбурганского горизонта до-

бываются углекислые соляно-щелочные воды типа Эссентуки № 4 и Эссентуки № 17, из верхнемелового – углекисло-сероводородные слаботермальные воды, использующиеся под наименованием Эссентуки № 1.

Минеральная вода Эссентуки № 4 добывается из 7 скважин: скв. 33-бис, 34-бис, 39-бис, 41-бис, 56, 57-РЭ-бис и 418-бис. Эссентуки № 17 добывается из трех скважин: скв. 17-бис, 36-бис, 24-бис-1, Эссентуки №1 из двух: скв.1-Э и 2-Э. В настоящее время утверждены следующие суточные эксплуатационные запасы: Эссентуки №17 – 22 м<sup>3</sup>/сут, Эссентуки №4 – 39,5 м<sup>3</sup>/сут, Эссентуки №1 – 200 м<sup>3</sup>/сут.

Как видно из вышеприведенных данных, в настоящее время наиболее дефицитной является минеральная вода Эссентуки №17, которая очень востребована для питьевого лечения не только в регионе КМВ, но и за его пределами. Весь разрешенный суточный водоотбор расходуется на обеспечение питьевых галерей и для промышленного розлива. Промышленные предприятия готовы обеспечить розлив и реализацию большего количества воды. Однако на сегодняшний день невозможно увеличить отбор минеральной воды Эссентуки №17, так как простое увеличение дебита, без должного обоснования, приведет к ухудшению гидродинамических характеристик скважин (уровней, напоров) и гидрохимических показателей (минерализация, содержание растворенного диоксида углерода) [8]. Изменения гидродинамических и гидрохимических показателей в зависимости от величины отбора минеральной воды Эссентуки № 17 из добывающих скважин, основанные на данных режимных наблюдений по этим скважинам, приведены на рис. 1, 2, 3.

Графики режимных наблюдений за период 2013–2015 гг. скважины 17-бис приведены на рис. 1.

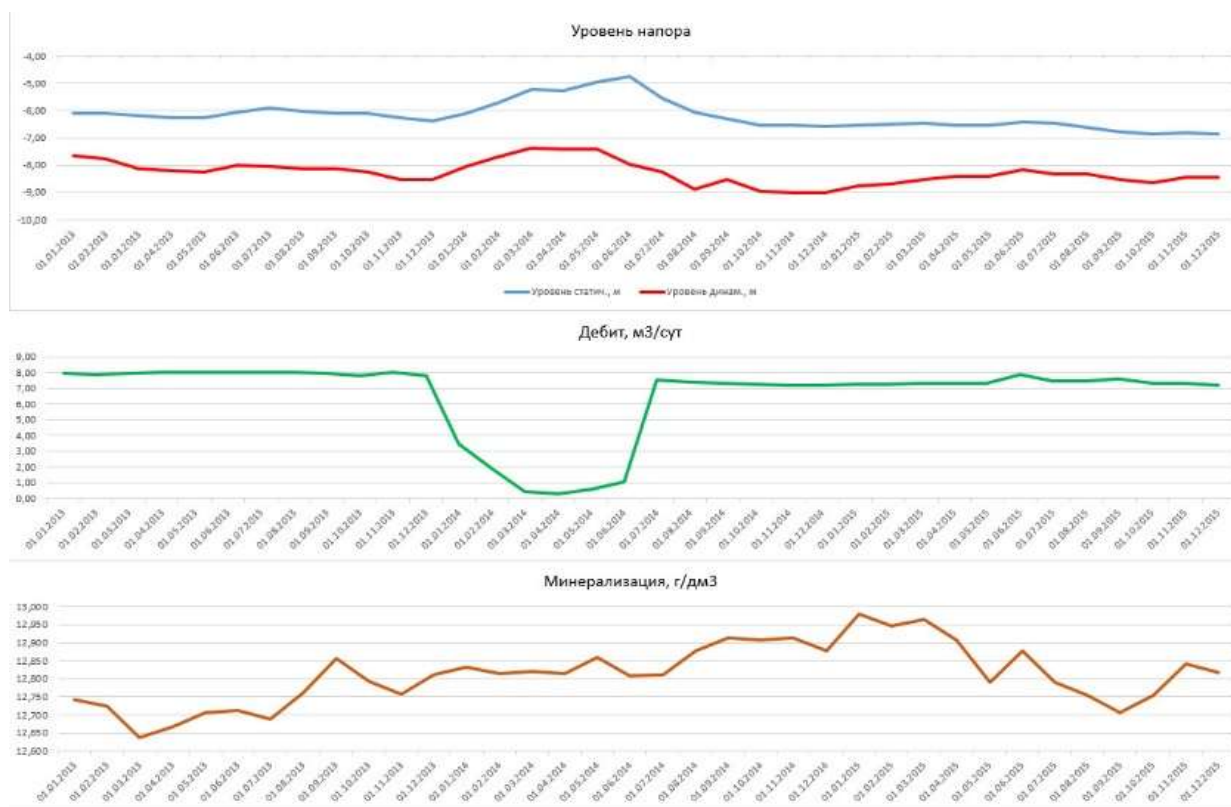


Рис. 1. Графики режимных наблюдений скважины 17-бис

Графики режимных наблюдений за период 2013–2015 гг. скважины 36-бис приведены на рис. 2.



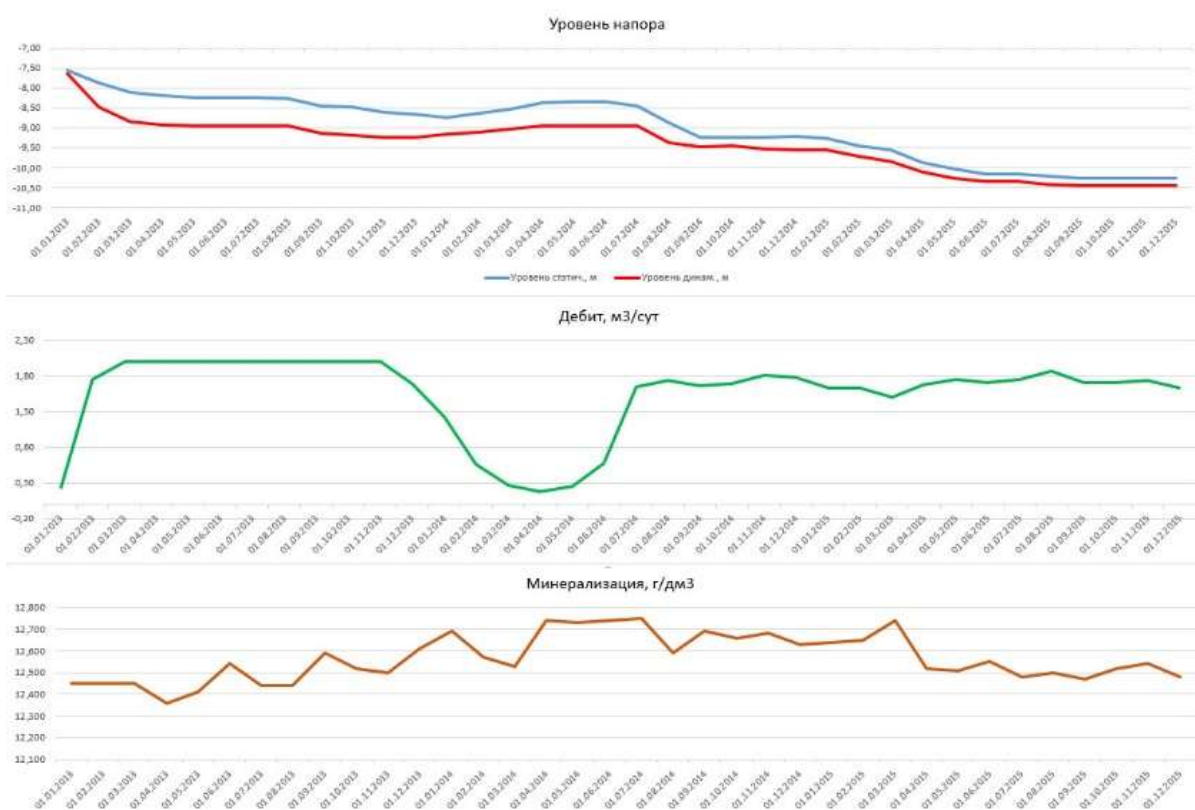


Рис. 2. Графики режимных наблюдений скважины 36-бис

Графики режимных наблюдений за период 2013–2015 гг. скважины 24-бис-1 приведены на рис. 3.

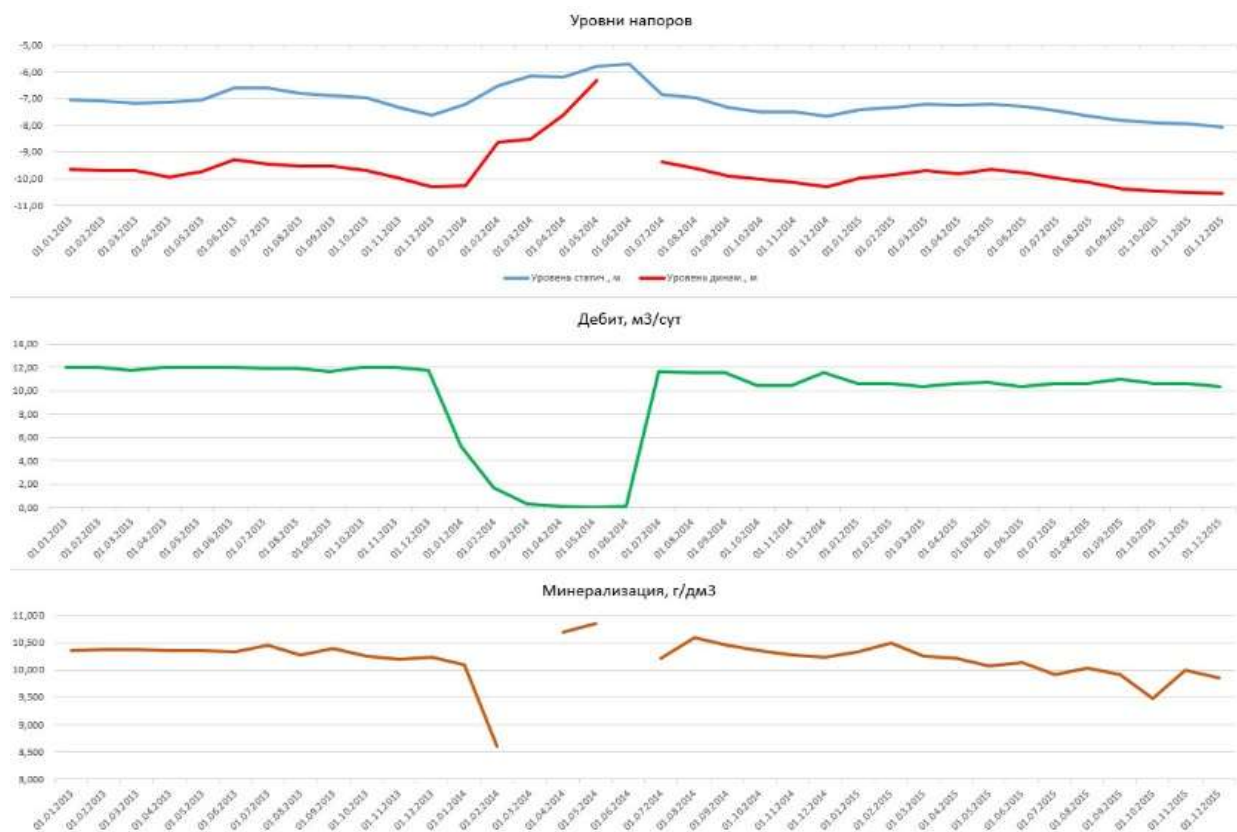


Рис. 3. Графики режимных наблюдений скважины 24-бис-1

**Результаты.** Из графиков режимных наблюдений видно, что объем водоотбора минеральной воды влияет на гидродинамические и гидрохимические показатели. Для определения возможных рациональных режимов эксплуатации добывающих скважин, одно из важнейших значений приобретает математическое обоснование. Одним из способов решения данной задачи, является математическое моделирование гидролитосферных процессов [3]. Целью математического моделирования является создание математической модели участка месторождения, которая позволит определить рациональные режимы эксплуатации скважин, при которых гидродинамические характеристики месторождения и гидрохимические показатели добываемой воды не выйдут за пределы необходимых установленных значений. Необходимо разработать распределенную систему управления дебитом минеральной воды на скважинах, которая посредством регулирования объемов водоотбора минеральной воды из скважин, будет обеспечивать необходимые заданные гидродинамические и гидрохимические показатели [3, 4].

Общая постановка задачи: проектирование распределенной системы управления Центральным участком. Первоначальной задачей при проектировании распределенной системы управления, является описание математической модели, определение ее граничных условий. Необходимо указать физические и геометрические данные, начальные условия. На рис.4. приведен гидрогеологический разрез Центрального участка.

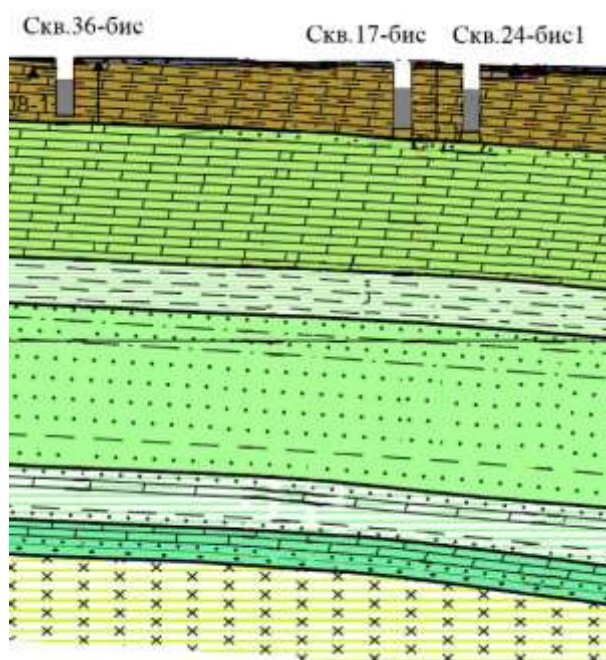


Рис. 4. Гидрогеологический разрез Центрального участка

Для описания математической модели, изобразим схему Центрального участка. Схема участка приведена на рис. 5.

При создании математической модели объекта состоящей из нескольких пластов, обычно применяется трехмерная фильтрация, соответствующая схеме Мятлева – Гиринского, согласно которой в хорошо проницаемых пластах учитывается только горизонтальная составляющая, а в слабопроницаемых — вертикальная и подчиняется закону Дарси [1].

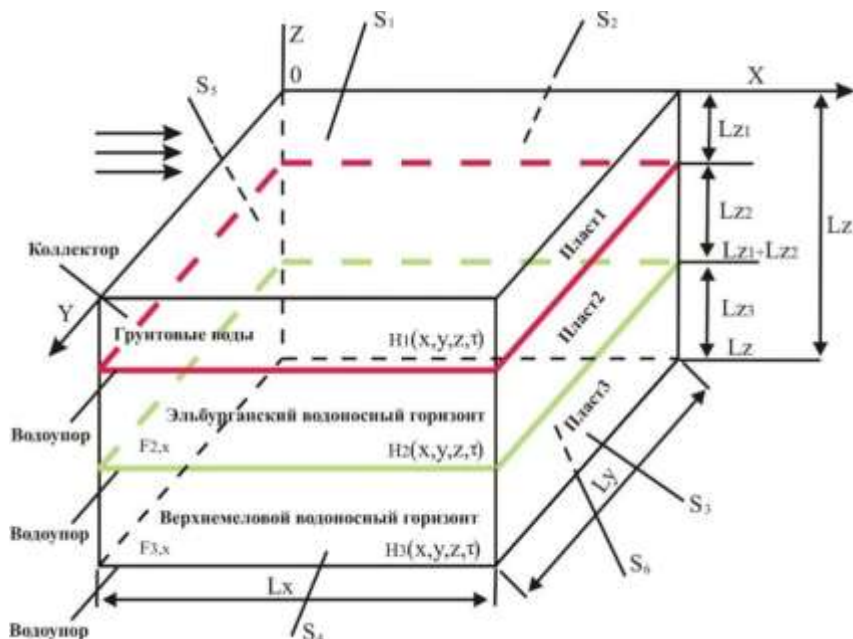


Рис. 5. Схема Центрального участка

Уравнение, описывающее гидродинамические процессы в I пласте (грунтовые воды), имеет следующий вид [4]:

$$\frac{\partial H_1(x, y, z_1, \tau)}{\partial \tau} = k_{1,x} \frac{\partial^2 H_1(x, y, z_1, \tau)}{\partial x^2} + k_{1,y} \frac{\partial^2 H_1(x, y, z_1, \tau)}{\partial y^2} + k_{1,z} \frac{\partial^2 H_1(x, y, z_1, \tau)}{\partial z_1^2};$$

$$0 < x < L_x; 0 < y < L_y; 0 < z_1 < L_{z_1}; \tau > 0 \tag{1}$$

Уравнение, описывающее гидродинамические процессы во II пласте имеет следующий вид [2]:

$$\frac{\partial H_2(x, y, z_2, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{\eta_2} \left( k_{2,x} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z_2, \tau)}{\partial x^2} + k_{2,y} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z_2, \tau)}{\partial y^2} + k_{2,z} \frac{\partial^2 H_2(x, y, z_2, \tau)}{\partial z_2^2} \right) -$$

$$- F_{2,x} \cdot \frac{\partial H_2(x, y, z_2, \tau)}{\partial x} + V_2(y_j, \tau) \cdot \delta(x_{0,j}, y_{0,j}, z_{0,j});$$

$$0 < x < L_x; 0 < y < L_y; L_{z_1} < z_2 < (L_{z_1} + L_{z_2}); \tau > 0 \tag{2}$$

Уравнение, описывающее гидродинамические процессы в III пласте, имеет вид:

$$\frac{\partial H_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{\eta_3} \left( k_{3,x} \frac{\partial^2 H_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial x^2} + k_{3,y} \frac{\partial^2 H_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial y^2} + k_{3,z} \frac{\partial^2 H_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial z_3^2} \right) -$$

$$- F_{3,x} \cdot \frac{\partial H_3(x, y, z_3, \tau)}{\partial x};$$

$$0 < x < L_x; 0 < y < L_y; (L_{z_1} + L_{z_2}) < z_3 < L_z; \tau > 0 \tag{3}$$

где:  $H_{1,2,3}$  – напор соответствующего номеру индекса пласта (горизонта);  $k_{1,2,3,x}, k_{1,2,3,y}, k_{1,2,3,z}$  – коэффициенты фильтрации по пространственным координатам соответствующего номеру индекса пласта (горизонта);

$F_{2,3,x}$  – скорость течения соответствующего номеру индекса пласта (горизонта);  $\eta_{2,3}$  – упругоёмкость соответствующего номеру индекса пласта (горизонта);  $V_2(y_{2,j}, \tau)$  – понижение напора 2-го горизонта, вызванное воздействием  $j$ -й добывающей скважиной (в данном случае  $j = 1, 2, 3$ );  $\delta_2(x_{2,j}, y_{2,j}, z_{2,j})$  – функция равная единице, если  $x = x_{2,j}, y = y_{2,j}, z = z_{2,j}$  для 2-го горизонта и равная нулю в других случаях;  $x, y, z$  – пространственные координаты;  $\tau$  – время.

Граничные условия между водоносными горизонтами (пластами), записываются согласно уравнению Дарси [1, 3].

Пласт 1 – Пласт 2:

$$\begin{aligned} H_1(x, y, L_{z1}, \tau) &= H_1(x, y, L_{z1}, \tau) + b_1 \cdot (H_2(x, y, L_{z1}, \tau) - H_1(x, y, L_{z1}, \tau)), \\ H_2(x, y, L_{z1}, \tau) &= H_2(x, y, L_{z1}, \tau) - b_1 \cdot (H_2(x, y, L_{z1}, \tau) - \\ &- H_1(x, y, L_{z1}, \tau)). \\ 0 < x < L_x; 0 < y < L_y; L_{z1} &= L_{z1}; \tau > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Пласт 2 – Пласт 3:

$$\begin{aligned} H_2(x, y, L_{z2}, \tau) &= H_2(x, y, L_{z2}, \tau) + b_2 \cdot (H_3(x, y, L_{z2}, \tau) - H_2(x, y, L_{z2}, \tau)), \\ H_3(x, y, L_{z2}, \tau) &= H_3(x, y, L_{z2}, \tau) - b_2 \cdot (H_3(x, y, L_{z2}, \tau) - \\ &- H_2(x, y, L_{z2}, \tau)). \\ 0 < x < L_x; 0 < y < L_y; L_{z2} &= (L_{z1} + L_{z2}); \tau > 0 \end{aligned} \quad (5)$$

где  $b_{1,2}$  – параметры перетекания соответствующего номеру индекса пласта (горизонта).

На боковых границах  $S_2, S_4, S_5$  приняты граничные условия I рода, на боковых границах  $S_3, S_6$  приняты граничные условия II рода, на боковой границе  $S_1$  принята линейная функция [5].

Граница  $S_1$ :

$$\begin{aligned} H_1(x, y, z = 0, \tau) &= H_{1,0} \\ 0 < x < L_x; 0 < y < L_y; \tau &\geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Граница  $S_2$ :

$$\begin{aligned} H_1(x, y = 0, z_1, \tau) &= H_{1,0}; H_2(x, y = 0, z_2, \tau) = H_{2,0}; H_3(x, y = 0, z_3, \tau) = H_{3,0}; \\ 0 < x < L_x; 0 < z_1 < L_{z1}; L_{z1} < z_2 < (L_{z1} + L_{z2}); (L_{z1} + L_{z2}) < z_3 < L_z; \tau &\geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Граница  $S_3$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_1(x = L_x, y, z_1, \tau)}{\partial x} = 0; \frac{\partial H_2(x = L_x, y, z_2, \tau)}{\partial x} = 0; \frac{\partial H_3(x = L_x, y, z_3, \tau)}{\partial x} = 0; \\ 0 < y < L_y; 0 < z_1 < L_{z1}; L_{z1} < z_2 < (L_{z1} + L_{z2}); (L_{z1} + L_{z2}) < z_3 < L_z; \tau &\geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Граница  $S_4$ :

$$\begin{aligned} H_1(x, y = L_y, z_1, \tau) &= H_{1,0}; H_2(x, y = L_y, z_2, \tau) = H_{2,0}; H_3(x, y = L_y, z_3, \tau) = H_{3,0}; \\ 0 < x < L_x; 0 < z_1 < L_{z1}; L_{z1} < z_2 < (L_{z1} + L_{z2}); (L_{z1} + L_{z2}) < z_3 < L_z; \tau &\geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Граница  $S_5$  :

$$\begin{aligned} H_1(x=0, y, z_1, \tau) = H_{1,0}; H_2(x=0, y, z_2, \tau) = H_{2,0}; H_3(x=0, y, z_3, \tau) = H_{3,0}; \\ 0 < y < L_y; 0 < z_1 < L_{z_1}; L_{z_1} < z_2 < (L_{z_1} + L_{z_2}); (L_{z_1} + L_{z_2}) < z_3 < L_z \tau \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Граница  $S_6$  :

$$\frac{\partial H_3(x, y, z = L_z, \tau)}{\partial z} = 0; 0 < x < L_x; 0 < y < L_y; \tau \geq 0 \quad (11)$$

где  $H_{1,0}, H_{2,0}, H_{3,0}$  – начальные состояния невозмущенных горизонтов.

Начальные условия задаются в следующем виде:

$$H_1(x, y, z, \tau = 0) = 0, H_2(x, y, z, \tau = 0) = 0, H_3(x, y, z, \tau = 0) = 0 \quad (12)$$

Основные физические характеристики водоносных горизонтов (пластов) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные физические характеристики водоносных горизонтов (пластов)

Номер горизонта (пласта)	Мощность горизонта, м	Коэффициенты фильтрации $k_x, k_y$ , м/сут	Коэффициент фильтрации $k_z$ , м/сут	Напор, м абс. отм.	Упругость $\eta$ :
1	18	0,02	0,02		
2	116	0,03	0,003	608	0,0004
3	262	0,05	0,005	639	0,0006

Размер участка 3000 м в длину, 3000 м в ширину.

**Заключение.** В дальнейшем, на основании полученной математической модели, необходимо составить дискретную модель, позволяющую на практике разработать распределенный регулятор, обеспечивающий необходимые режимы эксплуатации скважин на месторождении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гавич И. К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 1980. 358 с.
2. Малков А. В., Першин И. М. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод: системный анализ, диагностика, прогноз, управление. М.: Наука, 2015. 283 с.
3. Малков А. В., Першин И. М. Синтез распределенных регуляторов для систем управления гидролитосферными процессами. М.: Научный мир, 2007. 365 с.
4. Першин И. М., Малков А. В., Першин М. И. Оперативное и стратегическое управление режимами эксплуатации гидролитосферных процессов. Недропользование XXI век //Межотраслевой научно-технический журнал. 2014 №6а (44) С. 40-47.
5. Першин И. М. Синтез систем с распределенными параметрами. Изд-во РИО КМВ, 2002. 212 с.
6. Першин И. М., Малков А. В., Цаплева В. В. Технологическая безопасность эксплуатации гидроминеральных источников //Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. №4 (129). С.25-31.
7. Постановление правительства Российской Федерации от 6 июля 1992 г. №462 об особо охраняемом экологическом курортном регионе Российской Федерации – Кавказских минеральных водах.
8. Спектор С. В. (ФГБУ «Гидроспецгеология»), Королев И. Б., Терещенко Л. А., Арутюнова С. В., Стародубова Ю. П. (Филиал ВГБУ «Гидроспецгеология» Южный региональный центр ГМСН). Оценка состояния минеральных подземных вод региона кавказские минеральные воды по данным государственного мониторинга состояния недр. Разведка и охрана недр, 2018. №11. С. 47-53.
9. Khrustalev M. M. Proportional-integral-derivative (PID) controller in stabilization problem for quasi-linear stochastic system / M. M. Khrustalev, A. S. Khalina // Proceedings of 2016 International Conference Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems. M.: IEEE, 2016. DOI: 10.1109/STAB.2016.7541192.
10. Keel L. H. A New Approach to Digital PID Controller Design / L. Keel, J.I. Rego, S.P. Bhattacharyya // IEEE Trans. on Automatic Control. 2003. № 48 (4). P. 687-692.

11. Finkbeiner B. Bounded synthesis / B. Finkbeiner, S. Schewe // International Journal on Software Tools for Technology Transfer. 2013. №15(5-6). P. 519-539.
12. Martirosyan A. V. Methods of distributed systems' structured modeling / A. V. Martirosyan, K. V. Martirosyan, A. B. Chernyshev // 2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (February 2-3). St. Petersburg, 2016. P. 283–289.
13. Martirosyan A. V. Quality improvement information technology for mineral water field's control / A. V. Martirosyan, K. V. Martirosyan // 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (October 4-11). Nalchik, 2016. P. 147-151.

#### REFERENCES

1. Gavich I. K. Teoriya i praktika primeneniya modelirovaniya v gidrogeologii. M.: Nedra, 1980. 358 s.
2. Malkov A. V., Pershin I. M. Kislovodskoe mestorozhdenie uglekislykh mineral'nykh vod: sistemnyy analiz, diagnostika, prognoz, upravlenie. M.: Nauka, 2015. 283 s.
3. Malkov A. V., Pershin I. M. Sintez raspredelennykh regulyatorov dlya sistem upravleniya gidrolitosfernymi protsessami. M.: Nauchnyy mir, 2007. 365 s.
4. Pershin I. M., Malkov A. V., Pershin M. I. Operativnoe i strategicheskoe upravlenie rezhimami ehkspluatatsii gidrolitosfernnykh protsessov. Nedropol'zovanie XXI vek //Mezhotraslevoy nauchno-tekhnicheskij zhurnal. 2014 №6a (44) S. 40-47.
5. Pershin I. M. Sintez sistem s raspredelennymi parametrami. Izd-vo RIO KMV, 2002. 212 s.
6. Pershin I. M., Malkov A. V., Tsapleva V. V. Tekhnologicheskaya bezopasnost' ehkspluatatsii gidromineral'nykh istochnikov //Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2012. №4 (129). S.25-31.
7. Postanovlenie pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 6 iyulya 1992 g. №462 ob osobo okhranyaemom ehkologo-kurortnom regione Rossiyskoy Federatsii – Kavkazskikh mineral'nykh vodakh.
8. Spektor S. V. (FGBU «Gidropetsgeologiya»), Korolev I.B., Tereshchenko L.A., Arutyunova S.V., Starodubova YU.P. (Filial VGBU «Gidropetsgeologiya» Yuzhnyy regional'nyy tsentr GMSN). Otsenka sostoyaniya mineral'nykh podzemnykh vod regiona kavkazskie mineral'nye vody po dannym gosudarstvennogo monitoringa sostoyaniya nedr. – Razvedka i okhrana nedr. 2018. №11. s. 47-53.
9. Khrustalev M. M. Proportional-integral-derivative (PID) controller in stabilization problem for quasi-linear stochastic system / M. M. Khrustalev, A. S. Khalina // Proceedings of 2016 International Conference Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems. M.: IEEE, 2016. DOI: 10.1109/STAB.2016.7541192.
10. Keel L. H. A New Approach to Digital PID Controller Design / L. Keel, J.I. Rego, S.P. Bhattacharyya // IEEE Trans. on Automatic Control. 2003. № 48 (4). P. 687-692.
11. Finkbeiner B. Bounded synthesis. / B. Finkbeiner, S. Schewe // International Journal on Software Tools for Technology Transfer. 2013. №15(5-6). P. 519-539.
12. Martirosyan A. V. Methods of distributed systems' structured modeling / A. V. Martirosyan, K. V. Martirosyan, A. B. Chernyshev // 2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (February 2-3). St.Petersburg, 2016. P. 283–289.
13. Martirosyan A. V. Quality improvement information technology for mineral water field's control / A.V. Martirosyan, K.V. Martirosyan // 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (October 4-11). Nalchik, 2016. P. 147-151.

#### ОБ АВТОРАХ

**Мардоян Михаил Максимович**, Северо-Кавказский федеральный университет, институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске, аспирант кафедры систем управления и информационных технологий e-mail: micam@yandex.ru

Mardoyan Michael Maksimovich, North Caucasus Federal University, Institute of service, tourism and design (branch) of NCFU in Pyatigorsk, graduate student, Department of information systems and technology e-mail: micam@yandex.ru

**Бондарева Галина Леонтьевна**, АО «Кавминкурортресурсы», главный гидрогеолог, кандидат геолого-минералогических наук, e-mail: bondarevagl@kavminkr.ru

Bondareva Galina Leontievna, JSC "Kavminkurortresursy", chief hydrogeologist, candidate of geological and mineralogical Sciences, e-mail: bondarevagl@kavminkr.ru

**Левицкий Евгений Станиславович**, АО «Кавминкурортресурсы», первый заместитель исполнительного директора, e-mail: levitskiyes@kavminkr.ru  
Levitsky Evgeny Stanislavovich, JSC "Kavminkurortresursy", first Deputy Executive Director, e-mail: levitskiyes@kavminkr.ru

Дата поступления в редакцию 10.01.2019

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Л. З. Габдукаева [L. Z. Gabdukaeva]

О. А. Решетник [O. A. Reshetnik]

### ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ВАФЕЛЬ

THE IMPACT OF NON-TRADITIONAL TYPES OF FLOUR  
ON THE FORMATION OF CONSUMER PROPERTIES OF WAFERS

УДК 664.681

DOI 10.33236/2307-910X-

2019-25-1-100-108

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
г. Казань, Россия, e.mail: carramba@bk.ru

**Аннотация.** Мучные кондитерские изделия являются высококалорийными продуктами, обладают приятным вкусом и привлекательным внешним видом. Высокая пищевая ценность мучных изделий, содержащих значительное количество углеводов, жиров, и белков, обуславливается, прежде всего, пищевой и биологической ценностью используемого сырья. Перспективным направлением в повышении пищевой ценности мучных кондитерских изделий является разработка рецептур из нетрадиционных видов муки, отличающихся повышенным содержанием белков, витаминов, минеральных соединений, пищевых волокон.

**Методы и результаты.** Использование в питании различных анатомических частей зерновых культур улучшает ба-ланс микро- и макроэлементов, аминокислот, витаминов, ферментов, углеводов и жиров и положительно влияет на здоровье человека.

Целью исследования явилось изучение потребительских характеристик вафель функциональной направленности с использованием нетрадиционных видов муки. **В качестве основного сырья для производства вафельных листов были использованы виды муки:** овсяная, тиенная, кукурузная мука, цельнозерновая гречневая мука. Изучены органолептические (вкус, запах, состояние поверхности, форма, цвет) и физико-химические (содержание влаги, щелочность, намокаемость, зольность) показатели экспериментальных образцов изделий. Произведен расчет пищевой и энергетической ценности изделий.

**Заключение.** На основании проведенных исследований установлена целесообразность использования в технологии вафель цельнозерновой гречневой муки, полученной из зеленой гречневой крупы, а также комбинированное использование ее в сочетании с овсяной или тиенной мукой. Изделия характеризуются светло-коричневым цветом, приятным вкусом и ароматом, имеют повышенную пористость и высокие показатели пищевой ценности.

**Ключевые слова:** вафли, виды муки, обогащение, качество, пищевая ценность.

**Abstract.** Flour confectionery products are high-calorie products with a pleasant taste and attractive appearance. The high nutritional value of flour products containing a significant amount of carbohydrates, fats, and proteins, is primarily due to the nutritional and biological value of the raw materials used. A promising direction to improve the nutritional value of flour confectionery products is the development of recipes from non-traditional types of flour, characterized by a high content of proteins, vitamins, mineral compounds, dietary fiber.

**Methods and results.** The use in nutrition of various anatomical parts of grain crops improves the balance of micro and macro elements, amino acids, vitamins, enzymes, carbohydrates and fats and has a positive effect on human health.

The aim was to study the consumer characteristics of functional wafers using non-traditional types of flour. As the main raw material for the production of wafer sheets were used types of flour: oatmeal, millet, corn flour, whole-grain buckwheat flour from green buckwheat. The choice of this raw material is due to the rich mineral and vitamin composition of the types of flour used. The organoleptic (taste, smell, surface condition, form, color) and physico-chemical (moisture content, alkalinity, water absorbing ability, ash content) parameters of experimental product samples were studied. The calculation of food and energy value of products is made.

**Conclusion.** On the basis of the conducted researches the expediency of use in technology of wafers of the whole-wheat buckwheat flour received from green buckwheat and also its combined use in combination with oat or millet flour is established. The products are characterized by light brown color, pleasant taste and aroma, have increased porosity and high nutritional values.

**Key words:** wafers, flour types, enrichment, quality, nutritional value.



**Введение.** Мучные кондитерские изделия занимают значительную долю в общем объеме производства кондитерской продукции и представлены широким ассортиментом. Однако пищевая ценность мучных кондитерских изделий невелика, и объясняется это высоким содержанием таких компонентов как углеводы и жиры, и достаточно низким других, например витаминов и минеральных веществ.

Рынок производства отечественной диетической продукции имеет большой потенциал для роста [1–3]. Актуальным является расширение ассортимента хлебобулочных и кондитерских изделий лечебного и профилактического назначения, для людей, имеющих предрасположенность к тем или иным болезням, для детей дошкольного возраста и пожилых людей и др. Ведение в рецептуры мучных кондитерских изделий компонентов, придающих лечебные и профилактические свойства, является эффективным решением проблемы профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных веществ [4–7]. Разработка функциональных мучных кондитерских изделий, характеризующихся высокой пищевой и биологической ценностью, адаптированных к особенностям нарушения обмена веществ позволяет оптимизировать лечебное и профилактическое питание, улучшить здоровье населения [8–10].

**Целью** исследования является разработка технологии вафель функциональной направленности с использованием нетрадиционных видов муки, изучение органолептических и физико-химических показателей качества вафель.

В качестве основного сырья для производства вафельных листов были использованы нетрадиционные виды муки: овсяная, пшеничная, кукурузная мука, цельнозерновая гречневая мука из непропаренной зеленой гречневой крупы.

Выбор указанного сырья обусловлен богатым минеральным и витаминным составом используемых видов муки.

Овсяная мука содержит большое количество незаменимых аминокислот, сходных по составу с мышечным белком, антиоксиданты, пищевые волокна, слизистые вещества, которые нормализуют пищеварительный процесс. Химический состав овсяной муки представлен в таблице 1.

Таблица 1

Витаминный и минеральный состав овсяной муки

Витамины, мг (на 100 г)											
E	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		PP		B <sub>6</sub>		B <sub>9</sub>	
1,5	0,49			0,11		1,1		0,5		0,032	
Микроэлементы, мг (на 100 г)						Макроэлементы, мг (на 100 г)					
Cu	Mn	Fe	Zn	F	Mo	P	Mg	S	Ca	K	Na
0,4	0,8	3,9	1,1	0,09	0,013	350	116	81	64	362	35

Пшеничная мука имеет богатый состав, содержит значительное количество микро- и макроэлементов, витаминов, аминокислот, жирных кислот, ферментов, антиоксидантов. Питательная часть пшеничной муки составляет 12 % белковых соединений, 87 % – углеводов и 1 % – жиров. Химический состав пшеничной муки представлен в таблице 2.

Таблица 2

Витаминный и минеральный состав пшеничной муки

Витамины, мг (на 100 г)										
E	K	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	PP			
0,1	0,0008	0,42	0,04	6	1,3	0,4	1,6			
Микроэлементы, мг (на 100 г)					Макроэлементы, мг (на 100 г)					
Cu	Mn	Fe	Zn	Se	P	Mg	S	Ca	K	Na
0,5	1	2,7	2,6	0,327	233	83	81	27	211	10

Кукурузная мука – источник каротиноидов с антиоксидантным действием. Лютеин и зеаксантин из группы каротиноидов предотвращают заболевания глаз, связанные с возрастными изменениями. Безлютеновая кукурузная мука содержит много клетчатки. Она поддерживает иммунную систему, снижает

уровень холестерина в крови, улучшает чувствительность тканей к инсулину и регулирует активность ферментов. Химический состав кукурузной муки представлен в таблице 3.

Таблица 3

Витаминный и минеральный состав кукурузной муки

Витамины, мг (на 100 г)					
А	В-каротин	Е	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	РР
0,033	0,2	0,6	0,35	0,13	1,8
Микроэлементы, мг (на 100 г)		Макроэлементы, мг (на 100 г)			
Fe	Ca	Р	Mg	К	Na
2,7	20	109	30	147	7

Гречневая цельнозерновая мука – уникальный продукт, богатый минералами, витаминами, клетчаткой. Непропаренная зеленая гречневая крупа и мука из нее отличается своим неповторимым вкусом и витаминным составом. Ядрицы зеленой гречневой крупы фисташкового цвета с тонким ореховым вкусом.

Гречневая мука отличается повышенным содержанием пищевых волокон, которые представлены гемицеллюлозой, лигнином и пектином. В ее ядрышках сохранены необходимые для организма минералы и витамины: кальций, железо, калий, фосфор и магний, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, Е.

Гречневая мука является полезным и диетическим продуктом, которая содержит 8 незаменимых аминокислот, включая аргинин, лизин, глицин, метионин и триптофан. Основными преимуществами гречневой муки являются ее низкий показатель гликемического индекса и полное отсутствие белка глютена. Благодаря наличию жирных кислот употребление гречневой муки позволяет снизить уровень холестерина, риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, уменьшается риск образования тромбов. Злак содержит рутин - антиоксидант, поддерживающий сердечно-сосудистую систему и предотвращающий образование опухолей.

Гречневую муку применяют в хлебопечении и при производстве кулинарной продукции. Так в Америке из нее пекут традиционные брауни и маффины, итальянцы делают пасту, французы – фруктовые пироги. На Руси из гречневой муки издавна готовили блины и оладьи, вареники и галушки, а в Азии уже много веков готовят лапшу соба.

Химический состав гречневой муки представлен в таблице 4. Пищевая и энергетическая ценность разных видов муки представлены в таблице 5.

Таблица 4

Витаминный и минеральный состав гречневой муки

Витамины, мг (на 100 г)													
Е		В <sub>1</sub>		В <sub>2</sub>		РР		В <sub>6</sub>		В <sub>9</sub>			
0,3		0,43		0,20		4,2		0,5		0,032			
Микроэлементы, мг (на 100 г)							Макроэлементы, мг (на 100 г)						
Cu	Mn	Fe	Zn	F	Mo	Co	Р	Mg	S	Ca	К	Na	
0,4	0,8	6,7	1,1	0,09	0,013	2,1	298	200	81	20	330	3	

Таблица 5

Пищевая и энергетическая ценность видов муки

Образцы	Пищевая ценность на 100 г			ЭЦ, ккал
	Белки	Жиры	Углеводы	
пшеничная мука	10,8	1,3	69,9	334
овсяная мука	12,3	6,1	59,5	342
пшеничная мука	11,5	3,3	66,5	342
кукурузная мука	7,2	1,5	72,1	331
гречневая мука	12,6	2,1	57,1	308

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись экспериментальные образцы вафель, изготовленные с заменой пшеничной муки на нетрадиционные виды муки: мука пшеничная по ГОСТ Р 52189-2003;

мука овсяная – по ГОСТ 31645-2012; мука пшеничная – по ГОСТ 572-2016; мука кукурузная – по ТУ 10.61.22-662-37676459-2017, цельнозерновая гречневая мука из непропаренной зеленой гречневой крупы – по ТУ 9293-002-43175543-03 [11].

Пшеничная мука была заменена на нетрадиционные виды муки с целью расширения ассортимента функциональных мучных кондитерских изделий, в том числе безглютеновых продуктов для людей, страдающих целиакией.

В качестве экспериментальных образцов были выбраны следующие: контрольный образец – из пшеничной муки; образец 1 – из гречневой муки; образец 2 – из смеси гречневой и овсяной муки (1:1); образец 3 – из смеси гречневой и пшеничной муки (1:1); образец 4 – из смеси кукурузной и овсяной муки (1:1).

Рецептура вафельных листов приведена в таблице 6.

Таблица 6

Рецептура теста для вафельных листов

Наименование продукта	Контрольный образец	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Мука пшеничная	1258	-	-	-	-
Мука гречневая	-	1258	629	629	-
Мука овсяная	-	-	629	-	629
Мука пшеничная	-	-	-	629	-
Мука кукурузная	-	-	-	-	629
Яичные желтки	126	126	126	126	126
Пищевая сода	6	6	6	6	6
Поваренная соль	6	6	6	6	6
Вода	1800	1800	1800	1800	1800

Экспериментальные образцы вафельных листов готовили по традиционной технологии. Подготовку проб для физико-химических анализов проводили согласно ГОСТ 5904-10 «Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб».

Для определения щелочности использовали ГОСТ 5898-87 «Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности». Определение содержания влаги и сухих веществ для готовых изделий проводили методом высушивания согласно ГОСТ 5900-73 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ». Определение массовой доли золы осуществляли согласно ГОСТ 5901-87 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси», намокаемости – ГОСТ 10114-12 «Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости». Органолептические показатели готовых изделий были исследованы органолептическим методом согласно ГОСТ 14031-2014 «Вафли. Общие технические условия» [12].

**Результаты и обсуждение.** Массовая доля влаги – важнейший показатель качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. От содержания влаги зависит стойкость продукта при хранении, транспортабельность и пригодность к дальнейшей переработке, так как избыток влаги способствует протеканию ферментативных и химических реакций, активизирует деятельность микроорганизмов, в том числе таких, которые вызывают порчу продуктов, в частности плесневение. Массовая доля влаги в готовых изделиях влияет на выход продукции, так как с увеличением содержания влаги в выпускаемых изделиях их выход возрастает.

На начальном этапе была определена влажность изделий. При определении массовой доли влаги был использован ускоренный арбитражный метод высушивания. Согласно ГОСТ 14031-2014 для вафельных листов массовая доля влаги не должна превышать 5,0 % [12]. Результаты исследований приведены на рис. 1.

Анализ полученных результатов показал отклонение влажности в контрольном образце, где массовая доля влаги составляет 5,74 %, что возможно связано с высоким содержанием клейковины в пшеничной муке и ее водопоглощательной способностью: содержащиеся в муке молекулы белков глютенина и глиадина переплетаются между собой и образуют трехмерную сетку, в ячейках которой находятся молекулы воды.

Отклонение наблюдается и в образце 4 со значением массовой доли влаги 6,62 %. Высокое значение влажности можно объяснить химическим составом используемых видов муки, а именно высоким содержанием крахмала в них по сравнению с другими опытными образцами. Крахмал способен адсорбционно связывать и

удерживать влагу, препятствуя ее свободному удалению при выпечке. В образцах 1, 2, 3 массовая доля влаги находится в пределах 3,6–3,98 %, что не превышает нормируемое значение.

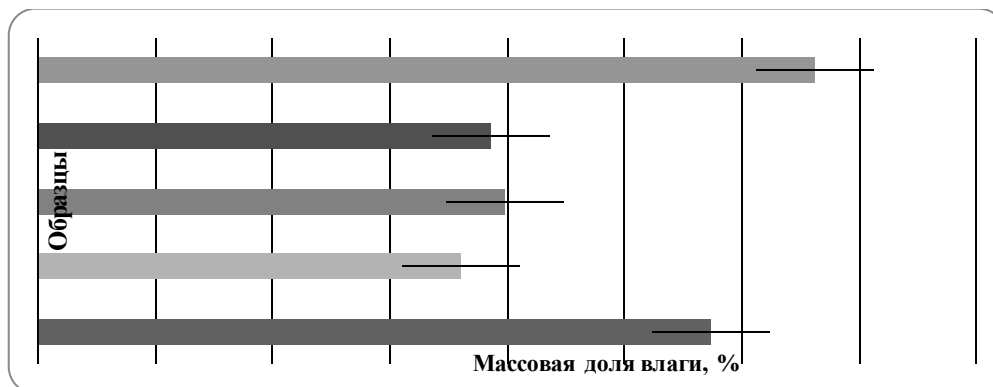


Рис. 1. Массовая доля влаги в вафельных листах

Содержание щелочности регламентируется в мучных кондитерских изделиях, изготовляемых с применением химических разрыхлителей. Количество выделившегося углекислого газа определяет степень разрыхленности готовых изделий, а образующиеся щелочные соединения обуславливают концентрацию щелочности. Повышенное содержание таких соединений ухудшает вкус изделий и отрицательно сказывается на пищеварении.

Согласно ГОСТ 5898-87 щелочность вафельных листов не должна превышать  $1^{\circ}$  [12]. Результаты исследования показаны на рис. 2.

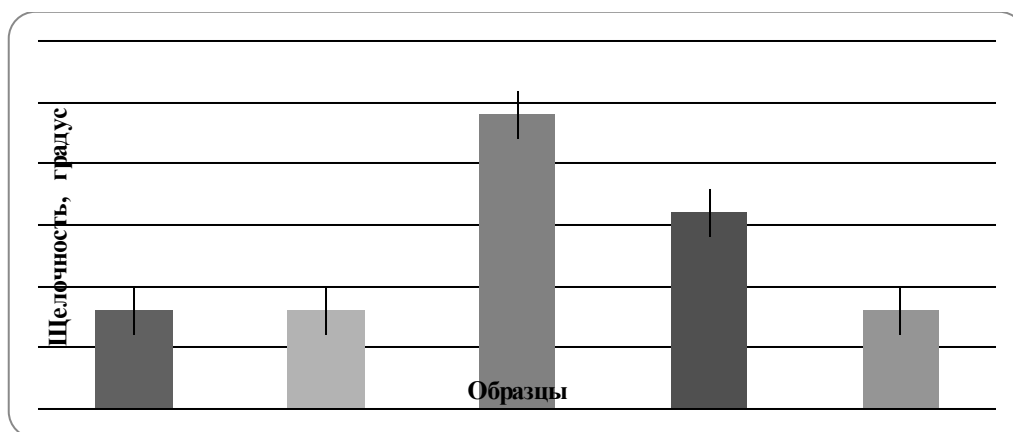


Рис. 2. Щелочность вафельных листов

Щелочность всех образцов вафельных листов не превышает нормируемое значение. По результатам исследования образцы вафельных листов имеют следующие значения щелочности: контрольный образец –  $0,008^{\circ}$ ; образец 1 –  $0,008^{\circ}$ ; образец 2 –  $0,024^{\circ}$ ; образец 3 –  $0,016^{\circ}$ ; образец 4 –  $0,008^{\circ}$ .

Масса остатка минеральных веществ, полученного в результате сжигания органических веществ, называют массовой долей общей золы. Зольность является основным показателем сорта и вида муки, обуславливает пищевую ценность продукта. Чем выше сорт муки, тем ниже значение зольности.

Для определения массовой доли золы в образцах проводили озоление образцов. Озоление вели до полного исчезновения черных частиц, пока цвет золы не стал белым или слегка сероватым. Результаты исследования показаны на рис. 3.

По результатам исследования опытные образцы вафельных листов имели следующие значения зольности: контрольный образец – 1,44 %, образец 1 – 2,5 %, образец 2 – 2,32%, образец 3 – 2,64 %, образец 4 – 2,02%.

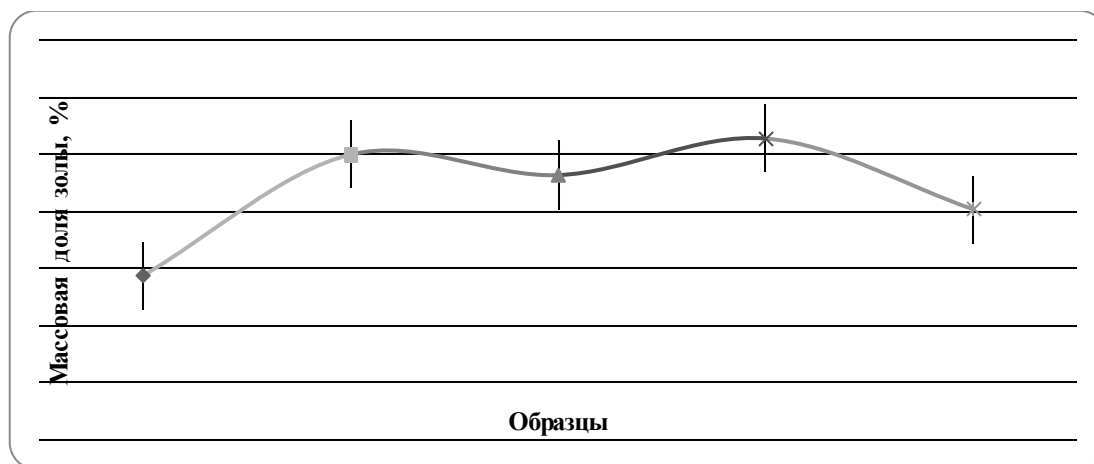


Рис. 3. Массовая доля золы в вафельных листах

Установлено, что наибольшей зольностью обладает образец 3, изготовленный из смеси гречневой и пшеничной муки, а наименьшей – контрольный образец из пшеничной муки высшего сорта. По сравнению с контрольным образцом, у опытных образцов вафельных листов содержание золы выше, что объясняется высоким содержанием минеральных веществ в нетрадиционных видах муки. Так, гречневая и пшеничная мука отличаются высоким содержанием железа: 4 и 3,9 мг на 100 г продукта, соответственно. Кроме того, пшеничная мука богата Cu, Zn, Mn, и Mg. Этим объясняется высокое содержание золы в образце 3.

Овсяная мука отличается высоким содержанием макроэлементов, таких как P, S, Ca, Mg, K, Na. В пшеничной и кукурузной муке содержание минеральных веществ ниже, чем в других видах муки. Это подтверждается и данными, представленными на рис. 3, где контрольный образец и образец 4, изготовленный из смеси кукурузной и овсяной муки имеют наименьшие значения зольности.

Намокаемость не является показателем, регламентируемым ГОСТ 14031, однако необходимо отметить способность мучных кондитерских изделий высокого качества быстро и значительно намокать в воде.

Намокаемость (набухаемость) вафельных листов характеризуется отношением массы намокшего за определённый промежуток времени вафельного листа к массе сухого вафельного листа и выражается в процентах. В ходе исследования была определена намокаемость образцов изделий, результаты которой представлены на рис. 4.

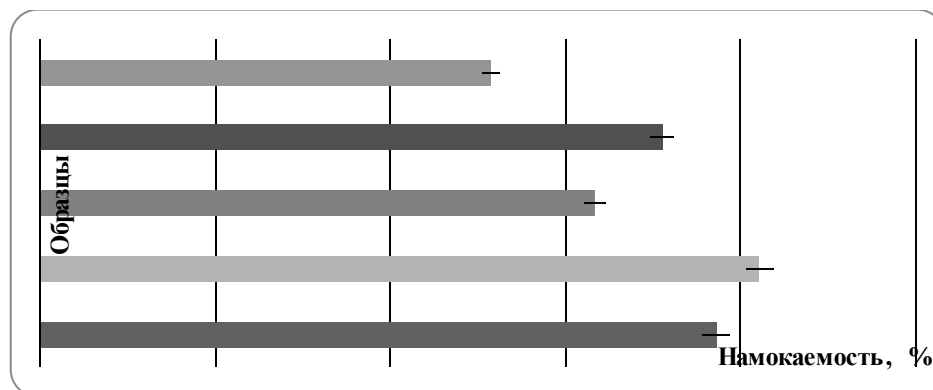


Рис. 4. Намокаемость вафельных листов

Среди всех образцов наименьшей намокаемостью обладает образец 4 (257,21 %). У контрольного и образца 2 наивысший показатель намокаемости: 386,19 % и 411,26 % соответственно. В образцах 2 и 3 среднее значение намокаемости: 317,21 % и 355,49 %; соответственно. Повышение намокаемости вафельных листов можно объяснить увеличением пористости изделий при внесении разных видов муки.

Органолептические показатели готовых вафельных листов представлены на рис. 5 и в таблице 7.



Рис. 5. Внешний вид образцов вафельных листов с внесением разных видов муки

Таблица 7

Органолептические показатели качества вафельных листов

Образцы	Показатели качества			
	Вкус и запах	Поверхность	Форма	Цвет
Контрольный образец	Приятные, свойственные для изделий из пшеничной муки, без постороннего привкуса и запаха	С четким рисунком, без вздутий, вмятин и трещин, равномерно пропеченная, хрустящая консистенция	Круглая, края ровные	Светло-желтый
Образец 1	Приятные, присутствует незначительный гречневый вкус, без постороннего привкуса и запаха	Равномерно пропеченная, хрустящая, пористая консистенция, с четким рисунком, без вздутий, вмятин и трещин	Круглая, края ровные	Серо-коричневый
Образец 2	Приятные, чуть заметный характерный вкус овсяной муки, без постороннего привкуса и запаха	Равномерно пропеченная, хрустящая, пористая консистенция, с четким рисунком, без вздутий, вмятин и трещин	Круглая, края ровные	Серо-коричневый с желтоватым оттенком
Образец 3	Приятные, свойственные, без постороннего привкуса и запаха	Равномерно пропеченная, хрустящая, пористая консистенция, с четким рисунком, без вздутий, вмятин и трещин	Круглая, края ровные	Светло-коричневый
Образец 4	Приятные, характерные для кукурузной муки, сладковатый вкус, без постороннего привкуса и запаха	Рисунок нечеткий, без вздутий, вмятин, на поверхности имеются трещины, консистенция более плотная, менее хрустящая	Круглая, края ровные	Желтый, с сероватым оттенком

Рейтинговая оценка органолептических показателей качества вафельных листов по 5-бальной шкале приведена в таблице 8.

Анализируя данные, следует отметить, что в контрольном образце, где по рецептуре была использована пшеничная мука и в образце 4, с внесением смеси кукурузной и овсяной муки, установлены дефекты поверхности и формы вафельных листов, которые могли возникнуть на этапе охлаждения. Остальные образцы соответствуют требованиям стандарта по всем показателям: по форме, поверхности, цвету, вкусу и запаху. Экспериментальные образцы не уступают контрольному образцу: характеризуются приятным свойственным вкусом, запахом и окраской в зависимости от вида добавленной муки. Наилучшими сенсорными свойствами обладает обра-

зец 1, изготовленный из гречневой муки, полученной из ядрицы необработанной зеленой гречневой крупы – 5,0 б.

Таблица 8

Рейтинговая оценка показателей качества вафельных листов

Образцы	Оценка показателей качества, балл					Средняя оценка, балл
	Поверхность	Форма	Вкус	Запах	Цвет	
Контрольный образец	4,8	4,3	5	5	5	4,82
Образец 1	5	5	5	5	5	5,0
Образец 2	4,8	5	5	5	5	4,96
Образец 3	4,8	5	5	5	5	4,96
Образец 4	4,3	4,5	5	5	5	4,76

Из данных таблицы 9 видно, что образец 1 имеет богатый белковый состав, образец 3 – богат жирами. Наиболее калорийным является контрольный образец с максимальным содержанием легкоусвояемых углеводов [13].

Таблица 9

Расчет пищевой и энергетической ценности вафель

Образцы	Пищевая ценность на 84 г			ЭЦ, ккал
	Белки	Жиры	Углеводы	
контрольный образец	12,1	3,8	69,9	362,2
Образец 1	13,9	4,6	57,1	325,4
Образец 2	10,7	5,6	44,3	270,4
Образец 3	10,4	4,6	46,9	270,4
Образец 4	8,71	5,4	50,0	283,4

**Заключение.** Таким образом, применение нетрадиционного вида сырья в технологии вафель является перспективным направлением для расширения мучных кондитерских изделий лечебно-профилактической направленности. Целесообразным является использование цельнозерновой гречневой муки, полученной из зеленой гречневой крупы, а также комбинированное использование ее в сочетании с овсяной или пшеничной мукой. По потребительским характеристикам опытные образцы вафельных листов не уступают изделиям из пшеничной муки, имеют характерный светло-коричневый цвет, приятный вкус и аромат, повышенную пористость и высокие показатели пищевой ценности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеева Т. В. Мучные кондитерские и изделия функционального назначения. Научные основы, технология, рецептуры / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. СПб.: ГИОРД, 2016. 360 с.
2. Стриженко А. В. Теоретические основы расширения ассортимента мучных кондитерских изделий функционального назначения // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2013. №1. С. 168-171.
3. Габдукаева Л. З., Сорокина Е. С. Характеристика современного рынка хлебобулочных изделий для функционального питания // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 1. С. 151–154.
4. Винницкая В. Ф. Расширение ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с функциональной направленностью / В. Ф. Винницкая, С. И. Данилин, Д. В. Акишин, О. В. Перфилова, С. С. Комарова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. №2. С. 82-85.
5. Резниченко И. Ю. Совершенствование ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Н. Н. Зоркина, Е. Ю. Егорова // Ползуновский вестник. 2016. № 2. С. 4-7.
6. Петраш И. П. Новые мучные кондитерские и хлебобулочные изделия для детского и лечебно-профилактического питания / И. П. Петраш, А. П. Косаван // Пищевая промышленность. 1995. №1. С. 6-7.
7. Чугунова О. В. Разработка ассортимента мучных кондитерских изделий функционального назначения / О. В. Чугунова, Н. В. Лейберова // Известия УрГЭУ. 2011. №3. С. 152-157.

8. Зеленская Е. Безглютеновые мучные кондитерские изделия для профилактического и лечебного питания / Е. Зеленская, М. Н. Вишняк, Л. А. Козубаева, С. С. Кузьмина // Ползуновский Альманах. 2009. №3. С. 146-147.
9. Сафьянов Д. А. Разработка вафельных изделий функционального назначения и их товароведная оценка / Д. А. Сафьянов, К. С. Туксина // Ползуновский вестник. 2011. №3/2. С. 101-104.
10. Беркетова Л. В. Повышение пищевой ценности кондитерских изделий // Хлебопекарное и кондитерское производство. 2003. №7. С.5.
11. ГОСТ 31645-2012 Мука для продуктов детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 8 с.
12. ГОСТ 14031-2014 Вафли. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.
13. Скурихин И. М. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. М.: Агропромиздат, 1987. 360 с.

## REFERENCES

1. Matveeva T. V. Muchnye konditerskie i izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologiya, recept ury / T. V. Matveeva, S. Ya. Koryachkina. SPb.: GIORD, 2016. 360 s.
2. Strizhenko A. V. Teoreticheskie osnovy rasshireniya assortimenta muchnykh konditerskiy izdeliy funktsional'nogo naznacheniya // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ehkonomiki. 2013. №1. S. 168-171.
3. Gabdukaeva L. Z., Sorokina E. S. Harakteristika sovremennogo rynka hlebobulochnykh izdeliy dlya funktsional'nogo pitaniya // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2017. T. 20. № 1. S. 151-154.
4. Vinnickaya V. F. Rasshirenie assortimenta hlebobulochnykh i muchnykh konditerskiy izdeliy s funktsional'noj napravlenost'yu / V. F. Vinnickaya, S. I. Danilin, D. V. Akishin, O. V. Perfilova, S. S. Komarova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. №2. S. 82-85.
5. Reznichenko I. Yu. Sovershenstvovanie assortimenta konditerskiy izdeliy specializirovannogo naznacheniya / I. Yu. Reznichenko, N. N. Zorkina, E. Yu. Egorova // Polzunovskij vestnik. 2016. № 2. S. 4-7.
6. Petrash I. P. Novye muchnye konditerskie i hlebobulochnye izdeliya dlya detskogo i lechebno-profilakticheskogo pitaniya / I. P. Petrash, A. P. Kosavan // Pishchevaya promyshlennost'. 1995. №1. S. 6-7.
7. Chugunova O. V. Razrabotka assortimenta muchnykh konditerskiy izdeliy funktsional'nogo naznacheniya / O. V. Chugunova, N. V. Lejberova // Izvestiya UrGEHU. 2011. №3. S. 152-157.
8. Zelenskaya E. Bezglyutenovye muchnye konditerskie izdeliya dlya profilakticheskogo i lechebnogo pitaniya / E. Zelenskaya, M. N. Vishnyak, L. A. Kozubaeva, S. S. Kuz'mina // Polzunovskij Al'manah. 2009. №3. S. 146-147.
9. Saf'yanov D. A. Razrabotka vafel'nykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya i ih tovarovednaya ocenka / D. A. Saf'yanov, K. S. Tuksina // Polzunovskij vestnik. 2011. №3/2. S. 101-104.
10. Berketova L. V. Povyshenie pishchevoj cennosti konditerskiy izdeliy / L.V. Berketova // Hlebopekarnoe i konditerskoe proizvodstvo. 2003. №7. S.5.
11. GOST 31645-2012 Muka dlya produktov detskogo pitaniya. Tekhnicheskie usloviya. M.: Standartinform, 2013. 8 s.
12. GOST 14031-2014 Vafli. Obschie tekhnicheskie usloviya. M.: Standartinform, 2015. 8 s.
13. Skurikhin I. M. Himicheskij sostav pishchevykh produktov: Spravochnye tablicy sodержaniya aminokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov. M.: Agropromizdat, 1987. 360 s.

## ОБ АВТОРАХ

**Габдукаева Лилия Зуфаровна**, кандидат технических наук, доцент; кафедра технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; 420015, г. Казань, ул. Толстого, 10/38; тел.: 8(927)4061725; e-mail: carramba@bk.ru  
 Gabdukaeva Liliya Zufarovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food Productions from Faculty of Food Technology Kazan National Research Technological University; 420015, Kazan, Tolstoy St., 8/31; e-mail: carramba@bk.ru

**Решетник Ольга Алексеевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; 420015, г. Казань, ул. Толстого, 10/38; e-mail: roa.olga@mail.ru  
 Reshetnik Olga Alexeevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the Head of the Department of Technology of Food Productions from Faculty of Food Technology Kazan National Research Technological University; 420015, Kazan, Tolstoy St., 8/31; e-mail: roa.olga@mail.ru

Дата поступления в редакцию 04.02.2019



Е. Г. Богдан [E. G. Bogdan]  
Е. Г. Туршук E. G. Turshuk

УДК 637.5  
DOI 10.33236/2307-  
910X-2019-25-1-  
109-114

## РАЗРАБОТКА БЛЮДА ИЗ МЯСА ОДОМАШНЕННОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ СРОКОМ ГОДНОСТИ

DEVELOPMENT OF DISHES OF DOMESTICATED REINDEER WITH A PROLONGED LIFETIME

Мурманский государственных технический университет, г. Мурманск, Россия,  
e-mail: phayana@yandex.ru

**Аннотация.** Особенности климата Кольского полуострова и необходимость обеспечения организма человека нутриентами и биологически активными соединениями диктают необходимость поиска новых ингредиентов и продуктов функциональной направленности с использованием сырьевых источников Кольского полуострова.

**Материалы и методы.** Обоснована целесообразность применения мяса одомашненного северного оленя при создании продуктов питания, изучена возможность расширения рынка быстрозамороженных готовых блюд, подтверждены и определены режим и продолжительность хранения продукта.

**Результаты.** Разработана рецептура основного блюда «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами». Исследован функциональный продукт на уровень загрязнения химическими элементами. Определены оптимальные режимы хранения и продолжительность готового изделия согласно СанПиН 2.3.2.1324-03.

**Заключение.** Проведенные эксперименты подтверждают соответствие разработанного кулинарного блюда требованиям СанПиН 2.3.2.1324-03 на протяжении продолжительного срока хранения. Подтверждены пролонгированные сроки годности блюда – три месяца. Разработанные полуфабрикаты могут использоваться для различных категорий населения и видов питания (рациональное, функциональное и специализированное) из-за незначительного содержания жира (7,5 г/100 г продукта) и высокого содержания белка (19,5 г/100 г продукта).

Проведенные эксперименты подтвердили целесообразность и актуальность применения мяса одомашненного северного оленя при создании новых блюд.

**Ключевые слова:** мясо одомашненного северного оленя, шоковая заморозка, полуфабрикаты высокой степени готовности, микробиологические исследования, показатели безопасности.

*Abstract. Features of the climate of the Kola Peninsula and the lack of income providing the human body with nutrients and biologically active compounds dictate the need to search for new ingredients and products of functional orientation with the use of raw sources of the Kola Peninsula.*

*Materials and methods. The expediency of the use of domesticated reindeer meat in the creation of food, studied the possibility of expanding the market of frozen ready meals, confirmed and determined the mode and duration of storage of the product.*

*Results. The recipe of the main dish "Venison stewed in berry sauce with mushrooms" was developed. The functional product to the level of pollution by chemical elements is investigated. The optimal storage mode and duration of the finished product according SanPiN 2.3.2.1324-03.*

*Conclusion. The experiments confirm the compliance of the developed culinary dish with the requirements of SanPiN 2.3.2.1324-03 for a long shelf life. The prolonged shelf life of the dish – three months has been confirmed. The developed semi-finished products can be used for various categories of the population and types of food (rational, functional and specialized) because of the low fat content (7.5 g/100 g product) and high protein content (19.5 g/100 g product).*

*The conducted experiments confirmed the expediency and relevance of the use of domesticated reindeer meat in the creation of new dishes.*

Key words: domesticated reindeer meat, shock freezing, semi-finished products, microbiological research, safety indicators.

**Введение.** Суровые климатические условия проживания на Кольском полуострове предполагают определенные требования к состоянию организма.

Особое внимание направлено на решение вопроса сохранности и качества продуктов питания, разработке и выпуске новой продукции функционального назначения.

Применение для производства блюд многообразной сырьевой базы данного региона, включая мясо оленя – одно из наиболее эффективных и практичных, в аспекте экономики, решений для повышения устойчивости населения к негативным природным воздействиям.

В настоящее время существует острая нехватка в постоянном повышении объема выпускаемой мясоперерабатывающими предприятиями продукции, что непосредственно взаимосвязано с увеличением темпов развития сегмента животноводства.

С учетом данных фактов применение нестандартной мясной сырьевой базы при создании и выпуске продуктов питания, в особенности, оленины является актуальным направлением [1].

**Материалы и методы.** Целесообразность применения оленины на этапе создания и выпуска разработанной продукции отражена при осуществлении эксперимента по изучению энергетической и пищевой ценности.

Данные, отражающие выполнение эксперимента по изучению химического состава мяса одомашненного северного оленя и другого мясного сырья, отражены в табл. 1 и рис. 1 [2].

Таблица 1

Сравнительный анализ химического состава и биологической ценности мяса одомашненного северного оленя

Показатель	Мясо одомашненного северного оленя I категории	Мясо дикого северного оленя I категории	Мясо говядины I категории	Свинина мясная
1	2		3	4
Химический состав, г на 100 г продукта				
Белки	19,5	19,5	18,6	14,3
Жиры	7,5	8,5	16,0	33,3
Углеводы	-	-	-	-
Вода	69,0	71,0	64,5	51,5
Калорийность, ккал	146	155	218	357

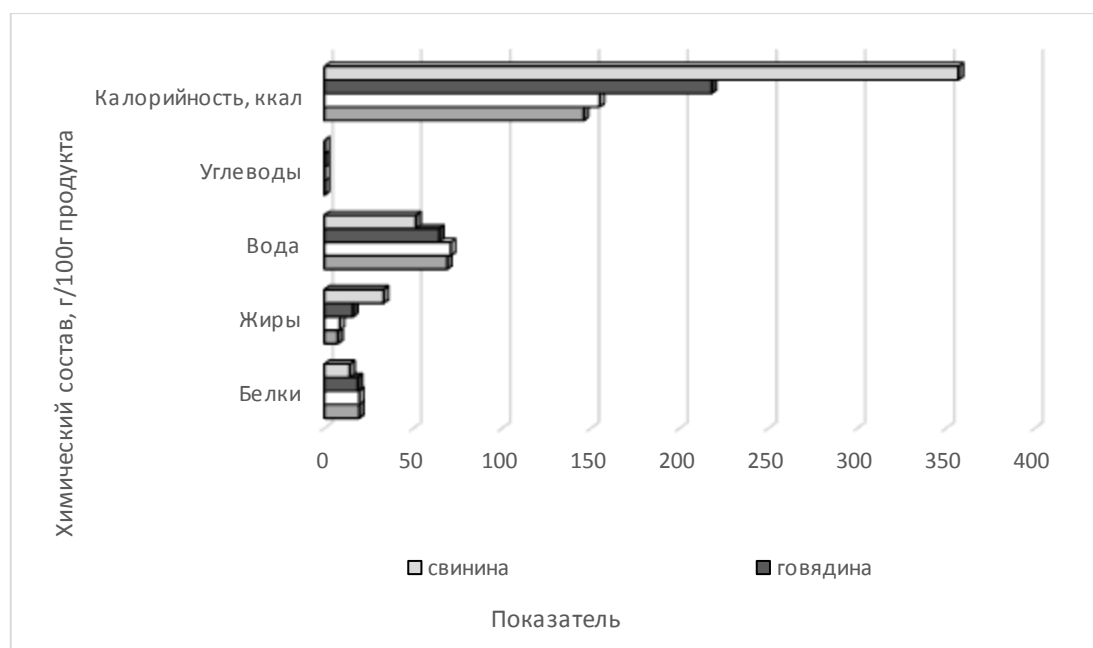


Рис. 1. Сравнительный анализ пищевой и энергетической ценности мяса одомашненного северного оленя

Данные таблицы наглядно отражают незначительную калорийность мяса оленя относительно традиционной говядины и свиной.

Расширение рынка полуфабрикатов высокой степени готовности и быстрозамороженных готовых блюд считается одним из вариантов уменьшения потерь сырья и повышения выпуска производимых продуктов. На текущий момент категория замороженных полуфабрикатов находится в стадии стабильного роста. Создание и выпуск быстрозамороженных продуктов – один из наиболее динамично развивающихся сегментов рынка пищевой промышленности.

На полуфабрикаты, выработанные из мяса, приходится значительная часть рынка замороженных полуфабрикатов, она составляет около 45 % от общего объема всего представленного разнообразия быстрозамороженных продуктов питания.

При определении ассортимента выпускаемой продукции для производства в замороженном виде отталкиваются от обязательного получения приемлемых органолептических показателей разрабатываемого блюда, показателей микробиологии, подтверждающих соответствие нормативной документации, и сохранения высокой пищевой ценности блюда с учетом продолжительности хранения и последующего разогревания. Стоит отметить, что мясные полуфабрикаты должны отвечать более жестким показателям качества – показателям безопасности.

При разработке пищевой продукции особое внимание уделяется ее безопасности, поэтому необходимо производить контроль фактического присутствия токсичных элементов в мясном сырье, проникающих в него на всех стадиях, включая прижизненное существование животного, стадию переработки сырья и выработку продукции.

Осуществлены исследования нового блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами», изготовленного из одной партии мяса одомашненного северного оленя на уровень загрязнения химическими элементами. Проведен анализ экспериментальных данных со значениями, регламентируемыми ТР ТС 021/2011 [3], табл. 2.

Таблица 2

Химические показатели безопасности готового блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами» из мяса одомашненного северного оленя

Показатель	ПДК, не более	Блюдо «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами»
Токсичные элементы, мг/кг		
Мышьяк	0,1	менее 0,083 ± 0,02
Ртуть	0,03	0,017 ± 0,001
Кадмий	0,05	0,008 ± 0,001
Свинец	0,5	0,07 ± 0,02
Антибиотики (ед/г)		
Тетрациклин	0,01	менее 0,002
Левомецитин	0,01	менее 0,0000065
Пестициды, мг/кг		
ДДТ и его метаболиты	0,1	не обнаружены
ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	0,1	не обнаружены
Радионуклиды, БК/кг		
Цезий-137	300	59,9
Стронций-90	–	не обнаружены

Данные, представленные в таблице, подтверждают, что значения химических веществ в исследуемых образцах значительно ниже показателей, установленных нормативной документацией, что обуславливает соответствие нового кулинарного блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами» требованиям, регламентирующим продукты, изготовленные из мясного сырья.

Опираясь на МУК 4.2.1847-04 [4], произведена установка продолжительности и режима хранения готового блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами». По СанПиН 2.3.2.1324-03 готовое блюдо из мяса одомашненного северного оленя хранится в течение 36 ч при температуре 4 ± 2 °С [5]. Определение продолжительности хранения осуществлялось для подтверждения разработанного продукта гигиеническим нормам, которые утверждены на протяжении всего периода хранения и устранения потенциально возможного отрицательного влияния на организм человека. Результаты проведенного анализа приведены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 3

Результаты испытаний микробиологических испытаний й готового блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами» в течение 72 часов

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя по НД	Результат испытаний
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП), в 1,0 г	не допускаются	не обнаружены

Staphylococcus aureus, в 1,0 г	не допускаются	не обнаружены
Proteus, в 0,1 г	не допускаются	не обнаружены

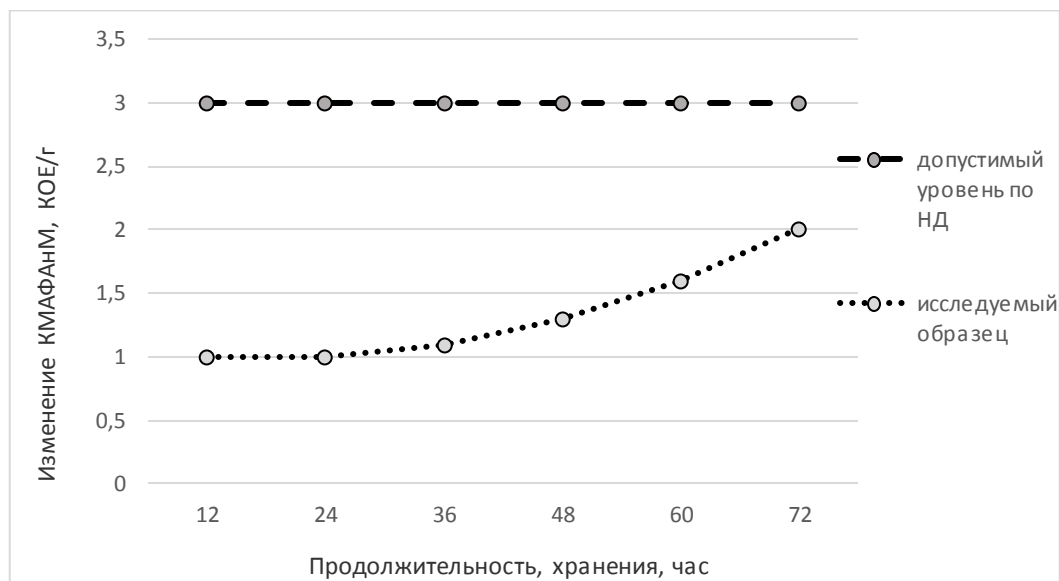


Рис. 2. Динамика численности КМАФАнМ в процессе хранения готового блюда «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами»

По результатам анализа готового блюда по микробиологическим показателям определено изменение КМАФАнМ в процессе хранения готового изделия в течение 72 часов при температуре плюс 5 °С, его уровень значения на протяжении всего срока хранения не превосходил  $1 \cdot 10^3$  КОЕ/г, остальные регламентируемые показатели, не допускаемые в продукции, не обнаружены.

Проведены исследования по воздействию на готовое блюдо «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами» «шоковой заморозки» в течение 40 минут до получения температуры внутри продукта минус 18 °С. Использование данной методики дает возможность сохранить изначальное строение продуктов. При определении органолептических показателей – вкуса и консистенции после процесса размораживания, изменений не происходит, сохраняется жидкость. Шоковая заморозка фактически предотвращает рост и развитие микроорганизмов. Продукты, к которым применяется метод шоковой заморозки отличаются более длительным сроком хранения.

Включение данной продукции в ежедневную жизнь и в розничную сеть, увеличение разнообразия быстрозамороженных вторых блюд, интересно в аспекте исследования таких пищевых продуктов на микробиологические показатели.

Определена динамика численности микроорганизмов готового изделия двух образцов «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами и картофелем» и «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами и рисом» в течение продолжительного времени, 90 суток. Результаты исследований отражены в табл. 4. и на рис. 3.

Таблица 4

Результаты испытаний микробиологических исследований готового блюда «Оленина, тушеная в ягодном соусе с грибами» (с картофелем и рисом) при использовании метода «шоковой заморозки» в течение 90 суток

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя по НД	Результат испытаний
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП), в 1,0 г	не допускаются	не обнаружены
Staphylococcus aureus, в 1,0 г	не допускаются	не обнаружены
Proteus, в 0,1 г	не допускаются	не обнаружены

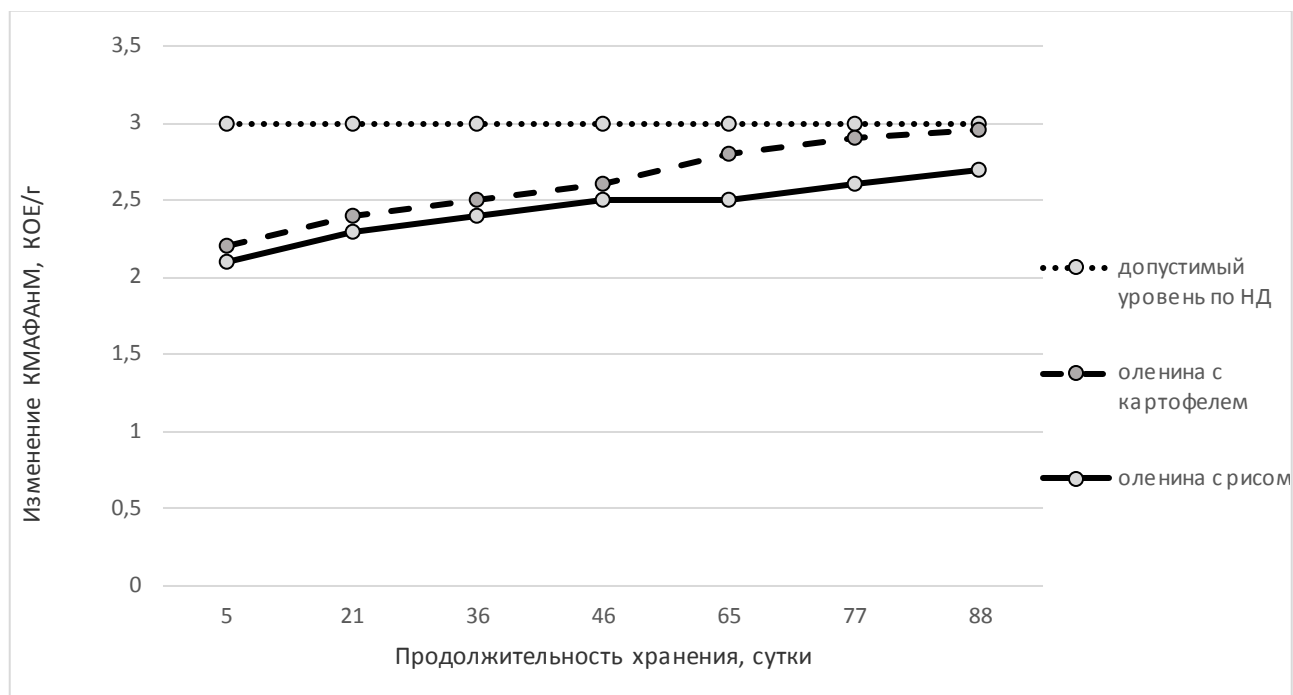


Рис. 3. Динамика численности КМАФАнМ в процессе хранения готового блюда «Оленина, тушенная в ягодном соусе с грибами» (с картофелем и рисом) при использовании метода «шоковой заморозки»

Графические данные наглядно отражают соответствие показателя КМАФАнМ регламентируемым параметрам в течение продолжительного хранения, трех месяцев, значение параметра не превосходило  $1 \cdot 10^3$  КОЕ/г.

**Выводы и рекомендации.** Проведенные эксперименты подтверждают соответствие разработанного кулинарного блюда требованиям СанПиН 2.3.2.1324-03 на протяжении продолжительного срока хранения. Подтверждены пролонгированные сроки годности блюда – три месяца.

Разработанные полуфабрикаты могут использоваться для различных категорий населения и видов питания (рациональное, функциональное и специализированное) из-за незначительного содержания жира (7,5 г/100 г продукта) и высокого содержания белка (19,5 г/100 г продукта).

Проведенные эксперименты подтвердили целесообразность и актуальность применения мяса одомашненного северного оленя при создании новых блюд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поголовье оленей: Основные производственно-экономические показатели развития АПК районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 1991, 1997–1999 гг. М.: Информагротех, 2000. 78 с.
2. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
3. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции. Принят Решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 09.12.2011 г. 2011. 242 с.
4. МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Введ. 2004–06–20. М.: Минздрав России, 2004. 17 с.
5. СанПиН 2.3.2.1324-03. Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. Введ. 2003–06–25. М.: Изд-во РИОР, 2003. 18 с.

#### REFERENCES

1. Pogolov'e oleney: Osnovnye proizvodstvenno-ehkonomicheskie pokazateli razvitiya APK rajonov Krajnego Severa i priravnennyh k nim mestnostej v 1991, 1997–1999 gg. M.: Informagrotekh, 2000. 78 s.
2. Himicheskij sostav rossijskih pishchevyh produktov : spravochnik / pod red. I. M. Skurihina, V. A. Tutel'jana. M.: DeLi print, 2002. 236 s.

3. TR TS 021/2011. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti pishchevoj produkcii. Prinyat Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza № 880 ot 09.12.2011 g. 2011. 242 s.

4. МУК 4.2.1847-04. Sanitarno-ehpidemiologicheskaya ocenka obosnovaniya srokov godnosti i uslovij hraneniya pishchevyh produktov. Vved. 2004–06–20. M.: Minzdrav Rossii, 2004. 17 s.

5. SanPiN 2.3.2.1324-03. Gigienicheskie trebovaniya k srokam godnosti i usloviyam hraneniya pishchevyh produktov. Vved. 2003–06–25. M.: Izd-vo RIOR, 2003. 18 s.

#### ОБ АВТОРАХ

**Богдан Елена Геннадьевна**, аспирант кафедры технологий пищевых производств, Мурманский государственных технический университет; тел.: 8 (950)89-40-450, E-mail: phayana@yandex.ru  
Bogdan Elena Gennadievna, Post-graduate student, Department of Food Technology, Murmansk State Technical University; phone: 8(950)89-40-450, E-mail: phayana@yandex.ru

**Туршук Евгения Григорьевна**, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий пищевых производств, Мурманский государственных технический университет; тел.: 8(911)34-27-706, E-mail: turshukeg@mstu.edu.ru  
Turshuk Eugenia Grigorievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, Murmansk State Technical University; phone: 8(911)34-27-706, E-mail: turshukeg@mstu.edu.ru

Дата поступления 29.01.2019

Т. В. Щедрина [T. V. Shchedrina]  
 Н. С. Лимарева [N. S. Limareva]  
 В. Б. Малахов [V. B. Malakhov]  
 В. Н. Оробинская [V. N. Orobinskaya]  
 Т. Ш. Шалтумаев [T. Sh. Shaltumaev]

УДК 641.51/54  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-115-119

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ В РАБОТЕ  
 СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ**

SAFETY OF PRODUCTS AND SERVICES IN THE MODERN CATERING SECTOR

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет», Институт сервиса,  
 туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорск, Россия

**Аннотация.** В настоящее время в России и, в частности, в регионах Северо - Кавказского федерального округа наблюдается активное развитие рынка предприятий питания. Сильная конкуренция между предприятиями стимулирует развитие новых форм и методов работы. От того, насколько в организации общественного питания будут соблюдаться требования в обеспечении качественных услуг и безопасности, зависит не только количество гостей предприятия, но и здоровье и настроение.

**Цель исследования.** Рассмотреть вопросы обеспечения безопасности продукции и услуг в работе современных предприятий питания. На примере несоответствия установленным требованиям предприятий общественного питания разработаны рекомендации для инновационного развития сферы услуг и обеспечения безопасности с учетом российского и европейского опыта.

**Материалы, методы, результаты.** В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности продукции и услуг в работе современных предприятий питания. На примере несоответствия установленным требованиям предприятий общественного питания, разработаны рекомендации для инновационного развития сферы услуг и обеспечения безопасности с учетом российского и европейского опыта.

**Заключение.** В условиях Северного Кавказа развитие безопасных форм организации производства и обслуживания будет способствовать развитию кулинарного туризма, развитию гастрономических туров, даст возможность создать условия для стабильности экономических секторов экономики.

**Ключевые слова:** предприятия питания, безопасность продукции и услуг, европейский опыт, анализ, совершенствование работы.

*Abstract. Currently, in Russia and, in particular, in the regions of the North Caucasus Federal district there is an active increase of the food sector market. Strong competition between enterprises stimulates the development of new forms and methods of work. Not only the number of guests of the region, but also health and mood depends on the organization of all the requirements providing quality of services and safety in catering.*

*The purpose of the study. To consider the issues of ensuring the safety of products and services in the work of modern food sectors. On the example of non-compliance with the established requirements of food companies, the recommendations for innovative development of services and safety, taking into account the Russian and European experience, were worked out.*

*Materials, methods, results. The article deals with the safety of products and services in the work of modern food companies. On the example of non-compliance with the established requirements of food companies, the recommendations for the innovative development of services and safety, taking into account the Russian and European experience, were worked out.*

*Conclusion. In the North Caucasus the development of safe forms of production and service organization will facilitate the development of culinary tourism and gastronomic tours; it will permit to make conditions for the stability of the economic sectors.*

*Key words: food sectors, safety of products and services, European experience, analysis, development of work.*

Introduction. Different ways of attracting visitors are used in food sector. At the same time, enterprises are obliged to comply with the established state standards including sanitary, fire regulations, technical documents, other rules and regulations which are mandatory requirements for the safety of services for life, health, environment and property. [1]. The organization of work of the enterprises of the Hospitality Industry in Russia is constantly improving, there are new forms in the organization of production and service. Restaurant is a food company that provides the consumer with food and leisure services or without leisure, with a wide range of dishes of complex manufacture, including specialties, alcoholic, soft, hot and other drinks, confectionery and bakery products, purchased goods [2].

Restaurant business is one of the most difficult in the implementation of quality and safety management, taking into account European standards. The providing of safety and services in the operation of food facilities begins at the stage of location selection and design. Placement and layout of production facilities of food and equipment in these areas should ensure consistency of technological processes of production and sales of products and meet the requirements of regulatory documents.

The development of gastronomic tourism in the North Caucasus Federal district determines the necessity to design the menu for the stable operation of food companies and to expand actively new forms of work with guests. The perspective in gastronomic tours is the expansion of specialized enterprises with national cuisine, the development and use of the menu "Caucasus feast". Here, together with tourists, you can cook popular dishes of the mountain peoples, dishes of Russian and Cossack cuisine. This form allows the resort guests to learn more about the culture and traditions of the indigenous people of the region and does not require high cost. When forming the national menu, it is necessary to take into account natural resources of the region, use products grown in the Federal district. This will help to stabilize economic development and to support domestic producers. The range of dishes for guests should include easy-to-cook, but delicious and spectacular to serve: hychiny, Ossetian pies.

This range of menu creates the conditions for opening a small family restaurants and cafes with delicious local cuisine. Available sources of information confirm the interest in the development of national cuisine in the regions. In many cities of Russia, Belarus, Kazakhstan, Georgia, etc., there are open restaurants of national and local cuisine with very interesting concepts: coffee shops, pubs and fast food [1, 2, 6, 7].

Materials and methods. Modern development of society defines new directions in the development of food enterprises. The menu should take into account the interest of consumers to functional products for healthy eating, a range of sports dishes and drinks, dishes and drinks for children, products for consumers with disabilities. [4,5].

Popular in the restaurant menu are dishes from ecological food raw materials in the author's presentation and original design. The art of decorating restaurant dishes becomes an obligatory part of modern restaurant cooking.

New types of food products are widely used in the work of modern food sectors. The author's presentation of dishes using food safety involves the prevention and elimination of potential hazards that may arise at any time from the place of production and to the place of consumption of products.

Since food safety hazards can happen at any stage of the process, proper risk control must be exercised in the operation of the food chain, from food supply to marketing. In fact, food safety can only be supported by the joint efforts of all parties involved: governments, producers, trade organizations and final consumers.

Results. According to the World Health Organization [8], 97 percent of all food poisoning is associated with violation of technological processes and requirements of sanitary norms and regulations. Table 1 presents the analysis of violations in the work of food enterprises.

Table 1

Analysis of violations in the work of public catering enterprises

№ п/п	Review of identified violations	Comment
1.	the mandatory requirements of the sanitary legislation: - to collect garbage and food waste on the territory only one container is available the hard surface area is not equipped	To collect garbage and food waste, separate containers with lids should be equipped, installed on sites with a hard coating. (2.6 SP 2.3.6.1079-01)
2.	the production room of the organization of public food is not equipped with wash basin with hot and cold water to enable staff to wash hands	At public catering enterprises, water supply should be provided from a centralized water supply system, with hot and cold water supply (article 11, article 17 Federal Law of 30.03.1999 №52-FZ, p. 3.1, SP 2.3.6.1079-01)
3.	there is no toilet and sinks for visitors to wash hands	The organization must provide separate toilets and sinks for staff and visitors (p.3.14 SP 2.3.6.1079-01).
4.	used cutting boards and knives have no special marking	The inventory for different types of material (fish, meat, vegetables, raw or cooked products) should be marked and kept separately (article 11, article 17 of the Federal Law of 30.03.1999 g No. 52-FZ, paragraph 6.5 SP 2.3.6.1079-01).



5.	for washing dishes and kitchen utensils, glassware and Cutlery only one 2-slot washing tub is available treatment of ware is carried out without taking into account the concentration and volume of used the instruction about rules of washing of ware and stock is absent	Washing of the dining room and kitchen utensils shall be made separately in two-section and three-section tubs. For the treatment and disinfection of ware certified means must be used. There should be instructions for staff to use them properly (PP. 3.1, 6.11, 6.21, 6.14, 6.15, 6.16 SP 2.3.6.1079-01)
6.	- the results of the daily assessment of the quality of semi-finished products and dishes with indication of the time of manufacture of the product, its name, results are not provided organoleptic assessment, including assessment of the degree of readiness, time of permission for the distribution (sale) of products, name of manufacturer of product name and surname, of person who carried out the organoleptic assessment are not provided	In the organization on a daily basis should be carried out Brackage control (organoleptic assessment) of the finished product, with the entry of the results in the "Brackage journal". (p. 15.1 SP 2.3.6.1079-01)
7.	- the documents confirming quality and safety of food and raw materials are not provided - sale of finished products manufactured outside the public food organization is carried out in the absence of supporting documents (bill of lading, quality and safety certificates, declaration or certificate of conformity) ...	Accompanying documentation (certificates, declarations of conformity, vet. certificates, etc.) must be kept until the full sale of raw materials. Also marking labels from the manufacturer of production (after packing, repacking) should be kept. To be able to identify: the manufacturer, storage conditions, shelf life (clause 1, article 13, part 9, article 17 TR CU 021/2011, p. 1, part 4.1, Art. 4 TR CU 022/2011).
8.	- frozen semi-cooked products (dumplings), packed butter is not marked with the name and expiration date of products, marking labels of packaging places are absent - containers with ready meals stored in the refrigeration equipment do not have a label indicating the name and address of the organization-manufacturer, date and hour of manufacture, storage conditions and shelf life	To control the shelf life, the workpiece must be marked, with the date, time of manufacturing and responsible person who made the workpiece (part 4.12, Art. 4 TR CU 022/2011).

Conclusion. Planned inspections which can be carried out no more than 1 time in 3 years in the same enterprise (organization) on the basis of the approved plan. The specified plan is placed in the General access on the website of Rospotrebnadzor (consumer watchdog).

Unscheduled inspections are usually carried out on the basis of complaints received from consumers, as well as from public authorities, after the signals about low-quality products and, as a result, mass poisoning and diseases. Also such action can be carried out for control of execution of earlier issued instructions about elimination of the revealed violations.

Successful activity which has a favorable impact and a positive result providing safety of production and services delivered to consumers of the enterprise. The absence of complaints about the work of the catering company is a guarantee to avoid unscheduled inspections, to create conditions for the stability of the enterprise.

#### REFERENCES

1. An overview of the rules of rendering of services of public catering in 2019. <http://pravpotrebitel.ru/uslugi/pravila-okazaniya-uslug-obshhestvennogo-pitaniya.html>
2. GOST 30389-2013 catering Services. Public catering enterprises. Classification and General requirements: <http://docs.cntd.ru/document/1200107325>
3. GOST R 56766-2015 catering Services. Products of public catering. Requirements for the manufacture and sale of: <http://docs.cntd.ru/document/1200127184>
4. Nettle T. V., Mayurnikova L. A., Novoselov S. V. The method of integrated assessment of the quality of customer service in the food industry. *Modern science and innovation*, 2018. № 4 (24). P. 148-160.
5. Shchedrina T. V., Sadova V. V., Trubina I. A. the method of evaluation of quality and safety of the recipe composition of food products in the collection: *Modern science. New perspective. Collection of scientific reports. Sp. Z o.o. "Diamond trading tour"*. 2014. P. 23-26.

6. Shchedrina T. V., Shaltumaev T. Sh., Limareva N. S., Orobinskaya V. The quality management and the safety of products in catering organizations on the basis of the HACCP principles. *Modern science and innovation*. 2017. No. 1 (17). P. 110-113.
11. N. S. Lymareva., Sultanaev T. S., Shchedrina T. V., Malakhov V. B. Catering in the conditions of tourism development in the North Caucasus. *Modern science and innovation*. 2017. № 4 (20). P. 100-104.
8. Whether HACCP is in Russia? <http://restoranoff.ru/solutions/solutions/khassp-eto-ne-papka-na-polke-v-restorane>.
9. TR CU 021/2011. On food safety: app. Decision No. 880 of 09.12.2011 of the Commission of the Customs Union; actions. From 01.07.2013.
10. Sanitary and epidemiological requirements for catering organizations, production and turnover of food and food raw materials in them. SP 2.3.6.1079-01. M.: Ministry Of Health, 2001. 72 sec.
11. SanPiN 2.3.2.1078-01 Sanitary rules and regulations. Food raw materials and food products. Hygienic requirements of food safety and nutritional value. M.: book service, 2002.

#### ОБ АВТОРАХ

**Щедрина Татьяна Викторовна**, Доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Школа Кавказского гостеприимства, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Shchedrina Tatyana Viktorovna, Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, School of Caucasus Hospitality, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “North-Caucasus Federal University” in Pyatigorsk

**Лимарева Наталья Сергеевна**, Доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Школа Кавказского гостеприимства, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Limareva Natalia Sergeevna, Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, School of Caucasus Hospitality, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “North-Caucasus Federal University” in Pyatigorsk

**Малахов Вениамин Борисович**, Старший преподаватель кафедры туризма и гостиничного дела, Школа Кавказского гостеприимства, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Malakhov Venjamin Borisovich, Senior Lecturer of the Department of Tourism and Hospitality, School of Caucasus Hospitality, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “North-Caucasus Federal University” in Pyatigorsk

**Оробинская Валерия Николаевна**, Доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Школа Кавказского гостеприимства, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Orobinskaya Valeriya Nikolaevna, Associate Professor of Department of Food Technology and Commodity Science, School of Caucasus Hospitality, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “North-Caucasus Federal University” in Pyatigorsk

**Шалтумаев Тимур Шамильевич**, Доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, Школа Кавказского гостеприимства, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Shaltumaev Timur Shamiljevich, Associate Professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, School of Caucasus Hospitality, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “North-Caucasus Federal University” in Pyatigorsk

Дата поступления в редакцию 14.02.2019

Н. В. Макарова [N. V. Makarova]

Д. Ф. Игнатова [D. F. Ignatova]

Н. Б. Еремеева [N. B. Eremeyeva]

УДК 664.8 + 634.11  
DOI 10.33236/2307-910X-  
2019-25-1-120-129

## ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗЕЛЕНОГО ЧАЯ, БОБОВ КОФЕ, ИВАН-ЧАЯ

THE CHOICE OF EXTRACTION TECHNOLOGY FOR GREEN TEA,  
COFFEE BEANS, CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM

ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия,  
e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

**Аннотация.** Поиск продуктов питания, способствующих снижению риска развития раковых заболеваний – одно из актуальных направлений пищевой промышленности.

**Материалы и методы.** Целью данной работы является: 1) сравнение содержания фенолов, флавоноидов, для зерен кофе, зеленого чая, растения иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*, сравнение антиоксидантной активности экстрактов, полученных из данных видов растительного сырья, полученных при помощи: нескольких методов экстрагирования (настаивания, микроволнового облучения, ультразвуковой обработки; 2) выбор оптимальной технологии экстрагирования из изученных.

**Результаты.** Общее содержание фенолов в исследуемых объектах, в частности для иван-чая *Chamaenerion angustifolium* колеблется 922 мг ГК/100 г – для экстракта иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*), полученного методом настаивания; 1486 мг ГК/100 г для экстракта иван-чая, полученного с использованием ультразвуковой обработки. Содержание фенолов в экстрактах бобов кофе составило 1437 мг ГК/100 г и 1387 мг ГК/100 г в экстрактах зеленого чая, полученных методом обработки ультразвуком. Экспериментально определено, что общее содержание фенолов в ультразвуковом экстракте иван-чая больше по сравнению с экстрактами зерен кофе и зеленого чая.

**Заключение.** С целью получения максимального содержания антиоксидантов из растительного сырья: зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, рекомендуется использовать метод ультразвуковой обработки.

**Ключевые слова:** *Chamaenerion angustifolium*, зеленый чай, зерна кофе, фенольные соединения, антиоксидантная активность, экстракция.

Annotation. Search of food, *sposobstvuyuschih* to reduce the risk of developing cancer – one of the important areas of the food industry.

Materials and methods. The aim of this work is: 1) to compare the content of phenols, flavonoids, coffee beans, green tea, plants Ivan-tea (*Chamaenerion angustifolium*, comparison of antioxidant activity of extracts obtained from these types of vegetable raw materials obtained by several methods of extraction (infusion, microwave irradiation, ultrasonic treatment; 2) the choice of optimal extraction technology from the studied.

Results. The total content of phenols in the studied objects, in particular for willow-tea *Chamaenerion angustifolium* ranges 922 mg ha/100 g – for the extract of willow-herb (*Chamaenerion angustifolium*) obtained by infusion; 1486 mg ha/100 g for the extract of willow-herb obtained using ultrasonic treatment. The content of phenols in coffee bean extracts was 1437 mg ha/100 g and 1387 mg ha/100 g in green tea extracts obtained by ultrasound treatment. It was experimentally determined that the total content of phenols in the ultrasonic extract of Ivan-tea is greater in comparison with extracts of coffee beans and green tea.

Conclusion. In order to obtain the maximum content of antioxidants from vegetable raw materials: coffee beans, green tea, Ivan tea, it is recommended to use the method of ultrasonic treatment.

Key words: *Chamaenerion angustifolium*, green tea, coffee grains, phenolic compounds, antioxidant activity, extraction.

**Введение.** Именно качество и состав пищевых продуктов питания человека считаются основными факторами риска раковых заболеваний [1]. Рак является одним из лидеров по смертности [2]. Эта проблема затрагивает  $\frac{1}{8}$  часть населения земного шара. Основой функционального питания для профилактики рака по мнению многих ученых должны стать функциональные ингредиенты.

Напитки являются одним из основных элементов питания каждого человека. Именно высокая популярность напитков дает возможность их использования в качестве средств для профилактики заболеваний, в том числе и раковых. На настоящий момент чай является одним из самых известных продуктов с доказанной противораковой активностью [3]. Главным классом соединений с противораковыми свойствами считается

класс флавонолов. В статье [3] китайских ученых описана фармадинамика, токсикология, фармакинетика зеленого чая как терапевтического средства против рака.

Результаты работы [4] показывают, что метанольный экстракт зеленого чая способен ингибировать развитие раковых клеток в концентрации 111,9 мг/мл.

В статье [5] приведены результаты изучения антиоксидантных и антиканцерогенных свойств ароматизированных зеленых чаев (манго, жасмин, груша, мята, гранат, лимон, черника). Чай с жасмином обладает высокими антиоксидантными свойствами, тогда как чай с жасмином и черникой – лучшими антиканцерогенными.

Согласно выводам работы [6] эпигаллокатехин галлат из зеленого чая ингибирует пролиферацию раковых клеток линии A-549 при концентрации  $IC_{50}$  25 ммоль и клеток фибробластов при концентрации  $IC_{50}$  100 ммоль.

В Литературном обзоре [7] суммированы данные по изучению химического состава кофе. В состав кофе входят такие соединения как кофеин, кофейная кислота, кахеол, кафестол и т.д. На основании многочисленных публикаций автор дает рекомендации по употреблению кофе для профилактики рака – 2–4 чашки кофе в день.

В работах [8, 9] проведены исследования антиканцерогенного эффекта этанольного экстракта сырых кофейных зерен и идентификация его химического состава. Этанольный экстракт зерен кофе в концентрации 0,1 мг/мл обладает антипролиферативным эффектом против линий клеток рака HeLa и PA-1.

Для растения иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) также обнаружен антиканцерогенный эффект на клеточных линиях MCF7, MDA-MB-468 and MDA-MB-231, сравнимый с таким индивидуальным соединением как рутин.

Кофе и чай являются основными источниками кофеина. При этом обнаружено [11], что кофеин обладает способностью ингибировать развитие различных микроорганизмов, характерных для пищевых продуктов. Кроме этого в обзоре [12] приводятся многочисленные данные по обнаружению у катехинов зеленого чая потенциального действия для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, что может быть использовано для оставления специальных диет.

В работе [13] описаны результаты исследования антимуtagenного действия экстрактов зеленого чая, полученных с помощью петролейного эфира, хлороформа, этанола, воды. Именно этанольный экстракт зеленого чая является самым перспективным противомутагенным агентом.

Исследование [14] антибактериальной активности по диффузионному методу нескольких экстрактов листьев первого и второго сбора зеленого чая, полученных с помощью таких растворителей как петролейный эфир, этилацетат, хлороформ. Именно этилацетатный экстракт более эффективно угнетает развитие патогенных микроорганизмов.

В статье [15] охарактеризованы экстрагируемые и неэкстрагируемые полифенолы зеленого чая. Общее содержание полифенолов в неэкстрагируемой части в 4 раза ниже, чем в экстрагируемой. Однако именно для эфой фракции характерно наличие  $\alpha$ -глюкозидазной ингибирующей активности.

В работе [16] показано, что отходы от переработки кофе могут выступать в качестве сырьевого источника многих антиоксидантов – меланоидинов, кофеина, кофеилхиноновых кислот. Для шелухи кофейных зерен обнаружено наличие нескольких видов антиоксидантной активности [17], также как и для меланоидов кофе, выделенных методом ультрафильтрации [18].

Результаты исследования [19] антиоксидантной и антибактериальной активности 4 брендов чая из Бангладеша (FBOP, BOP, красного и зеленого) доказали, что именно зеленый чай является более полезным.

За последние годы появился целый ряд работы по введению чая и полуфабрикатов из него в пищевые системы: хлеб [20], сыр и молочные продукты [21], пальмовый olein [22].

При изучении [23] химического состава сублимированного экстракта иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) было обнаружено, что основными компонентами являются: гидроксидиннамовые кислоты 9,76 % в виде хлорогеновой кислоты, флавоноиды 11,92 % в виде рутина, танины 24,23 % в виде пиррагаллола, фенольные соединения 20,30 % в виде галловой кислоты.

Кроме того, для растения иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) L. обнаружена [24] зависимость между показателями химического состава и антирадикальной активности и зоной географического произрастания, а также фазой произрастания [25]. Именно в период цветения показатели содержания флавоноидов и антирадикальной активности – наивысшие.

Экстракция является одной из основных технологий извлечения комплекса биологически активных веществ из растительного материала. Так для экстракции фенольных соединений из листьев чая был использован [26] этанол при температурах 40, 50 и 60°C. Было установлено, что более низкие температуры приводят к более высоким значениям содержания фенольных соединений.

В работе [27] приводятся данные по многофакторному анализу с помощью метода поверхности отклика технологических режимов экстракции (концентрация растворителя этанола 0–100 %, время экстракции 3–15 мин, температура экстракции 10–70 °С) для зеленого чая. В качестве контрольного параметра выбрана антирадикальная активность по методу DPPH. Регрессионный анализ позволил установить самые эффективные параметры экстракции зеленого чая для получения высоких значений антирадикальной активности: 57,7 % EtOH, 15 мин и 70 °С.

В другой статье [28] были проведены аналогичные исследования также для зеленого чая. Однако, в качестве контролирующего параметра было выбрано содержание кверцетина. В данном случае оптимальными параметрами являлись 94,7 % этанол, 58,5 мин, модуль экстракции 1:19,4.

Целый ряд работ посвящен исследованиям оптимальных условий экстракции биологических полезных веществ отходов кофе [29]. Установлено [30], что лучшей технологией экстракции является двухфазная – жидкость – твердое вещество, а лучшим растворителем – метанол. Сами кофейные оболочки могут быть использованы как субстрат для твердофазной экстракции [31]. А кофейная пленка выступает в качестве источника антиоксидантных фенольных веществ [32], которые можно выделить с помощью этанола в процессе экстракции.

Микроволновое облучение в настоящее время стало использоваться для повышения эффективности процесса экстракции фенольных соединений из растительных материалов. Так, например, удалось [33] увеличить выход полифенолов из чая при водной экстракции с использованием микроволновой обработки.

С помощью методологии поверхностного отклика были определены [34] оптимальные условия экстракции (концентрация этанола и время микроволнового облучения) для получения высоких значений ряда показателей (выхода экстракта, общего содержания полифенолов, DPPH-радикал ингибирующей способности, восстанавливающей силы) при микроволновой экстракции остатков после фильтрования кофе. Самое высокое значение полифенолов получено при использовании 20 %-го этанола в качестве растворителя при экстракции и микроволновой обработке в течении 40 с при мощности 80 Вт.

Аналогичные исследования были проведены при экстракции зеленого кофе водой и спиртом [35]. При этом в качестве анализируемых показателей выступают общий выход экстракта, содержание хлорогеновых кислот, кофеина, общих полифенолов, антирадикальная активность. Установлено, что для получения максимального количества хлорогеновых кислот и кофеина лучшим растворителем является вода при времени 5 мин, температуре 50°C и мощности 800 Вт.

Используя метод методологии поверхности отклика, были определены оптимальные условия экстракции антиоксидантов при минимальном содержании кофеина из зеленого чая в ультразвуковой экстракции [36]: 19,7 % этанол, 26,4 мин, 24,0 °С. В работе [37] сербских ученых подобные исследования выполнены для *Thymus serpyllum*.

Таким образом, из представленного материала очевидно, что зеленый чай, кофе, растение иван-чай являются перспективным сырьем для получения антиоксидантов, которые также интересны в качестве потенциальных антиканцерогенных веществ. При этом решающую роль в уровне антиоксидантной активности будет играть метод и условия экстракции.

**Целью данной работы является:** 1) сравнительные исследования показателей общего содержания фенолов, флавоноидов, антирадикальной активности по улавливанию свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, восстанавливающей силы, антиоксидантной активности для зерен кофе, зеленого чая, растения иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) для трех технологий экстрагирования (настаивание, микроволновое облучение, ультразвуковая обработка; 2) выбор наиболее оптимальной технологии экстрагирования из изученных.

**Материалы и методы.** *Растительное сырье.* Образцы зеленого чая и зерен кофе закуплены в торговых сетях, образцы иван-ча (*Chamaenerion angustifolium*) – в аптечных сетях г. Самары. Анализы повторены трижды. Для экстракции исходное сырье было измельчено до размера 1,0–2,0 мм.

*Метод мацерации для приготовления экстракта растительного сырья.* Навеску измельченного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0,1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 98 %-го этилового спирта разбавленного водой в соотношении 1:1, выдерживали в термостате при 37 °С в течение 2 ч

при непрерывном перемешивании. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об/мин.

*Метод приготовления экстракта растительного сырья с использованием микроволнового излучения.* Навеску измельченного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0,1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 98 %-го этилового спирта разбавленного водой в соотношении 1:1, обрабатывали микроволновым излучением мощностью 800 Вт в течении 1 мин. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об/мин.

*Метод приготовления экстракта растительного сырья с использованием ультразвукового излучения.* Навеску измельченного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0,1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 98 %-го этилового спирта разбавленного водой в соотношении 1:1, обрабатывали ультразвуковым излучением мощностью 37 кВт 90 мин при 37 °С. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об/мин.

*Метод определения общего содержания фенольных веществ.* Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [38]. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты/100 г виноградных выжимок проводили по калибровочной кривой (мг ГК/100 г).

*Метод определения общего содержания флавоноидов.* Исследования содержания флавоноидов проводят по методу [39] с модификацией для экстракта растительного сырья. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина/100 г виноградных выжимок проводили по калибровочной кривой (мг К/100 г).

*DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила).* Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [40]. Чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность существует параметр – E<sub>C50</sub> – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50 %-ое ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E<sub>C50</sub>.

*FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов).* Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [41] с модификацией для экстракта растительного сырья. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг исходного сырья.

*Метод оценки антиоксидантных свойств с использованием модельной системы с линолевой кислотой.* Метод исследований на модели с линолевой кислотой основан на регистрации перекисления линолевой кислоты, которое определялось по реакции веществ, реагирующих с радикалом аммония и хлоридом железа (II) при 500 нм, образующихся при нагревании при 40 °С за период 120 ч смеси из экстракта растительного сырья, линолевой кислоты, фосфотного буфера и Tween-20 [42].

**Результаты.** Результаты рассчитывали в процентах ингибирования процессов окисления линолевой кислоты.

Таблица 1

Результаты исследования общего содержания фенолов и флавоноидов в экстрактах зерна кофе, Иван-чая, зеленого чая

Методы экстракции	Общее содержание фенолов, мг галловой кислоты/100 г	Общее содержание флавоноидов, мг катехина/100 г
<i>Иван-чай (Chamaenerion angustifolium)</i>		
Мацерация	922	621
Микроволновое излучение	1358	663
Ультразвуковое излучение	1486	794
<i>Зерна кофе</i>		
Мацерация	1339	1122
Микроволновое излучение	1190	966
Ультразвуковое излучение	1437	1257

Зеленый чай		
Мацерация	1329	1092
Микроволновое излучение	1243	903
Ультразвуковое излучение	1386	1125

Таблица 2

Антиоксидантная активность экстрактов Иван-чая, зерна кофе, зеленого чая

Методы экстракции	DPPH метод E <sub>50%</sub> мг/см <sup>3</sup>	FRAP метод ммоль Fe <sup>2+</sup> /1 кг	АА, %
Иван-чай ( <i>Chamaenerion angustifolium</i> )			
Мацерация	4.00	19.98	47.4
Микроволновое излучение	4.45	22.14	37.0
Ультразвуковое излучение	0.58	22.50	52.0
Зерна кофе			
Мацерация	5.52	24.12	29.8
Микроволновое излучение	4.86	23.40	33.0
Ультразвуковое излучение	5.12	24.48	36.7
Зеленый чай			
Мацерация	0.96	20.88	15.6
Микроволновое излучение	0.71	20.52	9.9
Ультразвуковое излучение	0.67	21.00	72.2

Фенольные соединения являются одним из самых известных классов химических соединений, имеющих положительное влияние на сердечно-сосудистую систему человека [43]. Результаты определения общего содержания фенолов в зернах кофе, зеленого чая, иван-чая *Chamaenerion angustifolium* представлены на рис. 1. Согласно этим результатам уровень фенолов в исследуемых объектах колеблется от 922 мг ГК/100 г для экстракта иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*), полученного методом настаивания, до 1486 мг ГК/100 г для экстракта иван-чая, полученного с использованием ультразвукового облучения. Интересно отметить, что ультразвуковые экстракты бобов кофе (1437 мг ГК/100 г) и зеленого чая (1387 мг ГК/100 г) имеют более низкие значения, чем ультразвуковой экстракт иван-чая. В целом можно отметить, что именно использование ультразвукового облучения способствует получению экстрактов с более высокими показателями содержания фенолов.

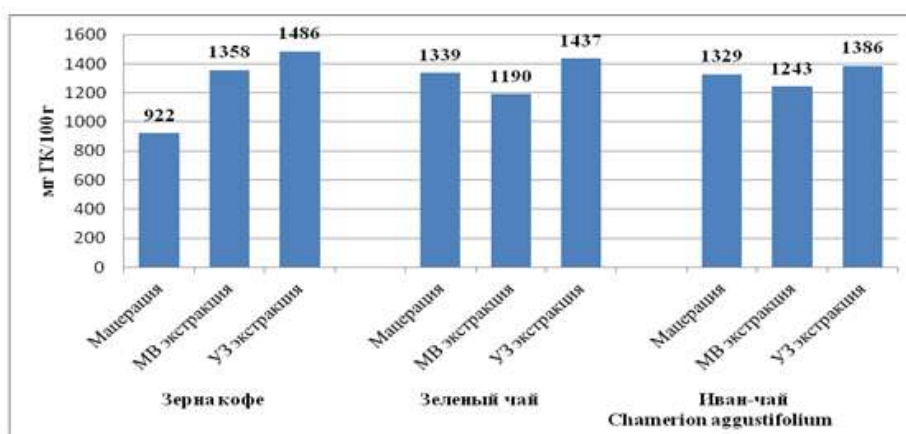


Рис. 1. Результаты определения общего содержания фенолов в экстрактах зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, полученным по трем технологиям

Флавоноиды являются основной группой вторичных метаболитов и многие представители флавоноидов используются в традиционной медицине как фармакологические средства [44]. Результат определения общего содержания флавоноидов в зернах кофе, зеленого чая, иван-чая *Chamaenerion angustifolium* спектрофотометрическим методом представлены на рис. 2. Экстракт зерен кофе, полученный с помощью ультразвуковой обработки обладает наивысшим содержанием флавоноидов (1257 мг К/100 г), тогда как экстракт иван-чая, получен-



ный методом настаивания, – низшее значение (621 мг К/100 г). Общее содержание флавоноидов для экстрактов зеленого чая и иван-чая, полученных с использованием ультразвуковой обработки, ниже значения полученного для зерен кофе. Однако, и в случае флавоноидов показатели выше при использовании ультразвуковой обработки в технологии экстрагирования.

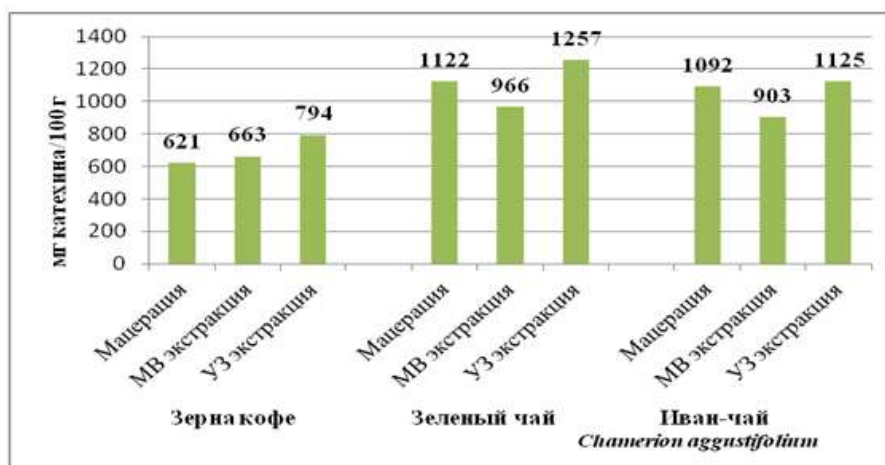


Рис. 2. Результаты определения общего содержания флавоноидов в экстрактах зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, полученным по трем технологиям

Таким образом, для зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, известных как популярные напитки, для получения высоких показателей известных классов антиоксидантов – фенолов и флавоноидов при экстракции необходимо применять ультразвуковую обработку, тогда как, эффективность метода настаивания и микроволновой обработки существенно ниже.

Именно улавливание свободных радикалов является составной частью антиоксидантной способности пищевых систем [45], т.к. именно свободные радикалы наносят наиболее разрушающий эффект на живую клетку. Результаты определения показателя  $E_{c50}$  по улавливанию свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида для зерен кофе, зеленого чая, иван-чая представлены на рис. 3. Именно ультразвуковые экстракты иван-чая и зеленого чая имеют более высокие показатели, отличающиеся от показателей экстрактов зерен кофе, а также экстрактов растительного сырья, полученных методом настаивания и с использованием микроволновой обработки, практически до 10 раз.

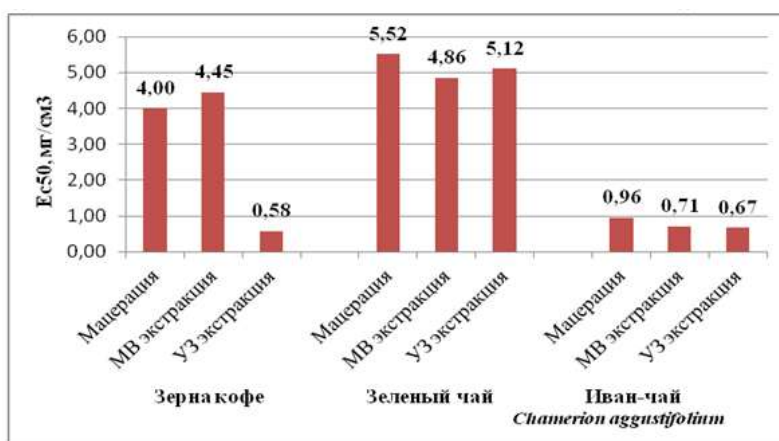


Рис. 3. Результаты определения антирадикальной активности для экстрактов зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, полученных по трем технологиям

FRAP-метод используется как метод оценки способности растительной системы как антиоксиданта при торможении катализирующего действия ионов металлов в процессах окисления [46]. Результаты определения значения FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Potential) для зерен кофе, зеленого чая, иван-чая представлены на рис. 4. Наибольшее значение FRAP-показателя имеет экстракт зерен кофе, полученный с помощью ультразвука

(24,48 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг). Для двух других экстрактов зерен кофе, полученных с помощью технологии настаивания и микроволновой обработки, также характерны высокие значения FRAP показателя (23,40 и 24,12 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг). Тогда как все другие исследуемые объекты уступают этим трем экстрактам зерен кофе. Хотя ультразвуковое облучение является очень эффективным методом экстрагирования для всех изученных растительных систем.

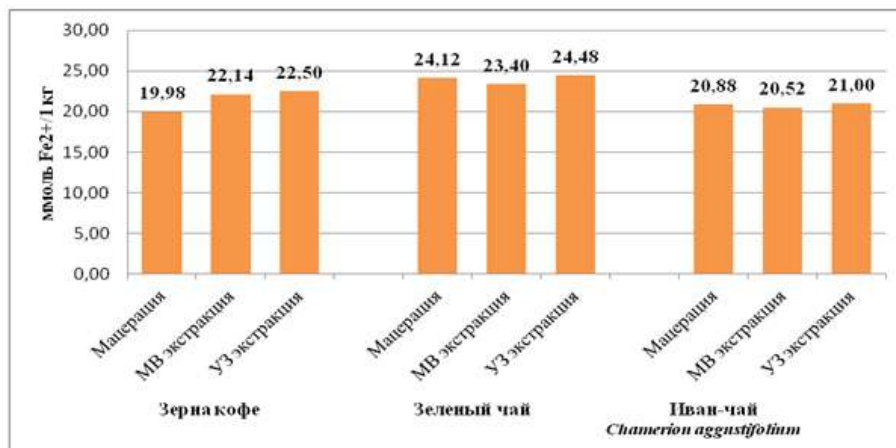


Рис. 4. Результаты определения восстанавливающей силы для экстрактов зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, полученных по трем технологиям

В большей части пищевых продуктов основным ингредиентом определяющим качество является жировая фаза. Именно поэтому одной из характеристик растительного сырья как антиоксиданта является способность к ингибированию процессов окисления в жирных кислотах [46]. Результаты определения антиоксидантной способности для зерен кофе, зеленого чая, иван-чая представлены на рис. 5. Именно экстракт зеленого чая, полученный с использованием ультразвукового облучения проявляет способность ингибировать окисление линолевой кислоты на 72.2 %. Близкий результат (52.0%) показывает ультразвуковой экстракт иван-чая. Тогда как микроволновой экстракт зеленого чая имеет самое низкое значение 9.9%. Уровень остальных показателей находится в этих пределах.

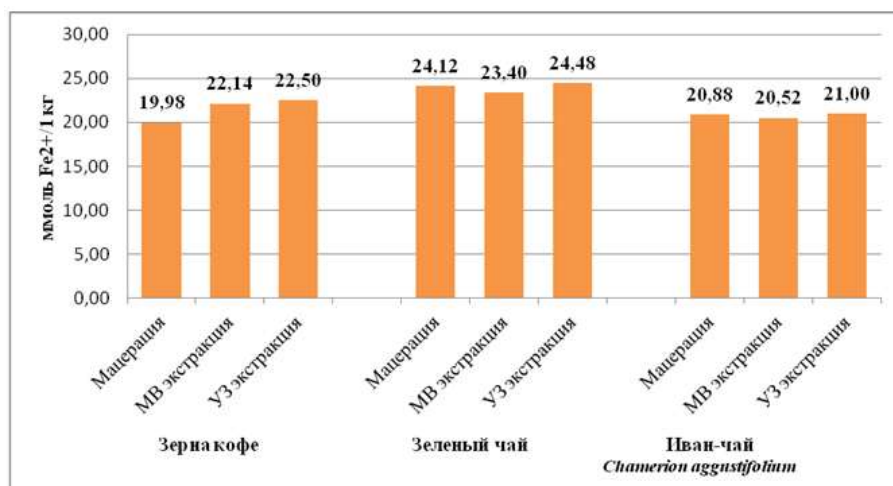


Рис. 5. Результаты определения антиоксидантной активности в системе линолевая кислота для экстрактов зерен кофе, зеленого чая, иван-чая, полученных по трем технологиям

**Заключение.** В результате сравнительного исследования влияния на уровень показателей содержания фенолов и флавоноидов, антирадикальной активности с реактивом 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом, восстанавливающей силы, антиоксидантной активности технологии экстрагирования: традиционного метода настаивания и инновационных технологий микроволнового облучения и ультразвуковой обработки на примере экстрактов исходного сырья для производства очень популярных напитков в России - зерен кофе, зеленого чая,

иван-чая установлено положительное влияние ультразвуковой обработки, что позволяет рекомендовать введение ее в технологию получения экстрактов с целью увеличения содержания биологически активных веществ. А среди напитков как альтернативу кофе и зеленому чаю можно рекомендовать старинный, имеющий широкие возможности для выращивания в России исходного сырья, напиток иван-чай.

#### ЛИТЕРАТУРА \ REFERENCES

1. Kumar D., Singh G., Singh M., Sharma D., Rathore M.S. Diet and functional foods in treatment and maintenance therapy of colon disorders. *J. Appl. Pharm. Sci.* 2012. Vol. 2. N 4. P. 177-187.
2. Aghajanzpour M., Nazer M.R., Obeidavi Z., Akbari M., Ezati P., Kor N.M. Functional foods and their role in cancer prevention and health promotion: a comprehensive review. *Am. J. Cancer Res.* 2017. Vol. 7. N 4. P. 740-769.
3. Cao J., Han J., Xiao H., Qiao J., Han M. Effect of tea polyphenol compounds on anticancer drugs in terms of anti-tumor activity, toxicology, and pharmacokinetics. *Nutrients.* 2016. Vol. 8. P. 762.
4. Geetha B., Santhy K.S. Anti-proliferative activity of green tea extract in Human Cervical Cancer Cells (HeLa). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2013. Vol. 2. N 9. P. 341-346.
5. Alappat B., Sarna J.A., Truong Ch. Anticancer and antioxidant properties of flavored green tea extracts. *J. Agr. and Life Sci.* 2015. Vol. 2. P. 15-24.
6. Huang J., Chen Sh., Shi Y., Li Ch.-H., Wang X.-j., Li F.-j., Wang Ch.-h., Meng Q.-h., Zhong J.-n., Wang Z.-m. Epigallocatechin gallate from green tea exhibits potent anticancer effects in A-549 non-small lung cancer cells by including apoptosis, cell cycle arrest and inhibition of cell migration. *JBUON.* 2017. Vol. 22. N 6. P. 1422-1427.
7. Mishra M., Panta R., Miyares M. Influence of coffee and its components on breast cancer: a review. *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 2016. Vol. 6. N 10. P. 827-831.
8. Rao Sh., Nadumane V.K. Evaluation of the anticancer potential of coffee beans: an *in vitro* study. *Ind. J. Traditional Knowledge.* 2016. Vol. 15. N 2. P. 266-271.
9. Ku B.M., Lee Y.K., Jeong J.Y., Ryu J., Choi J., Kim J.S., Cho Y.W., Roh G.S., Kim H.J., Choi W.S., Kang S.S. Caffeine inhibits cell proliferation and regulates PKA/GSK3 $\beta$  pathways in U87MG human glioma cells. *Mol. Cells.* 2011. Vol. 31. P. 275-279.
10. Maruška A., Ugenskiene R., Raulinaitytė D., Jouzaitytė E., Kaškonienė V., Drevinskas T., Stelmakienė A., Akuneca I., Makaravičius T., Tiso N., Bartkuvienė V., Kornýšova O., Ragažinskienė O., Ramanauskienė K., Briedis V. Analysis of antiproliferative effect of *Chamerion agustifolium* water extract and its fraction on several breast cancer cell lines. *Adv. Med. Sci.* 2017. Vol. 62. P. 158-164.
11. Nonthakaew A., Matan Na., Aewsiri T., Matan Ni. Caffeine in foods and its antimicrobial activity. *Int. Food Res. J.* 2015. Vol. 22. N 1. P. 9-14.
12. Lau S.O., Georgousopoulou E.N., Kellest J., Thomas J., McKune A., Mellor D., Roach P.D., Naumovski N. The effect of dietary supplementation of green tea catechins on cardiovascular disease risk markers in humans: a systematic review of clinical trials. *Beverages.* 2016. Vol. 2. P. 16.
13. Santhy K.S., Geetha B. Antimutagenic effect of green tea extracts in reverse mutation assay. *Int. J. Pharm. Med. and Bio. Sci.* 2013. Vol. 2. N 1. P. 62-67.
14. Ponnusamy P., Aldhafiri F.K., Balakrishnan S. Antibacterial activity of green tea leaves. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2016. Vol. 5. N 11. P. 472-477.
15. Yan Sh., Shao H., Zhou Z., Wang Q., Zhao L., Yang X. Non-extractable polyphenols of green tea and their antioxidant, anti- $\alpha$ -glucosidase capacity, and release during *in vitro* digestion. *J. Func. Foods.* 2018. Vol. 42. P. 129-136.
16. Ludwig I.A., Sanchez L., Caemmerer B., Kroh L.W., De Peña M.P., Cid C. Extraction of coffee antioxidants: impact of brewing time and method. *Food Res. Int.* 2012. Vol. 48. P. 57-64.
17. Zain M.Z.M., Baba A.S., Shori A.B. Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread. *J. King Saud Univ. – Sci.* 2018. Vol. 30. P. 278-282.
18. Passos C., Kukurová K., Basil E., Fernandes P.A.R., Neto A., Nunes F.M., Murkovic M., Ciesarová Z., Coimbra M.A. Instant coffee as a source of antioxidant-rich and sugar-free colored compounds for use in bakery: application in biscuits. *Food Chem.* 2017. Vol. 231. P. 114-121.
19. Nibir Y.M., Sumit A.F., Akhand A.A., Ahsan N., Hossain M.S. Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant and antimicrobial activity of different tea varieties of Bangladesh. *Asian Pacific J. Trop. Biomed.* 2017. Vol. 7. N 4. P. 352-357.
20. Ning J., Hou G.G., Sun J., Wan X., Dubat A. Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT – Food Sci. and Technol.* 2017. Vol. 79. P. 342-348.
21. Rashidinejad A., Birch E.J., Everett D.W. Antioxidant activity and recovery of green tea catechins in full-fat cheese following gastrointestinal simulated digestion. *J. Food Comp. and Anal.* 2016. Vol. 48. P. 13-24.
22. Womeni H.M., Djikeng F.T., Anjaneyulu B., Karuna M.S.L., Prasad R.B.N., Linder M. Oxidative stabilization of RBD palm olein under forced storage conditions by old Cameroonian green tea leaves methanolic extracts. *NFS J.* 2016. Vol. 3. P. 33-40.

23. Feshchenko H., Oleshchuk H., Lukanyuk M., Feshchenko B.M. Investigation of phenolic compounds content in *Chamerion aggustifolium* L. herb freeze-dried extract. *Pharma Innov. J.* 2017. Vol. 6. N 3. P. 40-43.
24. Kaškonienė V., Stankevičius M., Drevinskas T., Akuneca I., Kaškonas P., Bimbiraitė-Survilienė K., Maruška A., Ragažinskienė O., Kornyšova O., Briedis V., Ugenskienė R. Evaluation of phytochemical composition of fresh and dried raw material of introduced *Chamerion aggustifolium* L. using chromatographic, spectrophotometric and chemometric techniques. *Phytochemistry*. 2015. Vol. 115. P. 184-193.
25. Maruška A., Ragažinskienė O., Vyšniauskas O., Kaškonienė V., Bertuvienė V., Kornyšova O., Briedis V., Ramauskienė K. Flavonoids of willow herb (*Chamerion aggustifolium* (L.) Holub) and their radical scavenging activity during vegetation. *Adv. Med. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 136-141.
26. Sytyopratomo P. Extraction of phenolic compounds from green tea using ethanol. *J. Eng. and Appl. Sci.* 2014. Vol. 9. N 9. P. 1516-1521.
27. Kim M.J., Ahn J.H., Kim S.B., Jo Y.H., Liu Q., Hwang B.Y., Lee M.K. Effect of extraction conditions of green tea on antioxidant activity and EGCG content: optimization using response surface methodology. *Nat. Prod. Sci.* 2016. Vol. 22. N 4. P. 270-274.
28. Savic I.M., Nikolic V.D., Savic-Gajiac I.M., Nikolic Lj.B., Moder K., Hopkins M. Optimization of quercetin extraction from green tea (*Camellia sinensis*) using central composite design, and the pharmacological activity of the extract. *Chem. Biochem. Eng.* 2016. Vol. 30. N 1. P. 103-115.
29. Pichai E., Krit S. Optimization of solid-to-solvent ratio and time for oil extraction process from spent coffee grounds using response surface methodology. *J. Eng. and Appl. Sci.* 2015. Vol. 10. N 16. P. 7049-7052.
30. Mussatto S.I., Ballesteros L.F., Martins S., Teixeira J.A. Extraction of antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds. *Separ. and Purific. Technol.* 2011. Vol. 83. P. 173-179.
31. Garcia L.R.P., Biassetto C.R., Araujo A.R., Del Bianchi V.L. Enhanced extraction of phenolic compounds from coffee industry's residues through solid state fermentation by *Penicillium purpurogenum*. *Food Sci. Technol. Campinas.* 2015. Vol. 35. N 4. P. 704-711.
32. Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I. Selection of the solvent and extraction conditions for maximum recovery of antioxidant phenolic compounds from coffee silverskin. *Food Bioprocess Technol.* 2014. Vol. 7. P. 1322-1332.
33. Tram N.N., Hien P.P., Oonh H.N. Optimizing the extraction conditions of phenolic compounds from fresh tea shoot. *J. Food and Nutr. Sci.* 2015. Vol. 3. P. 106-110.
34. Pavlović M.D., Buntić A.V., Šiler-Marinković S.S., Dimitrijević-Branković S.I. Ethanol influenced fast microwave-assisted extraction for natural antioxidants obtaining from spent filter coffee. *Separat. and Purific. Technol.* 2013. Vol. 118. P. 503-510.
35. Upadhyay R., Ramalakshmi K., Rao L.J.M. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans. *Food Chem.* 2012. Vol. 130. P. 184-188.
36. Lee L.-S., Lee N., Kim Y.H., Lee Ch.-H., Hong S.P., Jeon Y.-W., Kim Y.-E. Optimization of ultrasonic extraction of phenolic antioxidants from green tea using response surface methodology. *Molecules.* 2013. Vol. 18. P. 13530-13545.
37. Javanović A.A., Đorđević V., Zdunić G.M., Šavkin K.P., Pljevljakušić D., Bugarski B.M. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from *Thymus serpyllum* and its antioxidant activity. *Hem. ind.* 2016. Vol. 70. N 4. P. 391-398.
38. Cardona F., Andrés-Lacueva C., Tulipani S., Tinahones F.J., Queipo-Ortuño M.I. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *J. Nutr. Biochem.* 2013. Vol. 24. P. 1415-1422.
39. Rezaeian Sh., Pourianfar H.R., Janpoor J. Antioxidant properties of several medicinal plants growing wild in northeastern Iran. *Asian J. Plant Sci. and Res.* 2015. Vol. 5. N 2. P. 63-68.
40. Cleverdon R., Elhalaby Y., McAlpine M.D., Gittings W., Ward W.E. Total polyphenol content and antioxidant capacity of tea bags: comparison of black, red rooibos, chamomile and peppermint over different steep times. *Beverages.* 2018. Vol. 4. P. 15.
41. Masek A., Chrzescijanska E., Latos M., Zaborski M., Podsek A. Antioxidant and antiradical properties of green tea extract compounds. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2017. Vol. 12. P. 6600-6610.
42. Katakai M.S., Murugamani V., Rajkumari A., Mehra P.S., Awasthi D., Yadav R.Sh. Antioxidant, hepatoprotective, and anthelmintic activities of methanol extract of *Urtica dioica* L. leaves. *Pharmaceutical Crops.* 2012. Vol. 3. P. 38-46.
43. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules.* 2014. Vol. 19. P. 16240-16265.
44. Mishra K., Ojha H., Chaudhury N.K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chem.* 2012. Vol. 130. P. 1036-1043.
45. Pokorná J., Venskutonis P.R., Kraujalyte V., Kraujalis P., Dvořák P., Tremlová B., Kopřiva V., Ošťádalová M. Comparison of different methods of antioxidant activity evaluation of green and roast *C. Arabica* and *C. Robusta* coffee beans. *Acta Alim.* 2015. Vol. 44. P. 454-460.
46. Siva R., Rajikin N., Haiyee Z.A., Ismail W.I.W. Assessment of antioxidant activity and total phenolic content from green coffee *Robusta Sp.* beans. *Malais. J. Anal. Sci.* 2016. Vol. 20. P. 1059-1065.

#### ОБ АВТОРАХ

**Макарова Надежда Викторовна**, доктор химических наук, профессор, зав. каф «Технология и организация общественного питания» ФГБОУ ВО Самарского государственного технического университета, г. Самара, Россия, e-mail: marianna419@rambler.ru

Makarova Nadezhda Viktorovna, doctor of chemical Sciences, Professor, head. KAF "Technology and organization of public catering at Samara state technical University, Samara, Russia, e-mail: marianna419@rambler.ru

**Игнатова Динара Фанисовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры "ТиООП" ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет; зав. кафедрой "Технология продукции и организации общественного питания" АНО ВО "Поволжский православный институт им. Святителя Алексия Митрополита Московского, 89879532685, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru  
Ignatova Dinara Fanisovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Tioop" Department of Samara state technical University; Head of the Department "Technology of production and organization of public catering" "Volga Orthodox Institute named after St. Alexis Metropolitan Of Moscow, 89879532685, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

**Еремеева Наталья Борисовна**, старший преподаватель, каф «Технология и организация общественного питания» ФГБОУ ВО Самарского государственного технического университета, г. Самара, Россия, e-mail: rmnatasha@rambler.ru

Eremeeva Natalia, senior lecturer, KAF "Technology and organization of public catering of Samara state technical University, Samara, Russia, e-mail: rmnatasha@rambler.ru

Дата поступления 28.01.2019

Л. Д. Петрова [L. D. Petrova]<sup>1</sup>  
В. Д. Богданов [V. D. Bogdanov]<sup>2</sup>

УДК 664.959.5 / 664.69  
DOI 10.33236/2307-910X-  
2019-25-1-130-135

## РЫБНЫЙ ФАРШ С БЕЛОКСОДЕРЖАЩИМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

FISH FARCE WITH PROTEIN CONTAINING PLANT ADDITIVES

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

**Аннотация.** Рациональное и эффективное использование гидробионтов в рыбоперерабатывающей отрасли является одним из актуальных направлений.

**Материалы и методы.** Рассмотрены вопросы возможности использования муки, вырабатываемой из семян амаранта и нута в технологии производства фаршевых систем из минтая.

**Результаты.** Изучен химический состав амарантовой и нутовой муки, который обосновывает целесообразность ее использования в качестве белоксодержащих и структурообразующих добавок при производстве рыбных формованных изделий. Исследовано влияние муки из семян амаранта и нута на функционально-технологические показатели, в частности, водоудерживающую способность фаршевых систем из минтая, потери массы изделий при тепловой обработке органолептические свойства готовой продукции. На основании проведенных исследований установлено оптимальное содержание введения в рыбные фаршевые системы растительных добавок в количестве 10,0 % к массе сырья. Исследование химического состава показало, что добавление к фаршу минтая муки из семян амаранта и нута повышает пищевую ценность фаршевых композиций по сравнению с контрольным образцом.

**Заключение.** На основании полученных исследований представляется перспективным производство фаршей из минтая с использованием амарантовой и нутовой муки в количестве 10,0 % к массе сырья, что позволяет улучшить их функционально-технологические свойства, пищевую ценность и расширить ассортимент белоксодержащих добавок из отечественного сырья в рыбной промышленности.

**Ключевые слова:** амарантовая мука, нутовая мука, рыбный фарш, функционально-технологические свойства.

**Abstract.** The paper explores the possibility of using flour produced from seeds of amaranth and chickpea in the production technology of pollock minced systems are considered.

**Materials and methods.** The chemical composition of amaranth and chickpea flour was studied, which substantiates the expediency of its use as protein-containing and structure-forming additives in the production of fish molded products.

**Results.** The effect of flour from seeds of amaranth and chickpea on the functional and technological indicators, in particular, the water-holding capacity of minced pollock systems, the weight loss of products during heat treatment and the organoleptic properties of the finished product were investigated. On the basis of the conducted research, the optimal content of the introduction of vegetable additives in the fish stuffing systems in the amount of 10.0% by weight of raw materials was established. The study of the chemical composition showed that the addition of pollock from amaranth seeds and chickpea to the mincemeat of pollock enhances the nutritional value of the minced compositions in comparison with the control sample.

**Conclusion.** On the basis of the research obtained, it seems promising to produce minced meat from pollock using amaranth and chickpea flour in an amount of 10.0% by weight of raw materials, which allows to improve their functional and technological properties, nutritional value and expand the range of protein-containing additives from domestic raw materials in the fish industry.

**Key words:** amaranth flour, chickpea flour, fish farce, functional and technological properties.

**Введение.** Устойчивым трендом развития рыбоперерабатывающей отрасли является рациональное и эффективное использование гидробионтов. Перспективным направлением в этой связи является поиск технологичной переработки рыбного сырья с низкими функционально-технологическими свойствами, одними из которых являются донные виды рыб. Мясо донных рыб - минтай, лемонема, треска, характеризуется высоким содержанием воды (более 80,0 %), обводненной консистенцией, низкой водоудерживающей способностью, что является причиной высоких потерь массы изделий при тепловой обработке и объясняется значительным количеством свободной воды в мышечной ткани [1–3]. Измельченную мышечную ткань таких рыб целесообразнее использовать в виде фарша. При производстве фаршевых систем из донных рыб возникают сложности, связанные с особенностями функционально-технологических свойств этого вида сырья, которые требуют дополнительной кор-

ректировки их структуры. Дляповышения функционально-технологических свойств измельченной мышечной ткани рыб, водоудерживающей, формирующей способностей и улучшения органолептических показателей формованных изделий, в частности сочности и выхода готовых изделий, необходимо применение структурообразующих добавок.

В последние годы широкое применение получили в качестве структурообразователей белоксодержащие добавки растительного происхождения – амарантовая и нутовая мука, вырабатываемые из отечественного сырья. Мука из семян амаранта и нута используется при производстве макаронных изделий, хлебобулочной продукции и мясных полуфабрикатах [4–8]. Применение в различных отраслях пищевой промышленности муки из семян нута и амаранта обусловлено тем, что она обладает высокими функционально-технологическими свойствами (водосвязывающей, водоудерживающей, гелеобразующей способностью) и пищевой ценностью. В амарантовой и нутовой муке содержится довольно большое количество белков и крахмала, для которых характерна повышенная способность связывать и поглощать свободную воду [4, 7, 8, 10–12].

**Целью работы** является исследование влияния амарантовой и нутовой муки на функционально-технологические свойства фарша из минтая.

**Материалы и методы.** Основным объектом исследования является минтай тихоокеанский (*Theragra chalcogramma*) мороженый, хранившийся при температуре не выше минус 18 °С не более 3 месяцев, соответствующий ГОСТу 32366-2013. В качестве растительных добавок используются мука амарантовая, вырабатываемая по СТО 53548590-044-2016, мука нутовая – по ТУ 9293-009-89751414-10.

Исследование химического состава фаршевых систем из минтая - массовой доли воды, белка, липидов, минеральных веществ, водоудерживающей способности осуществляли с применением общепринятых методик по ГОСТу 7636-85«Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Потери массы при тепловой обработке определяли методом взвешивания до и после тепловой обработки. Оценку качества готовой продукции проводили в соответствии с ГОСТ 7631-2008 по следующим органолептическим показателям: консистенции, вкусу и запаху, цвету. Для обеспечения надежности результатов в научных экспериментах принята доверительная вероятность  $P = 0,95$  и доверительный интервал  $\Delta \pm 10 \%$ .

**Результаты и обсуждение.** На первом этапе изучили химический состав амарантовой и нутовой муки (табл.1) в сравнении с пшеничной мукой высшего сорта [4, 5, 9, 11].

Таблица 1

Химический состав растительных культур

Показатель	Мука пшеничная, высший сорт	Мука амарантовая	Мука нутовая
Вода, %	14,0	14,0	10,2
Белки, %	10,3	20,0	20,0
Липиды, %	1,1	4,0	4,0
Углеводы, %	70,1	65,0	48,0
Крахмал	62,3	52,6	42,9
Пищевые волокна,%	3,5	6,5	4,6
Минеральные вещества,%	0,5	2,8	3,1

Анализ сравнительных характеристик по химическому составу показывает (табл. 1), что мука из семян амаранта и нута превосходит пшеничную муку высшего сорта по содержанию общего белка и липидов в 2,0 и 3,6 раза соответственно. В амарантовой и нутовой муке содержание минеральных веществ и пищевых волокон также выше в 5,6 и 6,2 раза соответственно и в 1,9 и 1,3 раза соответственно по сравнению с пшеничной мукой. Высокое содержание белков, крахмала и пищевых волокон, способных к набуханию, определяет высокие водоудерживающие и водосвязывающие свойства муки из семян амаранта и нута [4, 7, 8, 10].

Таким образом, химический состав амарантовой и нутовой муки показывает целесообразность ее применения в качестве белоксодержащей и структурообразующей добавки при производстве рыбных формованных изделий.

Для установления оптимального количества амарантовой и нутовой муки и определения ее влияния на качество модельных образцов проведены исследования функционально-технологических свойств – водоудер-

живающей способности фаршевых систем из минтая, потери воды в изделиях при термической обработке и органолептических показателей готовой продукции.

При приготовлении фарша из мороженого минтая, рыбу размораживают до температуры в толще блока от 0 доминус 2 °С, разделяют на филе, промывают и измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 3–4 мм. В измельченную мышечную ткань минтая вводят в сухом виде амарантовую и нуттовую муку в количестве от 5,0 до 15,0 % от массы сырья, перемешивают в течение 2-3 минут на фаршемешалке при скорости вращения 1500 об/мин и оставляют для набухания в течение 20 минут. В качестве контрольного образца служит измельченная мышечная ткань из минтая без добавок.

Результаты исследования водоудерживающей способности модельных образцов фарша, представленные на рисунке 1, показывают, что с увеличением количества амарантовой и нуттовой муки водоудерживающая способность фаршевых систем возрастает. Необходимо отметить, что водоудерживающая способность образцов с амарантовой мукой несколько выше, чем в случае использования нуттовой муки. Так, при применении амарантовой муки в количестве от 5,0 до 15,0 % водоудерживающая способность составляет от 54,3 до 72,3 %, нуттовой муки в тех же количествах от 53,4 до 70,2 %.

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рисунке 2, показывает, что в комбинированных фаршевых системах с увеличением содержания растительных добавок потери уменьшаются с 24,3 в контрольном образце до 6,5–5,6 % в опытных образцах. При этом образцы с амарантовой мукой имеют меньшие потери по сравнению с аналогичными образцами с нуттовой мукой.

Увеличение показателей водоудерживающей способности и выхода готовой продукции связано с введением в фаршевые системы растворимого белка, крахмала и пищевых волокон, содержащихся в амарантовой и нуттовой муке и с их высокой способностью к связыванию, удержанию воды и набуханию [4, 7, 8, 10].

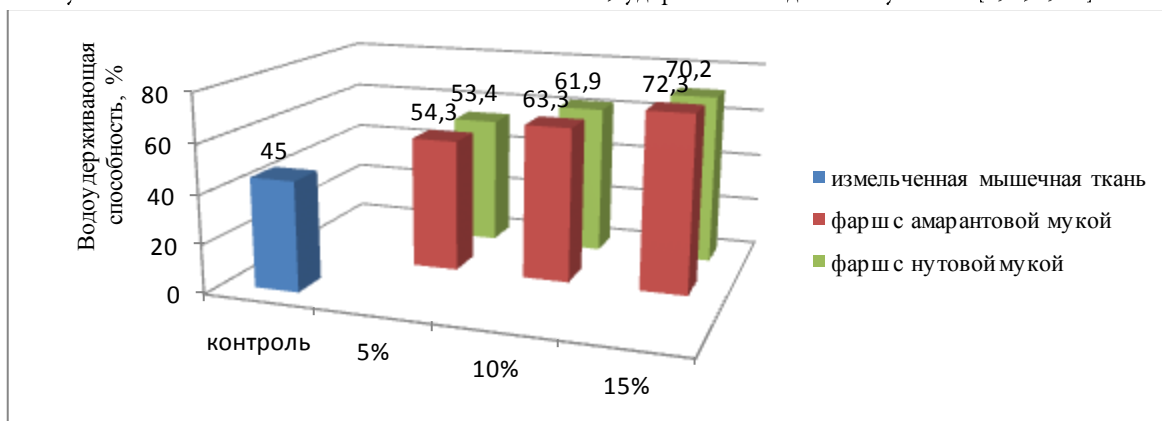


Рис. 1. Влияние содержания амарантовой и нуттовой муки на водоудерживающую способность фаршевых систем из минтая

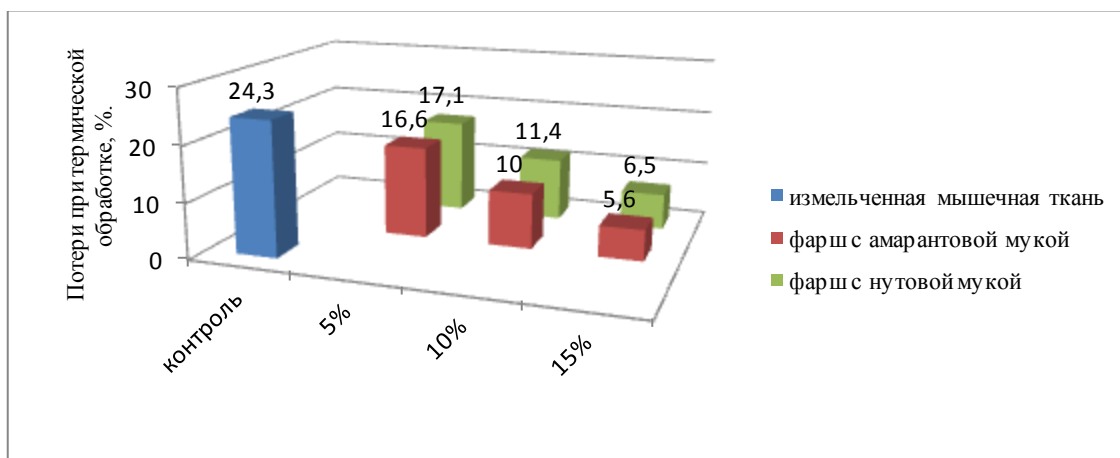


Рис. 2. Влияние содержания амарантовой и нуттовой муки на потери воды при термической обработке в готовых изделиях из минтая

Приведены исследования органолептических показателей изделий из фаршевых систем минтая (табл. 2), в которые вносили амарантовую и нуттовую муку в сухом виде в количестве от 5,0 до 15,0 % , поваренную



соль –1,5 % от массы сырья. Полуфабрикаты из фаршевых систем подвергали термической обработке (варка на пару) при температуре 100±2 в течение 20 минут.

Результаты исследования (табл. 2) показывают, что с увеличением массовой доли амарантовой и нутовой муки до 10,0 % органолептические свойства готовой продукции улучшаются. Экспериментальные образцы имеют присущий рыбный запах с легким ореховым ароматом, сочную и нежную консистенцию. При дальнейшем увеличении содержания вводимых растительных добавок изделия приобретают ощутимый вкус и запах амарантовой и нутовой муки, менее выраженный вкус рыбы, излишне плотную и суховатую консистенцию, желтый цвет на разломе со светло-серым оттенком. В случае использования в качестве добавки амарантовой муки значения органолептических показателей уступают показателям образцов изделий с нутовой мукой.

Таблица 2

Влияние амарантовой и нутовой муки на органолептические показатели котлет из фарша минтая

Показатели	Консистенция	Вкус, запах	Цвет
Контрольный образец	Рыхлая, рассыпчатая	Свойственный рыбному продукту	Светло-серый
Содержание нутовой муки, %			
5	Умеренно пластичная	Свойственный рыбному продукту	Светло-серый
10	Пластичная сочная, нежная	Свойственный рыбному продукту с легким ореховым ароматом	Светло-серый с желтоватым оттенком
15	Плотная, суховатая	Выраженный вкус и запах нутовой муки	Светло-серый с желтым оттенком
Содержание амарантовой муки, %			
5	Умеренно пластичная	Свойственный рыбному продукту	Светло-серый
10	Пластичная сочная, нежная	Свойственный рыбному продукту с легким ореховым ароматом	Светло-серый с желтоватым оттенком
15	Упругая, суховатая	Выраженный вкус и запах амарантовой муки	Желтый со светло-серым оттенком

Таким образом, внесение амарантовой и нутовой муки в количестве 10,0 % от массы сырья в рыбные фаршевые системы приводит к улучшению функционально-технологических свойств и органолептических показателей модельных образцов.

Исследован химический состав фаршевых систем с использованием амарантовой и нутовой муки в количестве 10,0 % от массы сырья и фарша из минтая – контрольного образца (табл. 3).

Таблица 3

Влияние муки из семян амаранта и нута на химический состав фаршевых систем из минтая

Показатели	Фарш из минтая (контрольный образец)	Фарш с 10,0 % амарантовой муки	Фарш с 10,0 % нутовой муки
Белки, %	14,7	15,2	15,2
Липиды, %	0,7	1,0	1,0
Углеводы, %	-	6,5	4,8
Минеральные вещества, %	1,1	1,3	1,2
Вода, %	83,5	76,0	77,8

Анализ результатов химического состава свидетельствует (табл. 3), что использование амарантовой и нутовой муки в количестве 10,0 % от массы рыбного сырья позволяет увеличить содержания белка на 3,4 %, липидов – 42,8 %, минеральных веществ – 18,2 и 9,1 %, углеводов – 6,5 и 4,8 % соответственно по сравнению с контрольным образцом. В экспериментальных образцах одновременно наблюдается уменьшение содержания воды на 9,0 и 6,8 % соответственно по сравнению с измельченной мышечной тканью минтая.

Таким образом, результаты исследования химического состава разработанных рыборастворительных полуфабрикатов свидетельствуют о том, что амарантовая и нутовая мука улучшает их пищевую ценность.

**Заключение.** Проведенные исследования показывают, что для улучшения функционально-технологических свойств фарша из минтая с содержанием воды более 80,0 % необходимо использование белок-содержащих добавок, в частности, амарантовой и нутовой муки.

В фаршевых системах из минтая с увеличением массовой доли амарантовой и нутовой муки в количестве от 5,0 до 15,0 % водоудерживающая способность повышается с 53,4 до 72,3 %, что объясняет низкие потери при их тепловой обработке.

Органолептические исследования продемонстрировали, что готовые изделия из композиционных фаршевых систем с использованием амарантовой и нутовой муки в количестве 10,0 % от массы сырья характеризуются высокими потребительскими свойствами – сочной и нежной консистенцией с приятным ореховым ароматом.

В результате исследования пищевой ценности установлено, что разработанные рыборастворительные фаршевые системы превосходят измельченную мышечную ткань минтая по содержанию белка, липидов, углеводов и минеральных веществ.

Таким образом, производство фаршевых систем из минтая, содержащих амарантовую и нутовую муку в количестве 10,0 % от массы сырья является перспективным, позволяющим рационально использовать рыбное и растительное сырье и получить рыбную продукцию высокого качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Л. С. Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья. М.: ВНИРО, 2005. 175 с.
2. Петрова Л. Д. Структурированные многокомпонентные фаршевые системы на основе глубоководных рыб: монография / Л. Д. Петрова, В. Д. Богданов. Владивосток: Дальнаука, 2013. 224 с.
3. Дроздова Л. И., Пивненко Т. Н. Особенности реологических показателей фаршей из глубоководных рыб и продукции из них // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2013. Т. 172. С. 274-281.
4. Корнева О. А. и др. Обоснование использования нутовой муки в технологии безглютеновых продуктов / Корнева О. А., Баклагова С. С., Лысенко О. С., Сертакова И. Ю., Корнева А. А. // Научные труды КубГТУ. № 14. 2016. С. 833-841
5. Кучер А. С., Троцкая Т. П., Ануфрик С. С., Анучин С. Н. Исследование влияния амарантовой муки на качество хлебобулочных изделий // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. № 3 (41). С. 44-52.
6. Садыгова М. К., Шелубкова Н. С., Магомедов Г. О. Нутовая мука в производстве макаронных изделий // Хлебопечение России. 2012. № 2. С. 30-31.
7. Шарипова Т. В. Перспективы использования зернобобовой культуры нут в производстве мясорастительных продуктов для геродиетического питания / Т. В. Шарипова, Н. М. Мандро // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. №12. С. 102-106.
8. Решетник Е. И. и др. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности: монография / Е. И. Решетник, Т. В. Шарипова, В. А. Максимюк. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2016. 197 с.
9. Чижикова О. Г. и др. Использование продуктов переработки зерна пшеницы для мясных рубленых полуфабрикатов геродиетического назначения / Чижикова О. Г., Нижельская К. В., Коршенко Л. О. // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2017. № 4. С. 123-131.
10. Горлов И. Ф. и др. Производство мягких сыров из козьего молока с использованием растительных ингредиентов / Горлов И. Ф., Гарьянова В. А., Короткова А. А., Храмова В. Н. // Зоотехническая наука Беларуси. 2015. Т. 50. № 2. С. 162-170.
11. Севастьянова А. Д. Перспективы использования амаранта в питании // Приоритетные направления развития современной науки молодых ученых аграриев материалы V-ой международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённые 25-летию ФГБНУ "Прикаспийский НИИ аридного земледелия". 2016. С. 756-760.
12. Зайнуллина Л. Х. Технология производства творога функционального назначения с добавлением амарантовой мукой // Наука и инновации в АПК XXI века Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 145-летию академии. 2018. С. 343-346.

#### REFERENCES

1. Abramova L. S. Polikomponentnye produkty pitaniya na osnove rybnogo syr'ya. M.: VNIRO, 2005. 175 s.
2. Petrova L.D. Strukturirovannye mnogokomponentnye farshevye sistemy na osnove glubokovodnykh ryb: monografiya / L. D. Petrova, V. D. Bogdanov. Vladivostok: Dal'nauka, 2013. 224 s.

3. Drozdova L. I., Pivnenko T. N. Osobennosti reologicheskikh pokazatelei farshei iz glubokovodnykh ryb i produktsii iz nikh // Izvestiya TINRO (Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra). 2013. T. 172. S. 274-281.
4. Korneva O. A. i dr. Obosnovanie ispol'zovaniya nutovoi muki v tekhnologii bezglyutenovykh produktov / Korneva O. A., Baklagova S. S., Lysenko O. S., Sertakova I.Yu., Korneva A. A. // Nauchnye trudy KubGTU. № 14. 2016. S. 833-841
5. Kucher A. S., Trotskaya T. P., Anufrik S. S., Anuchin S. N. Issledovanie vliyaniya amarantovoi muki na kachestvo khlebobulochnykh izdelii // Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii. 2018. № 3 (41). S. 44-52.
6. Sadygova M. K., Shelubkova N. S., Magomedov G. O. Nutovaya muka v proizvodstve makaronnykh izdelii // Khlebopechenie Rossii. 2012. № 2. S. 30-31.
7. Sharipova T. V. Perspektivy ispol'zovaniya zernobobovoi kul'tury nut v proizvodstve myasorastitel'nykh produktov dlya gerodieticheskogo pitaniya / T. V. Sharipova, N. M. Mandro // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. №12. S. 102-106.
8. Reshetnik E. I. i dr. Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pokazatelei pishchevoi tsennosti: monografiya / E. I. Reshetnik, T. V. Sharipova, V. A. Maksimyyuk. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyi GAU, 2016. 197 s.
9. Chizhikova O. G. i dr. Ispol'zovanie produktov pererabotki zerna pshenitsy dlya myasnykh rublenykh polufabrikatov gerodieticheskogo naznacheniya / Chizhikova O. G., Nizhel'skaya K. V., Korshenko L. O. // Izvestiya DVFU. Ekonomika i upravlenie. 2017. № 4. S. 123–131.
10. Gorlov I. F. i dr. Proizvodstvo myagkikh syrov iz koz'ego moloka s ispol'zovaniem rastitel'nykh ingredientov / Gorlov I. F., Gar'yanova V. A., Korotkova A. A., Khramova V. N. // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2015. T. 50. № 2. S. 162-170.
11. Sevast'yanova A. D. Perspektivy ispol'zovaniya amaranta v pitanii // Prioritetnye napravleniya razvitiya sovremennoi nauki molodykh uchenykh agrariy materialy V-oi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennye 25-letiyu FGBNU "Prikspiiskii NII aridnogo zemledeliya". 2016. S. 756-760.
12. Zainullina L. Kh. Tekhnologiya proizvodstva tvoroga funktsional'nogo naznacheniya s dobavleniem amarantovoi mukoi // Nauka i innovatsii v APK KhKhI veka Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi 145-letiyu akademii. 2018. S. 343-346.

#### ОБ АВТОРАХ

**Петрова Лариса Даниловна**, кандидат технических наук, доцент кафедры инноватики, качества, стандартизации и сертификации, Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток.  
 Контакты: тел.+79046280671, e-mail: petrova\_ld@mail.ru  
 Petrova Larisa Daniilovna, Ph.D., Senior Researcher, Far Eastern Federal University, Russia, Vladivostok.  
 Tel. +79046280671, e-mail: petrova\_ld@mail.ru

**Богданов Валерий Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Россия, Владивосток. тел. +79089950083, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru  
 Bogdanov Valery Dmitrievi, D. Tech. Sc., Professor, Russia, Vladivostok. Tel. +79089950083,  
 e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

Дата поступления в редакцию 11.02.2019

Е. В. Фоменко [E. V. Fomenko]  
 А. Х.-Х. Нугманов [A. H.-H. Nugmanov]  
 О. А. Алексанян [O. A. Aleksanyan]  
 Т. С. Нгуен [T. S. Nguyen]

УДК [536.712:536.75/.77]:  
 [664.231:66.081]  
 DOI 10.33236/2307-910X-  
 2019-25-1-136-146

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ  
 НА ОСНОВЕ ЕЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF WHEAT GLUTEN ON THE BASIS  
 OF ITS HYGROSCOPIC PROPERTIES

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
 г. Астрахань, Россия, e-mail: albert909@yandex.ru

**Аннотация.** Для влажных термолабильных материалов, к которым относится пшеничная клейковина, статическое равновесие между продуктом и окружающей средой, наступает при условии, когда состояние системы «влажное тело – газ» не изменяется во времени под действием различных внутренних факторов. При таком равновесии количество влаги в гигроскопичном продукте зависит от его вида, вида и энергии содержащейся в нем влаги, и ряда параметров, в частности, температуры и парциального давления паров воды над поверхностью продукта и важно при исследовании гигроскопичности сырья.

**Материалы и методы.** В статье рассмотрены две основные группы методов получения изотермы сорбции – статические и динамические, что используется для экспериментального определения гигроскопических свойств используются. В рамках данного эмпирического исследования гигроскопических характеристик пшеничной клейковины определялась ее гигроскопичность, характеризующая равновесную влажность продукта, посредством тензометрического метода Ван Бамелена. При определении влажности образцов также определялась погрешность (не менее 3÷5 повторности). Анализ погрешностей на основании статистического анализа выявил, что интервал погрешности результатов имеет тенденцию к росту при разных температурах при росте относительной влажности воздуха.

**Результаты.** После реализации серии экспериментов на эксикаторной опытной установке были получены изотермы сорбции влаги клейковиной пшеничной, при температурах воздуха 298К и 313К. Математическая обработка экспериментальных данных представлена в виде обобщенной логарифмической зависимости логарифма активности воды от температуры и влагосодержания. На основе полученного обобщенного аппроксимирующего уравнения изотерм сорбции и зная соотношение между влагосодержанием исследуемого материала и известными значениями численных значений показателя активности воды можно определить численные значения свободной энергии, связанной энергии и внутренней энергии (теплового эффекта) процесса сорбции. В процессе удаления влаги, теплоту испарения связанной с материалом, можно представить как сумму: теплоты парообразования свободной влаги, теплоты смачивания и теплоты, учитывающей энтропийную составляющую в уравнении Гиббса-Гельмгольца.

В статье также графически представлена зависимость удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности в процессе сорбции паров воды клейковиной пшеничной. Характер зависимостей удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности для исследуемого продукта типичен для большинства белковых полимеров и обусловлен различными энергетическими формами связи влаги с материалом. Точки перегиба на кривых соответствуют границам между различными формами связи влаги с материалом.

**Заключение.** Функциональная зависимость согласно формуле 23 позволяет, зная численные значения эмпирических коэффициентов, определить численные значения удельной тепловой энергии испарения для подстановки в дифференциальное уравнение теплопереноса при моделировании теплообменных процессов сушки исследуемого продукта.

**Ключевые слова:** термодинамический анализ, клейковина, глютен, изотермы сорбции, влагосодержание, адсорбция, тепловой эффект, энтропия.

*Abstract. For wet thermolabile materials, which include wheat gluten, the static balance between the product and the environment, occurs under the condition that the state of the "wet body – gas" does not change over time under the influence of various internal factors. At this equilibrium, the amount of moisture in the hygroscopic product depends on its type, type and energy of moisture contained in it, and a number of parameters, in particular, the temperature and partial pressure of water vapor over the surface of the product and is important in the study of the hygroscopicity of raw materials.*

*Materials and methods. The article discusses two main groups of methods for obtaining sorption isotherms – static and dynamic, which is used for the experimental determination of hygroscopic properties are used. Within the framework of this empirical*

study of the hygroscopic characteristics of wheat gluten, its hygroscopicity was determined, which characterizes the equilibrium moisture of the product, by means of the tensometric method of Van Bamelin. The error analysis based on statistical analysis revealed that the error interval of the results tends to increase at different temperatures with an increase in the relative humidity of the air.

Results. After the implementation of a series of experiments on a desiccator pilot plant, the isotherms of moisture sorption by wheat gluten were obtained at air temperatures of 298K and 313K. Mathematical processing of experimental data is presented in the form of a generalized logarithmic dependence of the logarithm of water activity on temperature and moisture content. Based on the obtained generalized approximating equation of sorption isotherms and knowing the relationship between the moisture content of the material under study and the known values of the numerical values of the water activity index, you can determine the numerical values of the free energy, the associated energy and the internal energy (thermal effect) of the sorption process. In the process of removing moisture, the heat of evaporation associated with the material can be represented as the sum of: the heat of vaporization of free moisture, heat of wetting and heat, taking into account the entropy component in the Gibbs-Helmholtz equation.

The article also graphically presents the dependence of the specific heat energy of evaporation on the equilibrium moisture during the sorption of water vapor with wheat gluten. The nature of the dependences of the specific heat energy of evaporation on the equilibrium moisture content for the product under investigation is typical for most protein polymers and is due to various energy forms of the association of moisture with the material. The inflection points on the curves correspond to the boundaries between the various forms of the connection of moisture with the material.

Conclusion. The Functional dependence 23 allows, knowing the numerical values of the empirical coefficients, to determine the numerical values of the specific thermal energy of evaporation for substitution in the differential heat transfer equation in the simulation of heat and mass transfer drying processes of the studied product.

Key words: Thermodynamic analysis, gluten, gluten, sorption isotherms, moisture content, adsorption, thermal effect, entropy.

**Введение.** Для влажных термолабильных материалов, к которым относится пшеничная клейковина, статическое равновесие между продуктом и окружающей средой, наступает при условии, когда состояние системы «влажное тело – газ» не изменяется во времени под действием различных внутренних факторов. При таком равновесии количество влаги в гигроскопичном продукте зависит от его вида, вида и энергии содержащейся в нем влаги, и ряда параметров, в частности, температуры и парциального давления паров воды над поверхностью продукта [8, 9, 10]. Изотерма сорбции (десорбции) в графическом виде показывает связь между равновесным влагосодержанием продукта и соответствующей ей относительной влажностью воздуха при стабильной температуре [1, 2]. Данное соотношение не имеет строгого аналитического описания [1, 2, 3, 4, 5, 19], в связи с чем, его необходимо определять экспериментальным путем.

**Цели и задачи.** Для экспериментального определения гигроскопических свойств используются две основные группы методов получения изотермы сорбции – статические и динамические. Первый метод состоит в выдерживании образцов исследуемого материала в течение длительного времени достижения равновесия в среде с заданной температурой и влажностью. По второму методу – динамическому, проводят определение среднеобъемной влажности исследуемого материала, при равновесии окружающего влажного газа с поверхностью тела. Данный метод включает хроматографический анализ исследуемой среды, продуваемой через слой продукта или над данным слоем [18].

В рамках данного эмпирического исследования гигроскопических характеристик пшеничной клейковины определялась ее гигроскопичность, характеризующая равновесную влажность продукта, посредством тензометрического метода Ван Бамелена [1, 2, 3, 4, 5, 19]. Согласно этому статическому методу, образцы исследуемого продукта с заранее определенным содержанием влаги выдерживались в эксикаторах с раствором серной кислоты различной концентрации. При этом определенной концентрации раствора при заданной температуре соответствует определенное парциальное давление водяного пара, т.е. определенное значение относительной влажности воздуха [8, 16]. Определенное количество исследуемого материала взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,001г после достижения постоянной массы, при которой его влажность соответствует равновесной.

#### Методы и модели

Равновесная влажность  $W_p$ , которая получена в ходе экспериментов, определяется по формуле:

$$W_p = \frac{G_2 - G_1(1 - W_{образца})}{G_2}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{образца}}$  – начальная влажность образца, кг/кг,  $G_1$  – начальная масса исследуемого образца, кг;  $G_2$  – масса образца при достижении гигротермического равновесия, кг;

При определении влажности образцов также определялась погрешность (не менее 3÷5 повторности), следующим образом:

1) была составлена таблица измерений, где было определено среднее значение измеряемой величины:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

где  $x_i$  – численное значение измеренной величины,  $n$  – число измерений в выборке,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

2) были определены единичные отклонения  $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ , вычислялись квадраты отклонений  $(\Delta x_i)^2$ , проверялось согласие с соотношением  $\sum \Delta x_i = 0$ , определялись средние квадратичные отклонения:

$$S_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2 / (n-1)} \quad (3)$$

3) устанавливались и удалялись промахи из таблицы измерений (при  $\Delta x_i > 2S_n$ );

4) устанавливались средние квадратичные отклонения средней величины:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2 / [n(n-1)]} \quad (4)$$

5) устанавливался критерий Стьюдента  $t_{st} = 2,77$  при доверительной вероятности 0,95; вычислялись погрешности результатов измерений:

$$\Delta x = \varepsilon_a = t_{st} S_{\bar{x}} \quad (5)$$

6) устанавливались относительные погрешности по формуле:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% \quad (6)$$

Анализ погрешностей на основании статистического анализа выявил, что интервал  $\Delta W_p$  (погрешность результатов, вычисленная по формуле (5)), имеет тенденцию к росту при разных температурах при росте относительной влажности воздуха. В ходе исследования определена относительная ошибка среднего результата измерений  $\varepsilon_{W_p}$ , которая равна примерно 2,8÷6%, но при  $\varphi > 0,7$  она возрастает до 11%. Данный скачок можно объяснить тем, что происходит активное поглощение влаги, сопровождаемое некоторым растворением исследуемого материала, т.е. незначительные изменения  $\varphi$  приводят к значительным изменениям равновесного влагосодержания.

Экспериментальное изучение гигроскопических свойств имеет целью дать характеристику изучаемому сухому продукту и рекомендации по выбору конечной влажности материала, являющейся наиболее целесообразной для осуществления процесса хранения.

При построении кривых сорбции принято [1, 2, 8, 16], что численные значения показателя активность воды  $A_w$  и относительной влажности воздуха  $\varphi$  совпадают, вследствие равенства давления пара над поверхностью исследуемого материала и его давлению в среде эксикатора.

После реализации серии экспериментов на эксикаторной опытной установке получены изотермы сорбции влаги клейковиной пшеничной, при температурах воздуха 298 К и 313 К, которые представлены ниже (рис. 1).

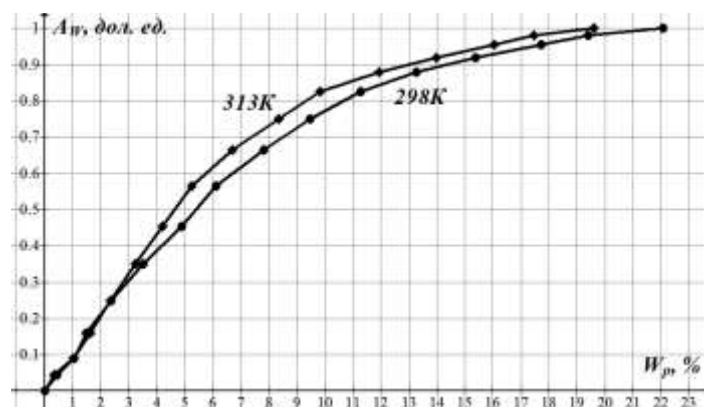


Рис. 1. Кривые равновесия при сорбции влаги глютенном при различных температурах

Полученную изотерму сорбции можно условно разбить на три участка, что особенно наглядно видно при построении изотерм в полулогарифмической модификации (рис. 2).

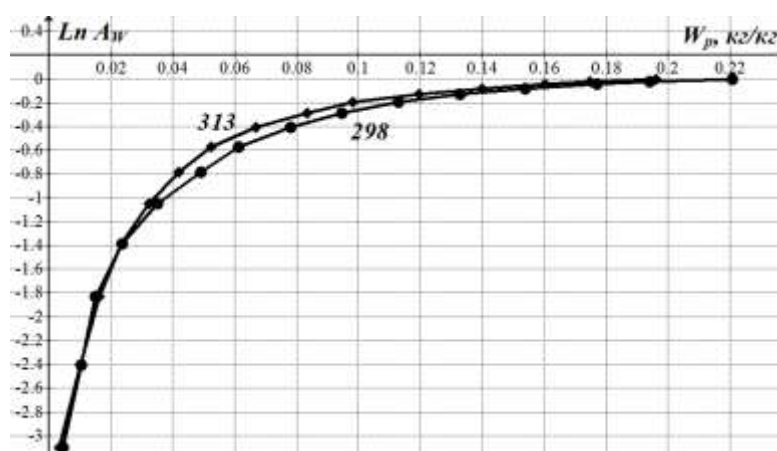


Рис. 2. Изотермы сорбции влаги глютенном в полулогарифмических координатах при различных температурах

На изотермах можно выделить сингулярные точки, которые соответствуют критическим значениям влагосодержания и информируют о видоизменении механизма сорбции.

По классификации А. В. Лыкова [12, 13, 14, 15], все влажные материалы делят на несколько основных групп в зависимости от их коллоидно-физических свойств: капиллярно-пористые, коллоидные и капиллярно-пористые коллоидные, занимающие промежуточное положение между первыми и вторыми. Данная классификация широко применяется при обобщении полученных результатов. Клейковина пшеницы представляет собой по природе типичное коллоидное, а по структуре – капиллярно-пористое тело с большим количеством микропор капилляров и пустот, через которые пары воды легко могут проникать или удаляться [21].

Характеристика состояния влаги в материале и соответствующих параметров переноса влаги дается на основе анализа явлений адсорбции, развивающихся на поверхности раздела фаз (влажный воздух - твердое тело). Обобщением знаний в этой области в настоящее время является теория полимолекулярной адсорбции, разработанная С. Брунауэром, Л. Демингом, В. Демингом, Р. Эмметом и Б. Теллером [2, 6, 16], которыми была предложена классификация, основанная на выделении пяти типов изотерм.

Полученные изотермы можно отнести к II-му типу, которые характерны для всех пищевых гидрофильных продуктов [6]. Это объясняется тем, что при проведении сорбции в условиях постепенного повышения  $\varphi$  происходит накопление влаги вокруг активных центров, вследствие чего формируются молекулярные грозди. Их появление вызывает перестройку структуры макромолекул белков, разворачивание глобул или перемещение боковых цепей. В результате становятся доступными новые активные центры, которые связывают дополнительные порции молекул воды.

Вода в этом случае играет промежуточную роль, образуя водородные связи с гидроксильными группами, позволяющая исследуемому продукту, в том числе и за счет прочных ковалентных поперечных связей на участке  $0,050 \leq A_w \leq 0,150$ , (рис. 1) не зависеть от температуры до первой точки перегиба сорбционных кривых.

Конформационные преобразования макромолекул характеризуются высокой степенью необратимости, что и определяет повышенную влажность клейковины (и других гидрофильных материалов) при сорбции на участке  $0,150 \leq A_w \leq 0,650$ . Здесь происходит рост количества адсорбированной влаги и наблюдаются тепловые колебания молекул воды, которые разрывают молекулярные белковые цепи, позволяя им принимать энергетически выгодные конформации, но молекулы воды здесь все еще находятся в ориентированном состоянии, из чего следует, что на этом отрезке реализуется полимолекулярная адсорбция. Пройдя этот участок, молекулы воды продолжают проникать в межмолекулярное пространство клейковины, что на фоне теплового движения молекул приводит к их частичному набуханию.

На участке  $0,650 \leq A_w$  происходит свободное перемещение мономерных белковых остатков, соединенных в цепочки и окруженные гидратными слоями, в результате чего ослабляются связи в самой структуре клейковины.

Таким образом, из эмпирически полученных изотерм сорбции (рис. 1-2) выделяются три основных участка, причина появления которых аналитически обоснована. Следует отметить, что одному из них соответствует образование «монослоя», а именно здесь влага достаточно сильно связана с продуктом и микробиологическая активность незначительна. Поэтому для высушенного клейковинного материала наиболее целесообразной конечной влажностью является та, которая соответствует диапазону активности воды в интервале:  $0,050 \leq A_w \leq 0,150$ .

На рисунке 2 наблюдаются достаточно четкие переходы от одного условного участка к другому, которые соответствуют преобладанию одной из форм связи влаги с сухим остатком материала (осмотическая, иммобилизационная и структурная) над другой.

Проведение логарифмирования облегчает математическую обработку и интерпретацию полученных изотерм (рис. 2), которые для удобства разбиты на 2 участка и аппроксимированы логарифмическими функциями, которые графически представлены на рис. 3. Рассчитанная погрешность между аппроксимированными и эмпирически полученными значениями составляет не более 1,5 %.

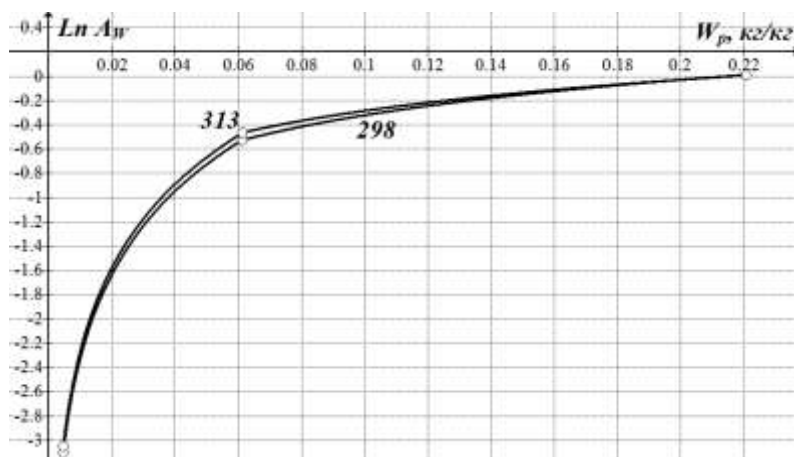


Рис. 3. Логарифмическая аппроксимация полученных изотерм сорбции, представленных на рис. 2

Математическая обработка экспериментальных данных представлена в виде обобщенной логарифмической зависимости логарифма активности воды от температуры и влагосодержания:

$$\ln A_w = (a_i T + b_i) \ln(W_p) + (j_i T + d_i) \quad (7)$$

где  $a_i, b_i, c_i, d_i$  – эмпирические коэффициенты;  $i$  – порядковый номер участка изотермы. Значения коэффициентов  $a_i, b_i, c_i, d_i$  для каждого участка сведены в таблицу 1.



Таблица 1

Значения коэффициентов  $a_i, b_i, c_i, d_i$  для каждого участка  $W_p$ , подставляемые в уравнение 7

Эмпирические коэффициенты	$0,0045 \leq W_p \leq 0,0612$ $i = 1$	$0,0612 \leq W_p \leq 0,2208$ $i = 2$
$a_i$	0	-0,0035
$b_i$	0,987	1,454
$c_i$	0,0039	-0,0055
$d_i$	1,078	2,297

Вследствие того, что исследуемые процессы, в частности сушка пшеничной клейковины протекают, в том числе и в области гигроскопического состояния, необходим термодинамический анализ статических закономерностей тепло и массообмена для выявления влияния характера связывания влаги с сухим остатком на качество получаемого сухого глютена, при снижении его влажности [20]. Полученный результат необходимо учитывать при принятии конструкторских решений для рационального осуществления исследуемых процессов.

**Результаты и обсуждения.** Анализ статических закономерностей процесса сушки базируется на изучении механизма взаимодействия между влажным газом и материалом, в результате которого они стремятся к гигротермическому равновесию [6, 11, 13, 14, 17]. Изучение равновесных соотношений позволяет определить движущую силу влагообмена, потенциальные перспективы и возможности сушильного агента, а так же аргументировать выбор параметров хранения готового продукта после сушки, условия транспортирования, использования конечного материала при использовании его в качестве премикса.

В работах Лыкова А. В., Гинзбурга А. С., являющихся авторами классических работ по теории сушки [9, 10, 15], отмечается, что статика процесса сушки является первым этапом при изучении и создании тех или иных способов обезвоживания, базой для научно обоснованного анализа кинетики этих процессов.

Известно, что сушка связана с переносом влаги в материале, из чего следует, что необходимо обратиться к понятию массопереноса  $\Theta$  (влагопереноса), которое используется в термодинамике для описания переноса энергии вещества при обезвоживании материала. Указанная методика сформирована на классических законах термодинамики и с ее помощью можно энергию, которая была затрачена на изменение анализируемой системы, математически описать, и при этом, отпадает необходимость в изучении молекулярной структуры исследуемого полимера.

Потенциалом переноса парообразной влаги в среде влажного воздуха является химический потенциал. В гигроскопическом состоянии потенциал влагопереноса для влажных материалов считается приблизительно равным по абсолютной величине химическому потенциалу [1]:

$$|\Theta| = |\mu| = RT \ln A_w \quad (8)$$

где  $R$  – константа, равная работе расширения одного моля идеального газа в изобарном процессе при увеличении температуры на 1К,  $R = 8,314$  Дж/(моль·К);  $T$  – температура среды, К;  $A_w$  – активность воды, кг/кг.

Таким образом, можно утверждать, что для переноса влаги в виде жидкости в области гигроскопического состояния химический потенциал представляется как функция температуры тела и влагосодержания.

Значение потенциала переноса для заданной точки  $\mu$  при его расчете связано с выбором начала отсчета, т.е. точки его нулевого значения. В качестве исходного (нулевого) значения в области гигроскопического состояния при изотермических условиях химический потенциал влагопереноса считают при  $\varphi = 1$ , т.е. химический потенциал свободной влаги  $\mu_0$ . Исходя из этого, в любой точке влажного тела при любом значении  $\varphi$  разность химических потенциалов или движущая сила сорбции есть:  $\Delta\mu = \mu - \mu_0$ .

Известно [1], что в гигроскопической области химический потенциал по абсолютной величине составляет такое же значение, что и энергия связи влаги  $E$  или изменение свободной энергии Гельмгольца:

$$\Delta\mu = E = -\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right) = -RT\ln A_w \quad (9)$$

в связи с чем, потенциалом влагопереноса можно принять величину  $E$ .

На основе полученного обобщенного аппроксимирующего уравнения изотерм сорбции и зная соотношение между влагосодержанием исследуемого материала  $W_p$  и известным значением  $A_w$  можно изменение свободной энергии Гельмгольца записать следующим образом:

$$E = -\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right) = -RT\ln A_w = -RT \cdot ((a_i T + b_i) \ln W_p + (j_i T + d_i)) \quad (10)$$

Продифференцировав уравнение Гиббса-Гельмгольца по  $W_p$ , при постоянстве давления и температуры, можно определить изменение свободной энергии:

$$\Delta F = \Delta E - T\Delta S \quad (11)$$

где  $\Delta S$  – изменение энтропии системы, Дж/К;  $\Delta E$  – изменение внутренней энергии, Дж.

Таким образом, получаем:

$$\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right)_{T,P} = \left(\frac{\partial\Delta E}{\partial W_p}\right)_{T,P} - T \cdot \left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} \quad (12)$$

Продифференцировав выражение 2.4.5 по  $T$ , получим:

$$\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right)_{T,P} = -\left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} \quad (13)$$

Учитывая 9, выражение для дифференциального изменения энтропии связанной воды будет иметь вид:

$$\left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} = -\frac{\partial(RT \ln A_w)}{\partial T} \quad (14)$$

или

$$\left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} = -R[(2a_i T + b_i) \ln W_p + (2j_i T + d_i)] \quad (15)$$

Таким образом, зная зависимость  $\ln A_w = f(W_p; T)$  для клейковины, можно определить численные значения свободной энергии, связанной энергии и внутренней энергии (теплового эффекта) процесса сорбции.

Зависимость дифференциального изменения свободной энергии:

$$\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right)_{T,P} = RT[(a_i T + b_i) \ln W_p + (j_i T + d_i)] \quad (16)$$

Зависимость дифференциального изменения связанной энергии:

$$T \cdot \left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} = -RT[(2a_i T + b_i) \ln W_p + (2j_i T + d_i)] \quad (17)$$

Зависимость дифференциального изменения теплового эффекта сорбции имеет вид:

$$\left(\frac{\partial\Delta E}{\partial W_p}\right)_{T,P} = \left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right)_{T,P} + T \cdot \left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P} \quad (18)$$

На рис. 4 и 5 для исследуемого объекта сушки представлены графические зависимости дифференциального изменения свободной энергии  $\left(\frac{\partial\Delta F}{\partial W_p}\right)_{T,P}$ , связанной энергии  $T \cdot \left(\frac{\partial\Delta S}{\partial W_p}\right)_{T,P}$  и внутренней энергии (тепловой эффект) от равновесной влажности в процессе сорбции паров воды клейковиной пшеничной для температур 298 К и 313 К.

Дифференциальное изменение внутренней энергии в гигроскопической области отрицательно, т.е. присутствуют тепловые эффекты при сорбции паров глютенном (рис. 4-5). В целом характер зависимостей диф-

ференциальных изменений свободной энергии, связанной энергии и теплового эффекта сорбции типичен для большинства аналогичных систем.

Расчет дифференциальных изменений свободной, связанной и внутренней энергий сорбции необходим для выявления величины удельной теплоты образования пара  $r$ , (кДж/кг) для различных технологических условий процесса сушки, т.к. при моделировании теплопереноса в объекте исследования зависимость  $r = f(W, T)$  входит в уравнение переноса тепла [2].

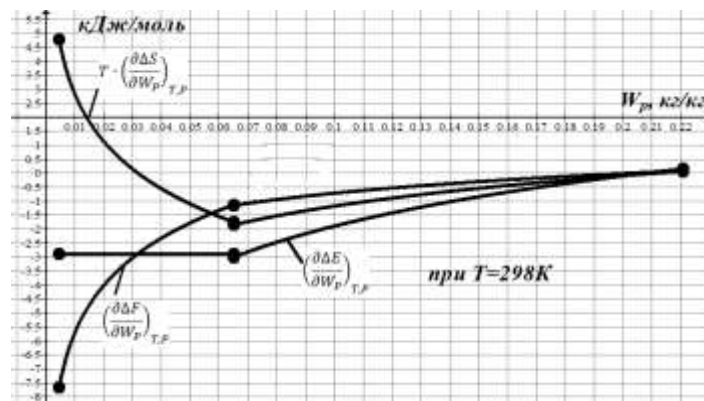


Рис. 4. Графические зависимости дифференциального изменения свободной, связанной и теплового эффекта от равновесной влажности при температуре 298K в процессе сорбции паров влаги клейковинной пшеничной

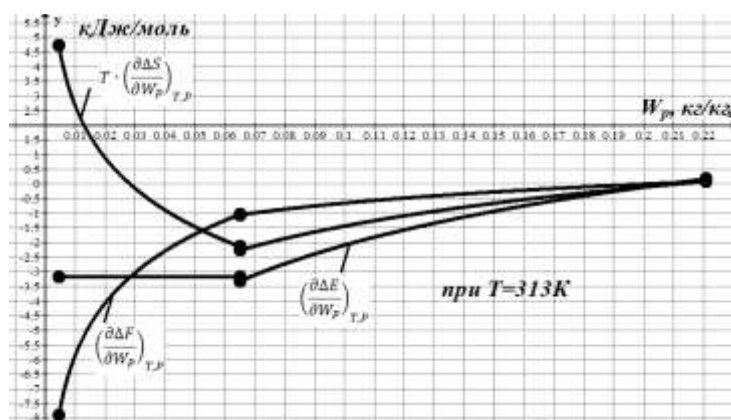


Рис. 5. Графические зависимости дифференциального изменения свободной, связанной и теплового эффекта от равновесной влажности при температуре 313K в процессе сорбции паров влаги клейковинной пшеничной

В процессе удаления влаги, теплоту испарения  $r$  [2] связанной с материалом, можно представить как сумму: теплоты парообразования свободной влаги  $r'$ , теплоты смачивания  $r_{см}$  и теплоты  $r_{энт}$ , учитывающей энтропийную составляющую в уравнении Гиббса-Гельмгольца.

$$r = r' + r_{см} + r_{энт} \quad (19)$$

Теплота парообразования свободной влаги  $r'$ , определяется из линейной зависимости от температуры насыщенного пара (20) в диапазоне  $T = 293 \div 313K$ , полученной из анализа данных о термодинамических свойствах и коэффициентах переноса воды и водяного пара [2, 7]:

$$r' = 3118,458 \cdot 10^3 - 2286T \quad (20)$$

Теплота смачивания  $r_{см}$  определяется дифференциальным изменением свободной энергии изотермического обезвоживания [2]:

$$r_{см} = \left| 55,556 \cdot RT \ln A_w \right| \quad (21)$$

Теплота  $r_{энт}$ , учитывающая энтропийную составляющую в уравнении Гиббса-Гельмгольца [2], описывается зависимостью:

$$r_{энт} = \left| -55,556 \cdot T \cdot \left( \frac{\partial \Delta S}{\partial W_p} \right)_{T,P} \right| \quad (22)$$

Таким образом, для температур  $T = 298, 313K$  для определения количества энергии необходимой на испарение одного килограмма влаги из раствора биополимерного геля, с учетом (20-22) получаем необходимые зависимости  $r = f(W_p)$ , представленные в таблице 2.

Таблица 2

Зависимости  $r = f(W_p)$  для двух диапазонов влажности и температур

Температура, К	$0,0045 \leq W_p \leq 0,0612$	$0,0612 \leq W_p \leq 0,2208$
	$i = 1$	$i = 2$
298	$r = 3213,9 - 271,71 \ln W_p$	$r = 3882,77 - 30,42 \ln W_p$
313	$r = 3244,16 - 285,39 \ln W_p$	$r = 3890,4 - 54,65 \ln W_p$

На рисунке 6 графически представлена зависимость удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности в процессе сорбции паров воды клейковиной пшеничной. Характер зависимостей удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности для исследуемого продукта типичен для большинства белковых полимеров [2] и обусловлен различными энергетическими формами связи влаги с материалом. Точки перегиба на кривых соответствуют границам между различными формами связи влаги с материалом.

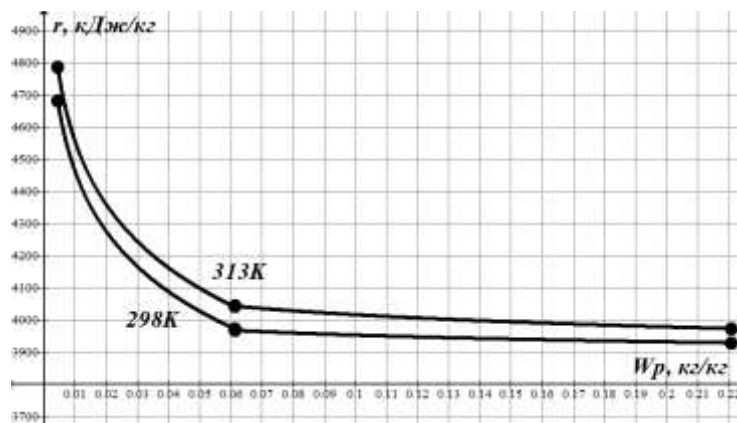


Рис. 6. Графическая зависимость удельной тепловой энергии испарения от равновесной влажности в процессе сорбции паров воды клейковиной пшеничной при температурах 298K и 313K

Для удобства пользования уравнений, представленных в таблице 2 целесообразно их представить для трёх очевидных диапазонов влажности в следующем виде:

$$r(T, W) = (a + bT)W + c + dT \quad (23)$$

где  $a, b, c, d$  – расчетные коэффициенты, представленные для каждой из зон диапазона изменения влажности в процессе сушки в таблице 3.

Таблица 3

Значения коэффициентов  $a, b, c, d$  для уравнения 23

$a$	$b$	$c$	$d$
$0,005 \leq W \leq 0,025$			
27166,67	-166,67	2160,17	8,83
$0,025 \leq W \leq 0,06$			
-13109,87	19,07	3163,4	4,2
$0,06 \leq W \leq 0,22$			
4716,67	-16,67	2097,67	6,33

На рис. 7 графически представлены результаты применения уравнения 23 для температур 298 К и 313 К и трех зон на участке ограниченном гигроскопической влажностью.

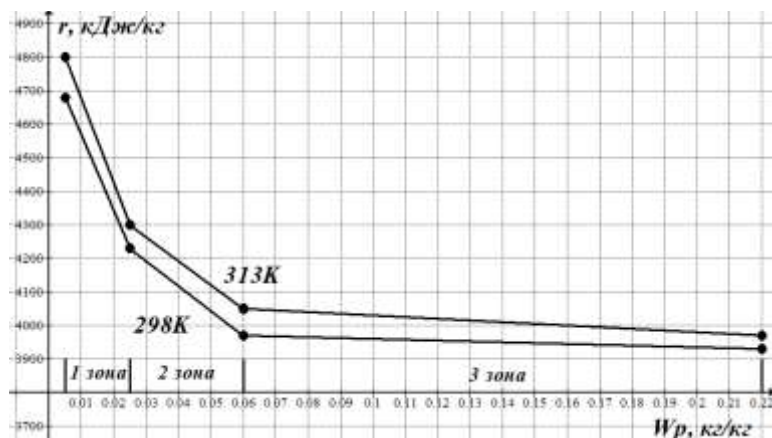


Рис. 7. Линейная аппроксимация зависимости  $r = f(W_p, T)$  в процессе сорбции паров воды клейковиной пшеничной для температур 298 К и 313 К для 3-х участков

**Заключение.** Функциональная зависимость (23) позволяет, зная численные значения эмпирических коэффициентов, определить численные значения удельной тепловой энергии испарения для подстановки в дифференциальное уравнение теплопереноса при моделировании теплообменных процессов сушки исследуемого продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексанян И. Ю. Развитие научных основ процессов высокоинтенсивной сушки продуктов животного и растительного происхождения: автореф. дис. ... доктора техн. наук. М., 2001. 52 с.
2. Алексанян И. Ю., Буйнов А. А. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография. Астрахань: АГТУ, 2004. 380 с.
3. Алексанян И. Ю., Максименко Ю. А., Титова Л. М. Инновационные технологии переработки сырья растительного происхождения. Материалы II конференции в рамках Международного научно-технологического форума «Биоиндустрия – основа зеленой экономики, качества жизни и активного долголетия». М., 2014. С. 12–18.
4. Алексанян И. Ю., Максименко Ю. А. Интенсификация процессов сушки продуктов микробиологического синтеза. Теория и практика сушки в диспергированном состоянии: монография. Germany, Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2011. 273 с.
5. Алексанян И. Ю., Нугманов А. Х.-Х. Общественное питание. Научно-практические основы выбора оптимальных рациона и технологии: монография. Germany, Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 122 с.
6. Брунауэр Адсорбция газов и паров Текст. В 2-х т. Т. 1. Физическая адсорбция; пер. с англ. под ред. М.Н. Дубинина. М.: Госиздат иностр. лит., 1948. 784 с.
7. Вукалович М. П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. М.: Энергия, 1965. 400 с.
8. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. 527 с.
9. Гинзбург А. С., Громов М. А. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плоды. М.: Агропромиздат, 1987. 272 с.
10. Гинзбург А. С., Савина И. М. Массовообменные характеристики пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.
11. Дакуорт Р. Б. Вода в пищевых продуктах. М.: Пищевая промышленность, 1980. 376 с.
12. Лыков А. В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия. 1970. 499 с.
13. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки. М.: Гостехиздат, 1956. 464 с.
14. Лыков А. В. Тепломассобмен. М.: Энергия, 1978. 478 с.
15. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 471 с.
16. Никитина Л. М. гинараметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. М.: Издательство «Энергия», 1967. 499 с.

17. Нугманов А. Х.-Х. Научно-практические подходы к конструированию многокомпонентных пищевых систем в технологии общественного питания: монография. – Астрахань: ИП Сорокин Роман Васильевич, 2016. 96 с.
18. Плановский А. Н., Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. М.: Химия, 1979. 288 с.
19. Титова Л.М. Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И. Ю. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии: учебное пособие. СПб: Лань, 2014. 224 с.
20. Colin Wrigley. Gluten as the key to wheat quality-a brief history // Cereal Foods World. St. Paul: Jul /Aug 2002. Том 47, Iss. 7; P. 336.
21. Gianibelli M.C. New proteins for improving wheat quality // Ph.D. Thesis, University Of Western Sydney, Sydney, Australia. 1998. P. 12-16.

#### REFERENCES

1. Aleksanyan I. Yu. Razvitie nauchnykh osnov protsessov vysokointensivnoi sushki produktov zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya: avtoref, dis. ... doktora tekhn. nauk: 05.18.12 / Aleksanyan Igor' Yur'evich. M., 2001. 52 s.
2. Aleksanyan I. Yu., Buinov A. A. Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie: monografiya. Astrakhan': AGTU, 2004. 380 s.
3. Aleksanyan I. Yu., Maksimenko Yu. A., Titova L. M. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya. Materialy II konferentsii v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnologicheskogo foruma «Bioindustriya – osnova zelenoi ekonomiki, kachestva zhizni i aktivnogo dolgoletiya». M., 2014. S. 12–18.
4. Aleksanyan I. Yu. Maksimenko Yu. A. Intensifikatsiya protsessov sushki produktov mikrobiologicheskogo sinteza Teoriya i praktika sushki v dispergirovannom sostoyanii: monografiya. Germany, Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2011. 273 s.
5. Aleksanyan I. Yu., Nugmanov A. Kh.-Kh. Obshchestvennoe pitanie. Nauchno-prakticheskie osnovy vybora optimal'nykh ratsiona i tekhnologii: monografiya. Germany, Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 122 s.
6. Brunauer Adsorbtsiya gazov i parov Tekst. V 2-kh t. T. 1. Fizicheskaya adsorbtsiya: per. s angl. pod red. M.N. Dubinina. M.: Gosizdat inostr. lit., 1948. 784 s.
7. Vukalovich M. P. Tablitsy termodinamicheskikh svoistv vody i vodyanogo para. M.: Energiya, 1965. 400 s.
8. Ginzburg A. S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1975. 527 s.
9. Ginzburg A. S., Gromov M. A. Teplofizicheskie kharakteristiki kartofelya, ovoshchei i plody. M.: Agropromizdat, 1987. 272 s.
10. Ginzburg A. S., Savina I. M. Massovlagoobmennye kharakteristiki pishchevykh produktov. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982. 280 s.
11. Dakuort R. B. Voda v pishchevykh produktakh. M: Pishchevaya promyshlennost', 1980. 376 s.
12. Lykov A. V. Sushka v khimicheskoi promyshlennosti. M.: Khimiya. 1970. 499 s.
13. Lykov A. V. Teplo- i massobmen v protsessakh sushki. M.: Gostoptekhizdat, 1956. 464 s.
14. Lykov A. V. Teplomassobmen. M.: Energiya, 1978. 478 s.
15. Lykov A. V. Teoriya sushki. M.: Energiya, 1968. 471 s.
16. Nikitina L.M. ginarametri i koeffitsienty massoperenosa vo vlazhnykh materialakh. M.: Izdatel'stvo «Energiya», 1967. 499 s.
17. Nugmanov A. Kh.-Kh. Nauchno-prakticheskie podkhody k konstruirovaniyu mnogokomponentnykh pishchevykh sistem v tekhnologii obshchestvennogo pitaniya: monografiya. Astrakhan': IP Sorokin Roman Vasil'evich, 2016. 96 с.
18. Planovskii A. N., Mushtaev V. I., Ul'yanov V. M. Sushka dispersnykh materialov v khimicheskoi promyshlennosti. M.: Khimiya, 1979. 288 s.
19. Titova L.M. Nugmanov A.Kh.-Kh., Aleksanyan I. Yu.. Massoobmennye protsessy v khimicheskoi i pishchevoi tekhnologii: uchebnoe posobie. SPb: Lan', 2014. 224 s.
20. Colin Wrigley. Gluten as the key to wheat quality-a brief history // Cereal Foods World. St. Paul: Jul /Aug 2002. Tom 47, Iss. 7; P. 336.
21. Gianibelli M. C. New proteins for improving wheat quality. // Ph.D. Thesis, University Of Western Sydney, Sydney, Australia. 1998. P. 12-16.

#### ОБ АВТОРАХ

**Фоменко Екатерина Валерьевна**, аспирант ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технологические машины и оборудование» tetatet.78@mail.ru, 8-960-863-41-61

Fomenko Ekaterina Valer'evna, Graduate student, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, Department of Technological Machines and Machinery tetatet.78@mail.ru, 8-960-863-41-61

**Нугманов Альберт Хамед-Харисович**, д.т.н., доцент, профессор ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технологические машины и оборудование» albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07

Nugmanov Albert Hamed-Harisovich, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor, Department of Technological Machines and Machinery, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07

**Алексамян Оксана Александровна**, аспирант, ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технологические машины и оборудование» albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07

Aleksanyan Oksana Aleksandrovna, Graduate student, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, Department of Technological Machines and Machinery albert909@yandex.ru, 8-927-282-43-07

**Нгуен Тхи Сен**, Аспирант ФГБОУ ВО «АГТУ», кафедра «Технологические машины и оборудование»

Nguyen Tkhi Sehn, Graduate student, FSBEI HE Astrakhan State Technical University, Department of Technological Machines and Machinery

Дата поступления 24.01.2019

УДК 638.4  
DOI 10.33236/2307-910X-  
2019-25-1-147-152

Д. А. Яковлев [D. A. Yakovlev]  
Т. И. Тупольских [T. I. Tupolskikh]  
Д. В. Рудой [D. V. Rudoy]  
В. А. Сердюк [V. A. Serdyuk]

## БИОТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ

BIOTECHNOLOGY OF ORGANIC WASTES RECYCLING WITH PROTEIN  
PRODUCTION

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,  
e-mail: tupolskix@mail.ru

**Аннотация.** Гидробионты – перспективное пищевое сырье для получения рыбной муки, рыбьего жира, протеина.

**Материалы и методы.** Личинки чёрной львинки (*Hermetia illucens* L.) являются перспективным сырьем, сегодня существует ряд проектов, направленных на выращивание черной львинки. Нами предлагается технологическая схема выращивания личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens* L.) на новом субстрате – отходах рыбоводных установок замкнутого водоснабжения.

**Результаты.** Разработаны основы методики теоретического расчёта материального баланса системы. Проведена теоретическая оценка эффективности предложенной технологии. Рассчитано остаточное содержание белка в экскрементах различных видов рыб. Определены основы расчёта материального баланса выращивания личинки чёрной львинки на субстрате из отходов рыбоводных хозяйств. Методика заключается в определении удельного количества белка на 1 кг выращиваемой личинки.

**Заключение.** Результаты позволили получить эмпирическую зависимость производительности хозяйства по выращиванию личинки чёрной львинки от производительности рыбоводного завода – источника субстрата.

Для рыбоводного осетрового хозяйства, производительностью 100 т/г, производительность по личинке чёрной львинки может составлять порядка 2700 т/г или 7,4 т/сут.

**Ключевые слова:** рыбная мука, альтернативные источники, белок, кормопроизводство, переработка отходов.

**Abstract.** Hydrobionts – a promising food raw material for fish meal, fish oil, protein.

**Materials and methods** Larvae of the black lion (*Hermetia illucens* L.) are a promising raw material, today there are a number of projects aimed at growing the black lion. We offer a technological scheme of growing black lion larvae (*Hermetia illucens* L.) on a new substrate – waste of fish-breeding installations of closed water supply.

**Results.** The fundamentals of the method of theoretical calculation of the material balance of the system. The theoretical evaluation of the proposed technology efficiency is carried out. The residual protein content in the excrement of different fish species was calculated. The bases of calculation of material balance of cultivation of a larva of a black lion on a substrate from waste of fish farms are defined. The technique is to determine the specific amount of protein per 1 kg of larva grown.

**Conclusion.** The results allowed us to obtain an empirical dependence of the productivity of the economy for growing black lion larvae on the productivity of the hatchery – the source of the substrate. Fish for sturgeon farms, with a capacity of 100 t/h, the performance of the larvae of the black livingi may be of the order of 2700 t/d, or 7.4 tons/day.

**Key words:** fish flour, alternative source, protein, feed production, waste treatment.

**Введение.** Интенсивное развитие мировой аквакультуры требует прочной кормовой базы. Ограниченность ресурсов сырья для рыбной муки и рыбьего жира [1] развивает новые направления в области альтернативных источников белка для кормопроизводства. Одним из таких направлений – наиболее популярным, является производство протеиновой муки из личинки чёрной львинки (*Hermetia illucens* L.) [8]. На сегодняшний день существует ряд коммерческих проектов, направленных на промышленное выращивание чёрной львинки: AgriProtein Technologies (ЮАР), EnviroFlight (США), Hermetia (Германия), Ynsect (Франция), Enterra (Канада), Protix (Нидерланды) совместно с Bühler (Швейцария) и др. В качестве субстрата для выращивания львинки, большинство этих компаний использует органические отходы растительного происхождения. Известно также направление, в котором личинка чёрной львинки используется для переработки навоза. В работе [8] рассматри-



вается технология комплексной переработки чёрной львинки, выращенной на свином навозе или курином помете (рис. 1).

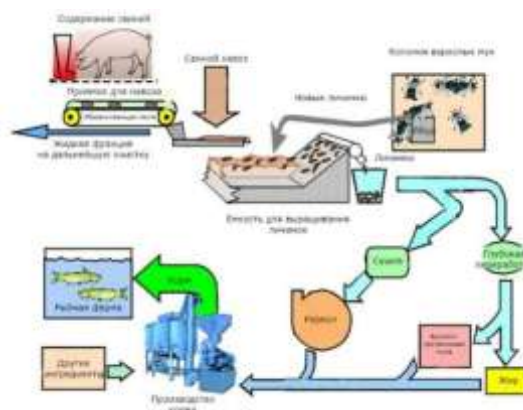


Рис. 1. Технология комплексной переработки чёрной львинки, выращенной на свином навозе

**Материалы и методы.** Одним из перспективных направлений является интеграция ферм по выращиванию чёрной львинки с рыбоводными хозяйствами на основе установок замкнутого водоснабжения. Последние производят большое количество органических отходов в виде рыбных фекалий и остатков несъеденного корма, содержащих непереваренный белок и требующих утилизации.

Установки замкнутого водоснабжения – это технические системы, создающие эффективные искусственные условия для интенсивного выращивания объектов аквакультуры. Базовая технология представлена на рис. 2.

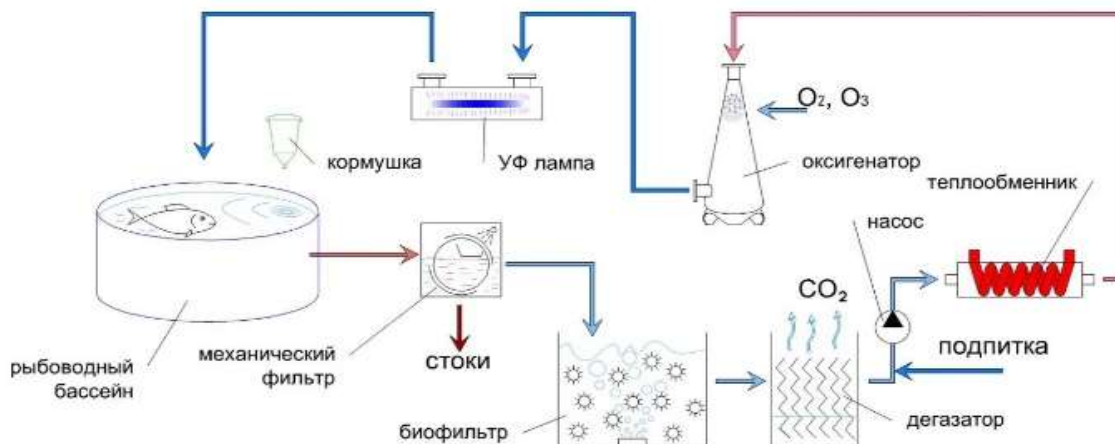


Рис. 2. Технологическая схема работы УЗВ (ООО «СИМЕОН АкваБиоТехнологии»)

Интенсивное выращивание достигается путём интенсивного кормление объектов аквакультуры. Механическая фильтрация в непрерывном режиме удаляет остатки корма и нерастворённые продукты жизнедеятельности из оборотной воды, которые и будут являться субстратом для выращивания чёрной львинки.

Анализ состояния хозяйств по выращиванию и переработки насекомых в России показал, что большая часть небольших подсобных ферм по выращиванию насекомых (Домашней мухи, чёрной львинки) в большей степени направлено для получения наживок для рыбалки, и в меньшей степени используется как корм для домашней птицы. Существуют также некоторые пилотные фермы: Агробиотехнологии, Зоопротеин, Биогенезис. Однако единой системы промышленной переработки насекомых в муку на сегодняшний день в России нет. Производство промежуточного продукта или использование стороннего сырья (например, личинки) в настоящий момент невозможно, так как отсутствуют потребители/поставщики. В связи с этим, модель предприятия по производству муки из чёрной львинки, должна в себя включать полную технологическую цепочку от подготовки субстрата до получения готовой муки

В развёрнутом виде, технологическая схема переработки личинки чёрной львинки имеет следующий вид:



Рис. 3. Блок схема переработки насекомых в протеино-вую муку

На основе работ [7, 8, 9, 11] составлен материальный баланс производства протеинового концентрата (рис. 4).

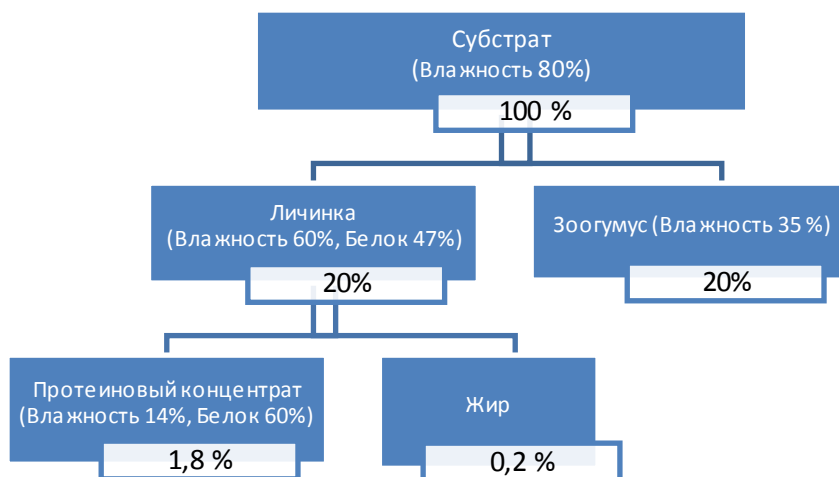


Рис. 4. Материальный баланс технологии переработки личинок Черной львинки в муку.

В качестве субстрата применимы отходы продовольственных магазинов, общепита, пищевых перерабатывающих предприятий. Также используются продукты жизнедеятельности животноводческих, птицеводческих, рыбоводных предприятий. Рост личинки чёрной львинки до товарной массы занимает 23 суток [11]. Плотность посадки в одном контейнере может достигать 15 кг/м<sup>2</sup>. Выход личинок (по СВ) составляет 25 % от СВ субстрата. Остатки субстрата после выращивания – это ценное удобрение почвы, зоогумус, который так же подлежит реализации. При переработке личинок, производится их отделение от кутикулы и сушка внутренностей. В процентном соотношении, получается около 10 % высушенной массы от начальной массы личинки. Из высушенной массы удаляется около 20 % жира.

Материальный баланс замкнутой системы выращивания и переработки чёрной львинки в интеграции с УЗВ был рассчитан следующим образом.

На основе данных [4, 6, 10], рассчитано остаточное содержание белка в экскрементах различных видов рыб, выращиваемых в УЗВ (таблица 1).

Содержание белка в процентах было рассчитано на основе количества общего азота N, исходя из соотношения:

$$\text{Белок (\%)} = N \left( \frac{r}{\text{кг}} \right) * 6,25 \quad (1)$$

Перевариваемость рассчитывалась:

$$\text{Перевариваемость (\%)} = \frac{N(\%) \text{ в стоках}}{N(\%) \text{ в корме}} \quad (2)$$

Таблица 1

Оценка конверсии белка в УЗВ

Вид рыбы	Содержание белка в корме, % в СВ*	Содержание белка в стоках, % в СВ	Перевариваемость, %	Источник, для расчёта показателей
Осетр	44	4,4	10	Tăbăcaru D.D., 2015 O. Schneider, 2006
Форель	41,9	6,3	15	
Африканский сом	43,1	6,3	14	
Тиляпия	45	8,8	19	

\* СВ – сухое вещество.

Для количественной оценки работы системы определим её производительность  $Q$  (т/год):

$$Q = \frac{m_{\max} * n}{\tau * 365}, \quad (3)$$

где  $\tau$  – цикл выращивания, сут;

$n$  – количество личинок (шт).

$$n = V * \gamma, \quad (4)$$

где  $V$  – объём субстрата ( $m^3$ );

$\gamma$  – плотность посадки личинок (шт/ $m^3$ );

$m_{\max}$  – максимальная масса 1й личинки до достижения стадии предкуколки, либо на момент сбора (г).

$$m_{\max} = v * t, \quad (5)$$

где  $t$  – время цикла выращивания (сут),

$$0 \geq t \geq t_{\text{предк}}, \quad (6)$$

время выращивания не превышает времени перехода личинки в состояние предкуколки.

$$v = \frac{m_{\max}}{\tau} \left( \frac{r}{\text{сут}} \right), \quad (7)$$

где  $v$  – средний темп роста,

$\bar{\tau}$  – период цикла выращивания личинки со стадии яйца ( $m_0 \approx 0$ ) до  $m_{\max}$ , или

$$v = \frac{1}{\bar{\tau}} \left( \frac{\%}{\text{сут}} \right). \quad (8)$$

На параметр  $v$  оказывают существенное влияние следующие факторы:

– удельное количество белка в субстрате  $N_{\text{суб}}^{y\delta}$  – (г белка/ 1 г личинок),

– плотность посадки личинок  $\gamma$  (шт/ $m^3$ ).

– температура среды  $T_{\text{cp}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$$v = f(N_{\text{суб}}^{y\delta}, \gamma, T_{\text{cp}}). \quad (9)$$

Удельное количество белка в субстрате определяется из зависимости:

$$N_{\text{суб}}^{y\delta} = \frac{N_{\text{суб}}}{M}, \quad (10)$$

где  $M$  – биомасса личинок (г).

$N_{\text{суб}}$  – количество белка (г) в фиксированном объёме субстрата,

$$M = m * n, \quad (11)$$

где  $m$  – масса одной личинки в заданный период времени (г).

С учётом зависимостей (4), (11), формула (10) приобретает вид:

$$N_{\text{суб}}^{y\delta} = \frac{N_{\text{суб}}}{m * V * \gamma} \quad (12)$$

Объём субстрата можно представить через массу субстрата:

$$V = \frac{M_{\text{суб}}}{\rho_{\text{суб}}}, \quad (13)$$

где  $\rho_{\text{суб}}$  – удельный вес субстрата (кг/ $m^3$ ).

Выражение (12) приобретает вид:

$$N_{\text{суб}}^{\text{уд}} = \frac{N_{\text{суб}}^{\%} \cdot \rho_{\text{суб}}}{m \cdot \gamma} \quad (14)$$

Упрощая зависимость (9) до однофакторной (принимая допущение, что факторы  $\gamma, T_{\text{ср}}$  во всех случаях обеспечивают оптимальные значения) получаем следующую зависимость:

$$v = f * (N_{\text{суб}}^{\text{уд}}) \quad (15)$$

Объединив уравнения (8) и (15), найдём функцию f:

$$f = \frac{1}{t * N_{\text{суб}}^{\text{уд}}} \left( \frac{g(\text{личинки})}{g(\text{белка}) * \text{сут}} \right) \quad (16)$$

Анализ литературы [7, 9] позволил ориентировочно рассчитать функцию f при выращивании львинки на различных субстратах (таблица 2). Недостающие для расчёта данные были дополнены средними справочными величинами.

Таблица 2

Оценка эффективности субстрата

Субстрат	Период выращ., сут	Удельное количество белка г/г	Функция f г/г/сут	Источник
Куриный помёт	144	0,84	$2,33 \cdot 10^{-2}$	[9]
Свиной навоз	144	0,37	$5,48 \cdot 10^{-2}$	
Навоз КРС	214	0,37	$2,48 \cdot 10^{-2}$	
Коровий навоз	21	0,53	$8,93 \cdot 10^{-2}$	[7]

На основе таблиц 1, 2 спрогнозируем процесс выращивания личинки чёрной львинки на стоках рыбоводных хозяйств. За основу возьмём среднее арифметическое значение функции f.

$$f = 4,81 * 10^{-2} \left( \frac{g(\text{личинки})}{g(\text{белка}) * \text{сут}} \right)$$

Расчётное удельное количество белка в субстрате при периоде выращивания 21 сут составляет (16):

$$N_{\text{суб}}^{\text{уд}} = \frac{1}{21 * 4,81 * 10^{-2}} \approx 1 \left( \frac{g(\text{белка})}{g(\text{личинки})} \right)$$

На основе выражения (14) и данных из таблицы 1 для осетровых хозяйств, определим плотность посадки личинок. Удельный вес отходов рыбоводных хозяйств  $\rho_{\text{суб}} = 120 \text{ кг} / \text{м}^3$  [2]:

$$m * \gamma = \frac{0,44 * 120}{1} = 52,8 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Средняя суточная норма кормления осетрового хозяйства (на основе опыта проектирования осетровых УЗВ) 5,6 кг/сут/т производительности. Отходы рыбного хозяйства составляют 25 % от количества поступившего корма [2]. Таким образом, определим эмпирическую зависимость количества отходов от годовой производительности хозяйства:

$$Q_{\text{суб}} = Q_{\text{рыб}} * 5,6 * 0,25 = 1,4 * Q_{\text{рыб}} \left( \frac{\text{кг}}{\text{сут}} \right) \quad (17)$$

Производительность по личинке, в зависимости от производительности осетрового завода определяется:

$$Q = m * \gamma * Q_{\text{суб}} \quad (18)$$

Применяя эмпирические данные, получаем суточную производительность в кг:

$$Q \approx 74 * Q_{\text{рыб}} \quad (19)$$

Годовая производительность в тоннах:

$$Q \approx 27 * Q_{\text{рыб}} \quad (20)$$

Определены основы расчёта материального баланса выращивания личинки чёрной львинки на субстрате из отходов рыбоводных хозяйств. Методика заключается в определении удельного количества белка на 1 кг выращиваемой личинки. Результаты позволили получить эмпирическую зависимость производительности хозяйства по выращиванию личинки чёрной львинки от производительности рыбоводного завода – источника субстрата.

Для рыбоводного осетрового хозяйства, производительностью 100 т/г, производительность по личинке чёрной львинки может составлять порядка 2700 т/г или 7,4 т/сут.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
2. M. B. Timmons, J. M. Ebeling. Recirculating Aquaculture, 3rd Edition. Ithaca Publishing Company, LLC. 2013. 788 p.
3. Insects: sustainable protein source. <http://www.buhlergroup.com/global/en/about-buehler/insects-sustainable-protein-source.htm#.WVN59GjyIU> (дата обращения 19.07.2017г.)
4. G. K. Reid, M. Liutkus, S. M. C. Robinson, T. R. Chopin, T. Blair, T. Lander, J. Mullen, F. Page & R.D. Moccia. (2009) A review of the biophysical properties of salmonid faeces: implications for aquaculture waste dispersal models and integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Research* 40, 257-273.
5. P.B. Brow, E.H. Robinson (1989) Nutrient Concentrations of Catfish Feces and Practical Diets After Immersion in Water. *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 20, No. 4, 245-249.
6. Fish waste management by conversion into heterotrophic bacteria biomass [2006] Schneider, O.
7. Li Q, Zheng L, Qiu N, Cai H, Tomberlin JK, Yu Z. bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste management*. 2011; 31(6):136-1320.
8. Newton, G.L., Sheppard, D.C., Watson, D.W., Burtle, G.J., Dove, C.R., Tomberlin, J.K., Thelen, E.E., 2005. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. State of the Science. *Animal Manure and Waste Management*, January 5–7, San Antonio, TX.
9. Oonincx D.G.A.B., A. van Huis, J.J.A. van Loon. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015; 1(1):
10. Tăbăcaru D.D. Cartea fermierului piscicol pentru inițierea în creșterea sturionilor în sistem recirculant. Editura Mind Shop. București, 2015. (in Romanian)
11. J. Ekman. Production of fish feed from vegetable waste. Published and distributed by: Horticulture Australia Ltd. (2014).

ОБ АВТОРАХ

**Тупольских Татьяна Ильинична**, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Техника и технологии пищевых производств», Донской государственный технический университет (ДГТУ), e-mail: tupolskix@mail.ru

Tupolskikh Tatyana Ilinichna, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Head of the Department of Technique and technology of food production, Don State Technical University (DSTU), tupolskix@mail.ru

**Яковлев Дмитрий Анатольевич**, кандидат технических наук доцент, доцент, Донской государственный технический университет (ДГТУ), yakovlev\_d\_a@mail.ru

Yakovlev Dmitry Anatolyevich, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Department of Technique and technology of food production, Don State Technical University (DSTU), yakovlev\_d\_a@mail.ru

**Рудой Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Агропромышленный», Донской государственный технический университет (ДГТУ), dmitriyrudo@gmail.com

Rudoy Dmitry Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Dean of the Agroindustrial Faculty, Don State Technical University (DSTU), dmitriyrudo@gmail.com

**Сердюк Валентина Александровна**, бакалавр, инженер лаборатории «Биохимического и спектрального анализа пищевых продуктов», Донской государственный технический университет (ДГТУ), valy11164@mail.ru

Serdyuk Valentina Aleksandrovna, bachelor, engineer of laboratory "Biochemical and spectral analysis food products", Don State Technical University (DSTU), valy11164@mail.ru

Дата поступления в редакцию 26.11.2018

Н. Л. Наумова [N. L. Naumova]

А. А. Лукин [A. A. Lukin]

А. А. Сергеев [A. A. Sergeev]

УДК 664.91/94 + 658.562

DOI 10.33236/2307-910X-

2019-25-1-153-159

**ВЛИЯНИЕ МУКИ ИЗ ВИНОГРАДНЫХ КОСТОЧЕК НА КАЧЕСТВО КОЛБАСНОГО ХЛЕБА**

INFLUENCE OF GRAPE SEED FLOUR ON THE QUALITY OF SAUSAGE BREAD

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

**Аннотация.** Семена винограда являются одним из источников природных антиоксидантов, а также содержат в себе комплекс эссенциальных и функциональных компонентов, участвующих в полноценном развитии человеческого организма. Экстракт из виноградных семян – ценнейший источник витаминов, микроэлементов, жирных кислот, дубильных веществ и др.

**Материалы и методы.** Целью настоящих исследований явилось изучение влияния муки из виноградных косточек на качество колбасного хлеба

**Результаты.** Проведено исследование качества и пищевой ценности муки из виноградных косточек. Изучено влияние различных дозировок нетрадиционного растительного сырья на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели и пищевую ценность колбасного хлеба. Установлена практическая возможность применения муки из виноградных косточек с целью повышения минеральной ценности мясного хлеба.

**Заключение.** Изучено влияние различных дозировок нетрадиционного растительного сырья на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели и пищевую ценность колбасного хлеба. Установлена практическая возможность замещения говядины в рецептуре пищевой продукции на муку из семян винограда в количестве до 7,0 % для приготовления мясного продукта повышенной минеральной ценности с сохранением его потребительских характеристик, микробиологической безопасности и содержанием изначально отсутствующих пищевых волокон.

**Ключевые слова:** колбасный хлеб, мука из виноградных косточек, качество.

*Abstract.* Grape seeds are one of the sources of natural antioxidants, and also contain a complex of essential and functional components involved in the full development of the human body. Grape seed extract is a valuable source of vitamins, minerals, fatty acids, tannins, etc.

*Materials and methods.* The purpose of this research was to study the effect of grape seed flour on the quality of sausage bread

*Results.* A study of the quality and nutritional value of flour from grape seeds was carried out. The effect of various dosages of non-traditional plant raw materials on the organoleptic, physicochemical, microbiological indices and nutritional value of sausage bread has been studied. The practical possibility of using flour from grape seeds to increase the mineral value of meat bread is established.

*Conclusion.* The influence of different dosages of unconventional vegetable raw materials on organoleptic, physico-chemical, microbiological parameters and nutritional value of sausage bread was studied. The practical possibility of replacing beef in the formulation of food products with flour from grape seeds in an amount of up to 7.0 % for the preparation of meat products of high mineral value while maintaining its consumer characteristics, microbiological safety and the content of initially missing dietary fibers.

*Key words:* sausage bread, grape seed meal, quality.

**Введение.** Семена винограда являются одним из источников природных антиоксидантов, а также содержат в себе комплекс эссенциальных и функциональных компонентов, участвующих в полноценном развитии человеческого организма. Экстракт из виноградных семян – ценнейший источник витаминов, микроэлементов, жирных кислот, дубильных веществ и др. [1–3]. В связи с чем нашли широкое применение продукты переработки семян винограда в технологиях пищевых производств. В настоящее время разработаны: геродиетические мясорастительные рубленые полуфабрикаты (котлеты «Долгожитель») с добавлением муки из косточек винограда «Амурский» [4]; вафельные хлебцы, содержащие порошок из семян винограда [5]; сахарное печенье с добавлением порошка из виноградных выжимок [6]; йогурт с улучшенной пищевой ценностью и стабильной консистенцией благодаря использованию порошка из ягод винограда [7]; мягкие сыры с улучшенными потребительскими свойствами, обусловленными присутствием виноградного порошка [8]; мармелад, обогащен-

ный виноградным порошком, с повышенным содержанием антоцианов, флавоноидов и процианидинов; обогащенные виноградными пищевыми волокнами конфеты с хорошими текстурными свойствами [9].

**Материалы и методы.** Целью настоящих исследований явилось изучение влияния муки из виноградных косточек на качество колбасного хлеба.

Объектами исследований послужили:

– мука из виноградных косточек (торговая марка «Житница здоровья», производитель ООО «Сампо», Тверская область, село Красная гора), вырабатываемая по сто 21318887-005-53163736-13;

– образцы колбасного хлеба: контрольные пробы готовили по базовой рецептуре № 478 (состав: говядина, шпик, соль пищевая, перец черный молотый, сырые куриные яйца, крахмал картофельный) и запекали в течение 60 мин при температуре 220 °С [10]; опытные пробы готовили с добавлением исследуемого растительного сырья, путем замещения в составе рецептуры говядины на аналогичное количество (5,0; 7,0; 10,0 %) муки из виноградных косточек. Хранили модельные образцы продукции при температуре  $4 \pm 2$  °С в течении 72 часов.

Органолептические показатели муки из виноградных косточек определяли по ГОСТ 27558-87, массовые доли: влаги – по ГОСТ 9404-88, белка – по ГОСТ 10846-91, жира и золы – согласно МУ 4237-86, содержание фосфора – по традиционной методике [11].

Дегустационную оценку колбасного хлеба проводили по ГОСТ 9959-15, используя 9-ти балльную систему. Массовые доли определяли: влаги – по ГОСТ 9793-2016, белка – по ГОСТ 25011-81, жира – по ГОСТ 23042-15, поваренной соли – по ГОСТ 9957-15, золы – по МУ 4237-86, крахмала – по ГОСТ 10574-16, содержание фосфора – по ГОСТ 9794-15.

В растительном сырье и колбасном хлебе содержание пищевых волокон, магния, кальция, марганца определяли согласно общепринятой методике [11]; содержание железа, меди и цинка – по ГОСТ 30178-96; количество МАФАНМ – по ГОСТ 10444.15-94; БГКП (колиформных бактерий) – по ГОСТ 31747-12; *S. aureus* – по ГОСТ 31746-12; сульфитредуцирующих клостридий – по ГОСТ 29185-14.

Все исследования проводились в трёхкратной повторности.

На первом этапе испытаний был проведен тщательный анализ патентной информации, нормативной и технологической документации по поиску регламентированных требований сто 21318887-005-53163736-13, распространяющихся на качество исследуемой муки из виноградных косточек, который не дал положительных результатов. В этой связи не мало важным явилось изучение качества и пищевой ценности анализируемого растительного сырья в сравнительном аспекте с уже известными результатами, полученными рядом ученых в области исследований химии пищи. Установлено, что по внешнему виду виноградная мука представляет собой сыпучий мелкодисперсный порошок с наличием агломерированных комочков, легко рассыпающихся при легком механическом воздействии (рисунок 1). Цвет сырья – кирпично-коричневый, интенсивный, равномерный по всей массе; вкус – свойственный, слегка вязущий, без посторонних привкусов; запах – свойственный, без посторонних запахов.



Рис. 1. Внешний вид муки из виноградных косточек

**Результаты.** При изучении физико-химических показателей муки из виноградных косточек были получены следующие результаты (таблица 1). Выявлено, что исследуемая мука по содержанию белка несколько превосходит общеизвестные данные, что, несомненно, является положительным моментом. По содержанию жира – почти укладывается в количественный диапазон, полученный Е.И. Решетник с коллегами, при изучении состава муки из косточек винограда «Амурский». Однако влажность анализируемого растительного сырья была на 30 %

выше верхнего предела массовой доли влаги, характерной для муки из виноградных косточек, что, по-видимому, явилось причиной его комкования. Нельзя не отметить высокое содержание в виноградной муке пищевых волокон (на уровне  $70,3 \pm 1,4$  г/100 г) и зольности (выше на 40 %). Последнее обстоятельство согласуется с результатами исследований минерального состава муки из виноградных косточек.

Таблица 1

Физико-химические показатели муки из виноградных косточек в сравнительном аспекте

Наименование показателя	Содержание нутриентов согласно литературным данным	Результаты исследований
Массовая доля влаги, %	6,5–8,0 [12, 13]	$10,4 \pm 0,4$
Массовая доля белка, %	16,6–18,1 [12], 16,0–17,6 [13]	$19,9 \pm 0,5$
Массовая доля жира, %	14,2–16,5 [12], 12,0–14,7 [13]	$11,3 \pm 0,5$
Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон, г/100 г	–	$70,3 \pm 1,4$
Массовая доля золы, %	2,5–2,8 [12], 2,6–3,0 [13]	$4,20 \pm 0,04$

Применяя замещение в составе рецептуры колбасного хлеба определенного количества говядины на аналогичное количество (5,0; 7,0; 10,0 %) муки из виноградных косточек, важным остается вопрос целесообразности этого действия с точки зрения сохранения количества эссенциальных микронутриентов, в том числе минеральных элементов. Поэтому дополнительно изучали минеральную ценность муки из виноградных косточек в сравнительном аспекте с уже известными данными о минеральном составе говядины (таблица 2). Определено, что по содержанию отдельных макро- и микроэлементов изучаемое растительное сырье значительно превосходит мясное. Так, количество фосфора в виноградной муке превышает его содержание в говядине в 2 раза, кальция – в 59 раз, железа – в 9,4 раза и магния – в 8,8 раз. Следовательно, испытываемая мука из виноградных косточек может составить конкуренцию говядине как потенциальный источник этих микронутриентов.

Таблица 2

Минеральная ценность муки из виноградных косточек в сравнительном аспекте

Элемент	Физиологическая потребность по МР 2.3.1.2432-08, мг/сутки	Содержание элемента согласно литературным данным, мг/кг [14, 15]		Результаты исследований муки из виноградных косточек, мг/кг
		говядина	мука из выжимок темных сортов винограда	
P	800,0	1870,60–2060,80 (233–257*)	2560,00 (320*)	$3883,00 \pm 611,40$ (485*)
Ca	1000,0	120,10–120,50 (12*)	15000,00 (1500*)	$7137,00 \pm 2426,58$ (714*)
Cu	1,0	–	7,00 (700*)	$14,11 \pm 1,41$ (1411*)
Fe	10,0 (для мужчин), 18,0 (для женщин)	28,00–29,10 (280–290* – для мужчин, 155–161* – для женщин)	170,00 (1700* – для мужчин, 944* – для женщин)	$269,46 \pm 26,95$ (2695* – для мужчин, 1497* – для женщин)
Mg	400,0	220,70–240,80 (55–60*)	–	$2017,60 \pm 544,75$ (504*)
Mn	2,0	–	9,60 (480*)	$30,99 \pm 10,23$ (1549*)
Zn	12,0	–	24,00 (200*)	$20,55 \pm 2,06$ (171*)

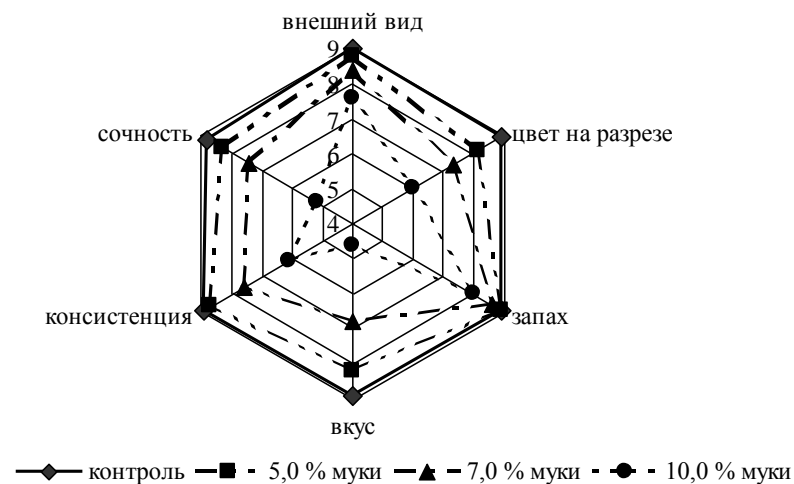
Примечание: \* – удовлетворение суточной физиологической потребности, %

Однако по содержанию кальция мука из семян винограда существенно уступает муке из выжимок, так как содержит этого макроэлемента в 2,1 раза меньше, по количеству микроэлемента цинка уступает незначительно – на 16,8 %. При этом исследуемая мука может рассматриваться как сырье, богатое марганцем (содержит в 3,2 раза больше), медью (в 2 раза), железом (в 1,6 раза), фосфором (на 51,7 %).



Микробиологические показатели и показатели безопасности анализируемой муки из виноградных косточек находились в пределах регламентированных требований ТР ТС 021/2011, СанПиН 2.3.2.1078-01.

Выявленные специфические органолептические показатели виноградной муки и ее высокая минеральная ценность предопределили испытания второго этапа исследований, а именно изучение влияния растительного сырья на качество и пищевую ценность колбасного хлеба. Результаты дегустационной оценки представлены на рис. 2.



Выявлено, что внесение муки из семян винограда влияет в первую очередь на формирование вкусовых ощущений при опробовании колбасного хлеба, при чем не в лучшую сторону. Так, дозировка 5,0 % муки позволяет сохранить продукт «вкусным» (средняя оценка за этот показатель  $8,2 \pm 0,2$  балла), 7,0 % – переводит продукт в «достаточно вкусный» (средняя оценка за этот показатель  $7,0 \pm 0,3$  балла), а 10,0 % – придает колбасному хлебу «немного безвкусный» с вяжущим привкусом вкус (средняя оценка  $4,6 \pm 0,2$  балла), последнее обстоятельство идентифицирует качество продукта по его вкусовому восприятию как «ниже среднего». Аналогичная тенденция прослеживается в изменении сочности мясного хлеба: если при добавлении 7,0 % виноградной муки продукт имеет «достаточную сочность» (средняя оценка за этот показатель  $7,4 \pm 0,5$  балла), то при 10,0 % – «среднюю сочность» (средняя оценка  $5,2 \pm 0,2$  балла), что соответственно сказалось на формировании консистенции продукта.

Несколько в меньшей мере присутствие растительных компонентов коснулось изменения цвета колбасного хлеба на разрезе. Максимальная из испытуемых дозровок муки по цветовой гамме позволила снизить градацию качества мясного продукта с «очень хорошей» до «выше среднего». При этом аромат запеченного колбасного хлеба сохранился в пределах «очень хорошего», а внешний вид продукта – в рамках «хорошего» качества.

Учитывая негативное влияние процесса замещения говядины в рецептуре колбасного хлеба мукой из косточек винограда в количестве 10,0 % на формирование потребительских свойств, а именно вкусовых характеристик комбинированного продукта, в дальнейших испытаниях использовали опытный образец с добавлением 7,0 % виноградной муки благодаря сохранению органолептических показателей на высоком уровне. Итоги исследований отражены в таблицах 3, 4.

Таблица 3

Показатели качества колбасного хлеба

Определяемый показатель	Норма по ГОСТ 33673-15, ТР ТС 034/2013	Результаты исследований	
		контроль	+ 7,0 % муки
<i>Свежеприготовленные образцы</i>			
Массовая доля белка, %	не менее 10,0	$16,1 \pm 0,9$	$15,4 \pm 0,9$
Массовая доля жира, %	не более 36,0	$31,1 \pm 2,5$	$28,2 \pm 2,3$
Массовая доля поваренной соли, %	1,5–2,8	$1,40 \pm 0,17$	$1,40 \pm 0,15$

Массовая доля крахмала, %	не более 2,0	1,10±0,02	1,10±0,02
Массовая доля влаги, %	не регламентируется	50,2±2,7	47,3±2,2
Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон, г/100 г		не обнаружены	5,0±0,2
Массовая доля золы, %		1,72±0,02	1,98±0,02
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,5×10 <sup>3</sup>	1,5×10 <sup>2</sup>	1,4×10 <sup>2</sup>
БГКП (колиформы) в 1 г	не допускаются	не обнаружены	
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г			
S. aureus в 1 г			
<i>Образцы через 72 часа хранения</i>			
Массовая доля влаги, %	не регламентируется	48,7±1,9	46,4±1,7
КМАФАнМ, КОЕ/г	2,5×10 <sup>3</sup>	2,4×10 <sup>3</sup>	2,3×10 <sup>3</sup>
БГКП (колиформы) в 1 г	не допускаются	не обнаружены	
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г			
S. aureus в 1 г			

Определено, что дополнительное внесение исследуемого нетрадиционного растительного сырья способствует снижению жирности свежеприготовленного мясного хлеба на 9,3 %, влажности – на 5,8 % на фоне увеличения зольности на 15,1 % и привнесения в состав мясного продукта растворимых и нерастворимых пищевых волокон в количестве 5,0±0,2 г/100 г. Микробиологическая стабильность модельных образцов запеченного колбасного хлеба на протяжении всего периода эксперимента оставалась в пределах регламентированных требований ТР ТС 034/2013. Содержание белка, поваренной соли, крахмала в модельных образцах продукта соответствовало нормам действующего нормативного документа – ГОСТ 33673-15.

Таблица 4

Минеральная ценность колбасного хлеба

Элемент	Результаты исследований, мг/кг	
	контроль	+ 7,0 % муки
P	1297,00±172,10	1460,00±192,20
Ca	900,60±324,22	1996,80±718,85
Cu	0,63±0,06	1,46±0,15
Fe	16,58±1,66	53,50±5,35
Mg	140,95±52,86	259,08±97,16
Mn	0,21±0,12	2,42±1,43
Zn	15,86±1,59	16,79±1,68

По результатам испытаний минерального состава установлено, что опытный образец колбасного хлеба с замещением 7,0 % говядины на виноградную муку содержит относительно больше следующих минеральных элементов: марганца – в 11,5 раз, железа – в 3,2 раза, меди – в 2,3 раза, кальция – в 2,2 раза, магния – в 1,8 раз, фосфора – на 12,5 %, цинка – на 5,8 %, что в большей степени способствует ликвидации дефицита минеральных элементов в пищевом рационе россиян.

**Заключение.** Таким образом, изучено влияние различных дозировок нетрадиционного растительного сырья на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели и пищевую ценность колбасного хлеба. Установлена практическая возможность замещения говядины в рецептуре пищевой продукции на муку из семян винограда в количестве до 7,0 % для приготовления мясного продукта повышенной минеральной ценности с сохранением его потребительских характеристик, микробиологической безопасности и содержанием изначально отсутствующих пищевых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов К. В., Малдтабар Л. М., Раджабов А. К., Матузок Н. В. Виноградарство / под ред. проф. К. В. Смирнова. М.: МСХА, 1998. 510 с.
2. Галущенко В. Т., Березовский Ю. С. Виноград. М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2008. 108 с.
3. Тагирова П. Р., Касьянов Г. И. Пищевые добавки из семян и кожицы ягод винограда // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 9. С. 281–296.

4. Решетник Е. И., Шарипова Т. В., Максимюк В. А. Исследование влияния виноградной муки на функциональные свойства геродиетических мясорастительных полуфабрикатов // *Техника и технология пищевых производств*. 2014. № 2. С. 71–75.
5. Красина И. Б., Данович Н. К., Казьмина О. И. Безглютеновые хлебцы с использованием нетрадиционных видов сырья // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2. С. 1626–1631.
6. Клочко А. В., Короткова Т. Г., Ксандопуло С. Ю., Бушумов С. А., Мариненко О. В. Использование порошка из виноградных выжимок при производстве мучных кондитерских изделий // *Научный журнал КубГАУ*. 2017. № 129. С. 381–390.
7. Deng Q., Penner M. H., Zhao Y. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins // *Food Research International*. 2011. no. 44. pp. 2712-2720.
8. Torri L., Piochi M., Marchiani R., Zeppa G., Dinnella C., Monteleone E. A sensory - and consumer-based approach to optimize cheese enrichment with grape skin powders // *Journal of Dairy Science*. 2016. vol. 99, Issue 1. pp. 194 –204.
9. Cappa C., Lavelli V., Mariotti M. Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties // *LWT-Food Science and Technology*. 2015. vol. 62, Issue 1, Part 2. pp. 569–575.
10. Голунова Н.Е. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. СПб.: «ПрофиКС», 2003. 408 с.
11. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов // под. ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М.: Брандес, Медицина, 1998. 342 с.
12. Корнен Н.Н. Исследование состава и свойства БАД из семян винограда // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2013. № 1 (18). С. 48–52.
13. Решетник Е.И., Максимюк В.А. Перспективы использования муки из винограда «Амурский» для получения функционального творожного продукта // *Национальная ассоциация ученых*. 2015. № 3-3(8). С. 80–82.
14. Решетник Е.И., Шарипова Т.В., Максимюк В.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности: монография. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2016. 197 с.
15. Абдуллабеков Р.А. Использование виноградного сырья как источник БАД в условиях РД // *Горное сельское хозяйство*. 2016. № 1. С. 153–158.

#### REFERENCES

1. Smirnov K. V., Maldtabar L. M., Radzhabov A. K., Matuzok N. V. Vinogradarstvo / Pod red. prof. K.V. Smirnova. M.: MSKHA, 1998. 510 s.
2. Galushchenko V. T., Berezovskij Yu. S. Vinograd. M.: ACT; Doneck: Stalker, 2008. 108 p.
3. Tagirova P. R., Kas'yanov G. I. Pishchevye dobavki iz semyan i kozhicy yagod vinograda // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2015. № 9. S. 281–296.
4. Reshetnik E. I., SHaripova T. V., Maksimyuk V. A. Issledovanie vliyaniya vinograd-noj muki na funkcional'nye svojstva gerodieticheskikh myasorastitel'nykh polufabrikatov // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2014. № 2. S. 71–75.
5. Krasina I. B., Danovich N. K., Kaz'mina O. I. Bezglyutenovye hlebtsy s ispol'zovaniem netradicionnykh vidov syr'ya // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2015. № 2. S. 1626–1631.
6. Klochko A. V., Korotkova T. G., Ksandopulo S. Yu., Bushumov S. A., Marinenko O. V. Ispol'zovanie poroshka iz vinogradnykh vyzhimok pri proizvodstve mучnykh konditerskikh izdelij // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2017. № 129. S. 381–390.
7. Deng Q., Penner M. H., Zhao Y. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins // *Food Research International*. 2011. no. 44. pp. 2712-2720.
8. Torri L., Piochi M., Marchiani R., Zeppa G., Dinnella C., Monteleone E. A sensory - and consumer-based approach to optimize cheese enrichment with grape skin powders // *Journal of Dairy Science*. 2016. vol. 99, Issue 1. pp. 194 –204.
9. Cappa C., Lavelli V., Mariotti M. Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties // *LWT-Food Science and Technology*. 2015. vol. 62, Issue 1, Part 2. pp. 569–575.
10. Golunova N. E. Sbornik receptur blyud i kulinarnykh izdelij dlya predpriyatij obshchestvennogo pitaniya. SPb.: «Prof-iKS», 2003. 408 s.
11. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov // pod. red. I. M. Skurikhina, V. A. Tutel'jana. M.: Brandes, Medicina, 1998. 342 s.
12. Kornen N.N. Issledovanie sostava i svojstva BAD iz semyan vinograda // *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnykh pishchevykh produktov*. 2013. № 1 (18). S. 48–52.
13. Reshetnik E. I., Maksimyuk V. A. Perspektivy ispol'zovaniya muki iz vinograda «Amurskij» dlya poucheniya funkcional'nogo tvorozhnogo produkta // *Nacional'naya asociaciya uchenykh*. 2015. № 3-3(8). S. 80–82.
14. Reshetnik E. I., SHaripova T. V., Maksimyuk V. A. Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pokazatelej pishchevoj cennosti: monografiya. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj GAU, 2016. 197 s.
15. Abdullabekov R. A. Ispol'zovanie vinogradnogo syr'ya kak istochnik BAD v usloviyah RD // *Gornoe sel'skoe hozyajstvo*. 2016. № 1. S. 153–158.

### ОБ АВТОРАХ

**Наумова Наталья Леонидовна**, доктор технических наук доцент профессор кафедры пищевых и биотехнологий Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет, 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 7683512679670, n.naumova@inbox.ru  
Naumova Natalia Leonidovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (National Research University), 454080, Chelyabinsk, Prospekt V.I. Lenina, 76, 7683512679670, n.naumova@inbox.ru

**Лукин Александр Анатольевич**, студент магистратуры кафедры технологии продукции и организации общественного питания, Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет) 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 89068547606, lukin3415@gmail.com

Lukin Aleksandr Anatolievich, Graduate Student of Science in Technology and Catering South Ural State University (National Research University), 454080, Chelyabinsk, Prospekt V.I. Lenina, 76, 89068547606, lukin3415@gmail.com

**Сергеев Анатолий Анатольевич**, студент бакалавриата кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет) 454080, г. Челябинск, Проспект им. В.И. Ленина, 76, 83512679670, thkimi@mail.ru

Sergeyev Anatoly Anatolyevich, Student of the Bachelor's Degree in Food and Biotechnology, South Ural State University (National Research University), 454080, Chelyabinsk, Prospekt V.I. Lenina, 76, 83512679670, thkimi@mail.ru

Дата поступления в редакцию 26.08.2018

Т. Ф. Киселева [T. F. Kiseleva]<sup>1</sup>  
 Ю. Ю. Миллер [Yu. Yu. Miller]<sup>2</sup>  
 А. Л. Верещагин [Al. L. Vereschagin]<sup>3</sup>  
 О. В. Голуб [O. V. Golub]<sup>2</sup>

УДК 663.433:633.16  
 DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-160-166

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СТИМУЛЯТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО СОЛОДА

STUDY THE POSSIBILITY OF USING ORGANIC STIMULANT  
 IN THE PRODUCTION OF WHEAT MALT

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет,

<sup>2</sup> Сибирский университет потребительской кооперации,

<sup>3</sup> Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

**Аннотация.** Основным видом сырья, применяемым в технологии напитков пивобезалкогольной отрасли, являются различные виды злаковых растений, используемые преимущественно в соложенном виде.

**Материалы и методы.** С целью оптимизация процесса солодоращения и повышения качества солодовенного продукта в технологии солода используют различные способы обработки зерна. В работе показана возможность интенсификация процесса солодоращения на примере пшеницы посредством применения комплекса органических кислот.

Исследования проведены на образце пшеницы сорта «Алтайская 99», культивированной в Алтайском крае, определены качественные показатели исходного зерна, подтверждающие возможность получения солода его основе.

**Результаты.** Разработана технология пшеничного солода, определены параметры технологических стадий, рекомендована дозировка органического стимулятора. Исследовано влияние комплекса органических кислот на изменение ферментативной активности пшеницы (амилолитической и протеолитической) на всех этапах солодоращения. Определены качественные показатели пшеничного солода, содержание аминокислот в готовом солоде.

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения обработки пшеницы комплексом органических кислот на стадии замачивания зерна.

**Ключевые слова:** пшеничный солод, повышенная ферментативная активность, проращивание.

Abstract. The main type of raw materials used in the beverage and beverage technology of the beverage industry are various types of cereals, used mainly in the malted form.

Materials and methods. In order to optimize the process of malting and improve the quality of the malting product in the malt technology, various methods of grain processing are used. The paper shows the possibility of intensifying the malting process on the example of wheat through the use of a complex of organic acids.

Studies were conducted on a sample of wheat variety "Altai 99", cultivated in the Altai Territory, the quality indicators of the original grain were determined, confirming the possibility of producing malt based on it.

Results. The technology of wheat malt was developed, the parameters of the technological stages were determined, the dosage of the organic stimulator was recommended. The effect of a complex of organic acids on the change in the enzymatic activity of wheat (amylolytic and proteolytic) at all stages of malting has been investigated. The quality indicators of wheat malt, the content of amino acids in the finished malt were determined.

Conclusion. The results indicate the feasibility of processing wheat with a complex of organic acids at the stage of soaking the grain.

Key words: wheat malt, increased enzymatic activity, germination.

**Введение.** Одним из основных видов сырья, применяемых в технологии напитков пивобезалкогольной отрасли, являются различные виды злаковых растений, используемые преимущественно в соложенном виде, поскольку зерновое сырье, подвергшееся предварительному проращиванию, имеет ряд преимуществ с технологической точки зрения перед нативным зерном. Соложенные зернопродукты легче подвергаются растворению в процессе приготовления зернового сула за счет перевода нерастворимых соединений в растворимые, повышают его экстрактивность за счет снижения температуры клейстеризации крахмала и более полного его гидроли-

за, не провоцируют сложностей при фильтровании, тем самым позволяют оптимизировать процесс приготовления зернового сула и улучшить его технологические показатели.

**Материалы и методы.** В настоящее время, наряду с классическими способами солодоращения, существует большое количество современных приемов, отличающихся от традиционных специфическими способами воздействия (физические, химические, биохимические и др.) на зерно, позволяющими добиться каких-либо определенных положительных результатов при реализации основной цели солодоращения – сокращения продолжительности производства солода, улучшения его качественных характеристик, снижения потерь, экономического эффекта [1–3].

В проведенном нами исследовании предлагалось усовершенствовать технологию солода на примере пшеницы, как самой распространенной зерновой культуры в мире, в том числе в России, и достаточно распространенной в применении при производстве сброженных зерновых напитков пивобезалкогольной отрасли, но редко применяемой для проращивания ввиду возникающих определенных трудностей, связанных с характерным химическим составом, посредством использования на одной из стадий производства солода комплекса органических кислот, входящих в цикл Кребса (лимонной, янтарной, яблочной, α-кетоглутаровой и fumarовой), стимулирующих рост и развитие растений и микроорганизмов [4–8].

Целью работы являлось изучение влияния комплекса органических кислот, используемого при проращивании пшеницы, на качественные характеристики получаемого пшеничного солода, прежде всего его ферментативную активность.

Объектом исследования являлся пшеничный солод, предметом исследования – качественные характеристики пшеницы на отдельных стадиях получения солода (исходное, замоченное и пророщенное зерно, готовый солод). Методами исследования являлись традиционные методики анализа зернового сырья, применяемые для контроля качества в пивобезалкогольной промышленности. Исходные показатели используемой в работе пшеницы на примере сорта «Алтайская 99» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Качественные показатели пшеницы «Алтайская 99»

Наименование показателей	Значения
Цвет, запах, вкус	свойственные нормальной пшенице, без посторонних оттенков
Массовая доля влаги, %	8,8 ± 0,1
Абсолютная масса, г	33,2 ± 1,0
Натура, г/дм <sup>3</sup>	776 ± 5,0
Способность прорастания, %	91,2 ± 0,1
Массовая доля экстрактивных веществ, %	61,8 ± 1,0
Массовая доля белка, %	12,5 ± 0,1
Массовая доля крахмала, %	62,1 ± 0,5
Массовая доля жира, %	1,9 ± 0,1
Амилолитическая активность, ед./г	138,2 ± 0,5
Протеолитическая активность, ед./г	78,2 ± 0,5

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно отметить, что исходные качественные показатели используемого образца пшеницы, культивируемой в Алтайском крае, позволяют предположить о возможности получения пшеничного солода на ее основе, чему свидетельствует определяющий в данном случае показатель «способность прорастания». Из этой же таблицы также видно, что пшеница уже в нативном состоянии обладает относительно высокой (в сравнении с другими злаковыми или также пшеницей, но других сортов) ферментативной активностью, однако, применение ее в непророщенном состоянии может иметь место в технологии зерновых напитков только в случае частичной замены ею соложенных зернопродуктов, что и является на сегодняшний день одним из распространенных случаев применения такого рода зернопродуктов. Применение пшеницы в качестве основного зернового сырья с таким уровнем ферментов невозможно, решение данной проблемы осуществляется посредством солодоращения.

Технология пшеничного солода представляла собой последовательное проведение классических стадий солодоращения, а именно, мойку и замачивание пшеницы, проращивание и сушку готового солода, удаление ростков. Замачивание зерна перед проращиванием проводят для накопления в зерне достаточного количества

влаги, необходимой для активации ферментных систем, частичного их новообразования для последующего гидролиза с их помощью высокомолекулярных соединений. В данном исследовании замачивание проводили по воздушно-водяному способу, чередованием пауз с преимущественной выдержкой без воды. Продолжительность замачивания составила 48 часов, температура замочной воды – 16 °С. В последнюю замочную воду вносили комплекс органических кислот в концентрации  $10^{-9}$  моль/дм<sup>3</sup>, продолжительность последней водяной паузы составила 6 часов. Период внесения данных стимуляторов роста обоснован уже прошедшими процессами набухания коллоидов зерна и невозможностью их последующего удаления при дальнейшей смене замочной воды для выравнивания концентраций по обе стороны зерновых перегородок. Концентрация препарата выбрана на основании ранее проведенных исследований [9, 10].

Для исследования влияния внесенного стимулятора роста на изменения биохимического характера, происходящие на всех технологических этапах солодоращения, пшеницу опытного и контрольного образцов после замачивания направляли на проращивание по обычному классическому способу, типа ящичной солодовни, при температуре 16-18 °С с периодическим ворошением зерна 2 раза в сутки. Проращивание вели по холодному режиму с целью проведения равномерного процесса растворения биополимеров зерна.

Поскольку объектом данного исследования является зерно пшеницы, то в большей степени представляющими интерес ферментами являются амилазы и протеазы с точек зрения химического состава зерна и цели использования пшеничного солода в технологии напитков, так как преимущественно эти ферменты отвечают за гидролиз основных биополимеров и, в конечном итоге, за выход экстракта.

**Результаты.** В ходе наблюдений был отмечен положительный эффект применения в качестве стимулятора солодоращения комплекса органических кислот на стадиях замачивания и проращивания зерна. После замачивания контроль и сравнительный анализ ферментативной активностей показали, что накопление и амилолитической, и протеолитической активностей, начинающееся еще на стадии замачивания, происходило интенсивнее в опытном образце относительно контрольного при замачивании и последующем проращивании, и к концу пятых-шестых суток проращивания уровень ферментативной активности опытного образца был сопоставим с уровнем ферментативной активности необработанного зерна седьмых суток проращивания.

На основании выше сказанного, можно резюмировать двойной эффект влияния комплекса органических кислот:

1) увеличение амилолитической активности опытного образца пшеницы относительно контрольного варианта составило около 26 %, прирост протеолитической активности чуть более выражен и составил 30 %, при этом, сравнивая ферментативную активность исходного и пророщенного зерна, отмечено возрастание ферментативной активности в среднем в 2,0 и 1,6 раза для опытного и контрольного варианта соответственно;

2) применение органического стимулятора роста в виде органических кислот из цикла Кребса позволяет сократить продолжительность проращивания исследуемого образца пшеницы на 1,5–2,0 суток, при этом к этому моменту уровень ферментов амилолитического и протеолитического действия достаточен для того, чтобы использовать полученный пшеничный солод в качестве основного (осахаривающего) зернового сырья в производстве зерновых напитков.

Накопленный положительный эффект на предыдущих технологических операциях важно сохранить при проведении последующих стадий, а именно сушки. В этот период, при нарушении температурно-влажностного режима можно не только не сохранить полученные результаты, но и привести к тому, что готовый продукт будет иметь неудовлетворительные характеристики по всем показателям качества, ввиду чего сушке следует уделять повышенное внимание. Данная операция протекала в два этапа: подсушивание свежепросоженного солода при невысоких температурах с максимальным удалением свободной влаги, с дальнейшим повышением температуры в относительно сухом материале до значений, позволяющих максимально сохранить ферменты и в то же время снизить влажность в зерне до требуемых технологией значений для достижения длительного хранения.

После сушки в пшеничном солоде сразу же отделяли ростки, так как они гигроскопичны, кроме того, отрицательно влияют на органолептические показатели готового продукта, а также определяли качественные показатели, в том числе ферментативную активность. На рисунках 1 и 2 показаны изменения амилолитической и протеолитической активностей на протяжении всего цикла получения пшеничного солода. В таблице 2 приведены качественные показатели готового пшеничного солода.

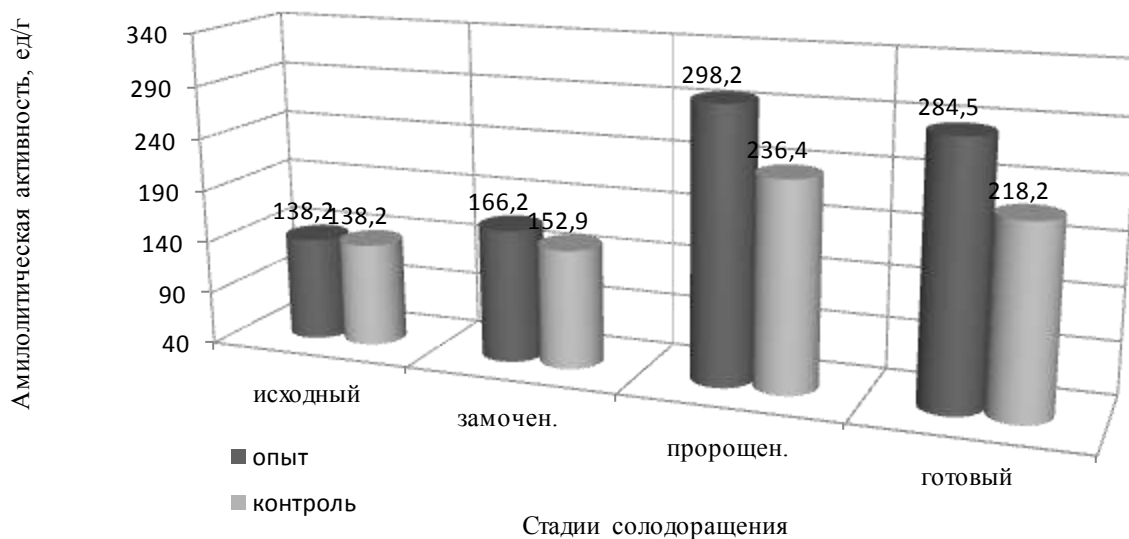


Рис. 1. Изменение амилолитической активности зерна при производстве пшеничного солода с использованием комплекса органических кислот

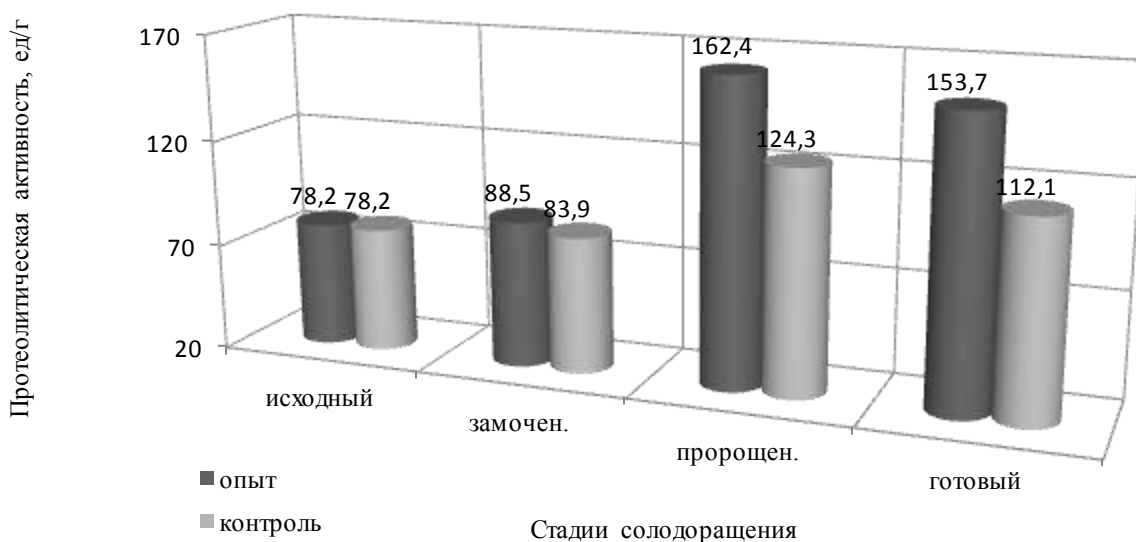


Рис. 2. Изменение протеолитической активности зерна при производстве пшеничного солода с использованием комплекса органических кислот

Таблица 2

Физико-химические показатели пшеничного солода

Наименование показателя	Содержание в пшеничном солоде	
	контрольный образец	опытный образец
Массовая доля влаги, %	6,0±0,1	5,9±0,1
Массовая доля экстракта в сухом солоде, %	65,2±0,1	68,4±0,1
Степень растворения, %	3,5±0,01	2,9±0,01
Продолжительность осахаривания, мин	25±1	20±1
Массовая доля белка, %	8,9±0,1	7,7±0,1
Массовая доля крахмала, %	58,5±0,5	56,9±0,5
Амилолитическая активность, ед/г	218,2±0,5	284,5±0,5
Протеолитическая активность ед/г	112,1±0,5	153,7±0,5



Общее количество аминокислот, мг/100 г продукта	8510	10250
Количество незаменимых аминокислот, мг/100г продукта, в том числе:	2640	2920
- валин	280	320
- аргинин	770	660
- лейцин и изолейцин (суммарно)	770	910
- лизин	240	290
- треонин	340	380
- фенилаланин	240	360
Лабораторное сусло:		
Цвет, см <sup>3</sup> р-ра йода конц-цией 0,1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> воды	0,17±0,01	0,12±0,01
Кислотность, см <sup>3</sup> р-ра гидроокиси натрия конц-цией 1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> сусла	1,1±0,01	1,1±0,01
Прозрачность	слегка замутненное	достаточно прозрачное

На основании анализа приведенных результатов можно констатировать, что полученный с применением в технологии комплекса органических кислот пшеничный солод имеет более высокие качественные показатели, позволяющие использовать данный солодовенный продукт в производстве напитков не только в качестве альтернативного сырья, добавляемого, как правило, в незначительных количествах, а как самостоятельный базовый сырьевой компонент. Кроме этого использование данного органического стимулятора в производстве пшеничного солода за счет провоцирования интенсивного накопления протеолитических ферментов и как следствие частичного проведения ими гидролиза полимерных азотистых соединений приводит к повышенному образованию аминокислот, в том числе и незаменимых, способствуя повышению биологической ценности получаемого солода, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 2.

**Заключение.** Таким образом, нами подтверждена возможность совершенствования технологии солода на примере зерновой культуры – пшеницы, посредством обработки зерна на стадии замачивания комплексом органических кислот, входящих в цикл Кребса. Препарат рекомендуется вносить в последнюю замочную воду в концентрации  $10^{-9}$  моль/дм<sup>3</sup>, и выдерживать пшеницу в течение шести часов. Это позволяет ускорить процесс синтеза и активации ферментов, сократить продолжительность солодоращения, что к тому же сопутственно позволяет достичь определенного экономического эффекта, а также получить солод с высокими качественными и технологическими показателями (в том числе высокой ферментативной активностью), а также повышенной пищевой (биологической) ценностью. Полученный таким способом пшеничный солод может стать ценным сырьем пивобезалкогольной промышленности, используемым в производстве зерновых напитков, в том числе напитков с повышенной пищевой ценностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ростовская М. Ф. Влияние параметров солодоращения на качество пшеничного солода / М. Ф. Ростовская, А. Н. Извекова, Н. Н. Извекова // Пиво и напитки. 2014. № 4. С. 54-56.
2. Kalita, D., Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and 16S rDNA chemical properties / D. Kalita, B. Sarma, B. Srivastava // Food Chemistry, 2017, Vol. 220, pp. 67-75.
3. Optimization of wheat sprouting for production of selenium enriched kernels using response surface methodology and desirability function / Marco A. Lazo-Vélez, Jonnatan Avilés-González, Sergio O. Serna-Saldivar, Maria C. Temblador-Pérez // LWT – Food Science and Technology, 2016, Vol. 65, pp. 1080-1086.
4. Верещагин А. Л., Кропоткина В. В. Влияние сверхмалых доз интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие ряда двудольных растений. Бийск: Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (Бийск), 2010.
5. Биологическая активность сверхмалых концентраций ряда природных органических кислот – интермедиатов цикла Кребса / А. Л. Верещагин, В. В. Еремина, Ю. И. Захарьева, А. Н. Хмелева, Л. Л. Кунец // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. № 2 (3). С. 72-75.

6. Верещагин А. Л. Строение анионов кислот цикла Кребса в нано- и фемтомольных концентрациях / А. Л. Верещагин, А. М. Звонко, Ю. И. Захарьева // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. № 1 (5). С. 80-85.
7. Захарьева Ю. И. Изменение электропроводности водных растворов органических кислот цикла Кребса при разбавлении и ультразвуковой обработке / Ю. И. Захарьева, А. Л. Верещагин // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. № 1 (5). С. 88-89.
8. Совершенствование технологии овсяного солода / Т. Ф. Киселева, Ю. Ю. Миллер, С. В. Степанов, И. А. Вдовкина, С. Е. Терентьев // Пиво и напитки. 2014. № 1. С. 28-30.
9. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот / Т. Ф. Киселева, Ю. Ю. Миллер, Ю. В. Гребенникова, Е. И. Стабровская // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 1. С. 11-17.
10. Миллер Ю. Ю. Интенсификация солодоращения ржи посредством использования комплекса органических кислот // Пища. Экология. Качество. 2016. С. 313-317.

## REFERENCES

1. Rostovskaya M. F. Vliyanie parametrov solodorashcheniya na kachestvo pshenichnogo soloda / M. F. Rostovskaya, A. N. Izvekova, N.N. Izvekova // Pivo i napitki. 2014. № 4. S. 54-56.
2. Kalita D., Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and hysic chemical properties / D. Kalita, B. Sarma, B. Srivastava // Food Chemistry, 2017, Vol. 220, pp. 67-75.
3. Optimization of wheat sprouting for production of selenium enriched kernels using response surface methodology and desirability function / Marco A. Lazo-Vélez, Jonnatan Avilés-González, Sergio O. Serna-Saldivar, Maria C. Temblador-Pérez // LWT – Food Science and Technology, 2016, Vol. 65, pp. 1080-1086.
4. Vereshchagin A.L., Kropotkina V.V. Vliyanie sverkhmalykh doz intermediatov tsikla Krebса na rost i razvitie ryada dvudol'nykh rastenii. Biisk: Biiskii tekhnologicheskii institut (filial) federal'nogo gosudarstvennogo byudzhelnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Altayskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. I.I. Polzunova» (Biisk), 2010.
5. Biologicheskaya aktivnost' sverkhmalykh kontsentratsii ryada prirodnykh organicheskikh kislot – intermediatov tsikla Krebса / A. L. Vereshchagin, V. V. Eremina, Yu. I. Zakhar'eva, A. N. Khmeleva, L.L. Kunets // Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2012. № 2 (3). S. 72-75.
6. Vereshchagin A. L. Stroenie anionov kislot tsikla Krebса v nano- i femtomol'nykh kontsentratsiyakh / A. L. Vereshchagin, A. M. Zvonok, Yu. I. Zakhar'eva // Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik. 2014. № 1 (5). S. 80-85.
7. Zakhar'eva Yu. I. Izmenenie elektroprovodnosti vodnykh rastvorov organicheskikh kislot tsikla Krebса pri razbavlenii i ul'trazvukovoi obrabotke / Yu. I. Zakhar'eva, A. L. Vereshchagin // Yuzhno-Sibirskii nauchnyi vestnik. 2014. № 1 (5). S. 88-89.
8. Sovershenstvovanie tekhnologii ovsyannogo soloda / T. F. Kiseleva, Yu. Yu. Miller, S. V. Stepanov, I. A. Vdovkina, S. E. Terent'ev // Pivo i napitki. 2014. № 1. S. 28-30.
9. Vozmozhnost' intensivatsii solodorashcheniya posredstvom ispol'zovaniya kompleksa organicheskikh kislot / T. F. Kiseleva, Yu. Yu. Miller, Yu. V. Grebennikova, E.I. Stabrovskaya // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2016. № 1. S. 11-17.
10. Miller Yu. Yu. Intensifikatsiya solodorashcheniya rzhi posredstvom ispol'zovaniya kompleksa organicheskikh kislot // Pishcha. Ekologiya. Kachestvo. 2016. S. 313-317.

## ОБ АВТОРАХ

**Киселева Татьяна Федоровна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология бродильных производств и консервирования», Кемеровский государственный университет, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, Тел.: 8 3842 39 09 79, E-mail: tf@kemtipp.ru  
Kiseleva Tatiana Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department «Technology of fermentation and preservation», Kemerovo state University, 6, ulitsa Krasnaya, Kemerovo, 650000, Russia, Tel.: 8 3842 39 09 79, E-mail: tf@kemtipp.ru

**Миллер Юлия Юрьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Товароведение и экспертиза товаров», Сибирский университет потребительской кооперации, 630087, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 26, Тел.: 8 383 346-17-53, E-mail: miller.yuliya@mail.ru  
Miller Yuliya Yurievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Commodity research and examination», Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marxa, Novosibirsk, 630087, Russia, Tel.: 8 383 346-17-53 E-mail: miller.yuliya@mail.ru

**Верещагин Александр Леонидович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Общая химия и экспертиза», Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, д. 27, Тел.: (3854) 43-53-18, E-mail: val@bti.secna.ru

Vereschagin Alexander Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «General chemistry and expertise» Biysk technological Institute (branch) «Altai state technical University named after I.I. Polzunova», 27, ulitsa Trofimova, Biysk, Altayskiy kray, 659305, Russia, Tel.: (3854) 43-53-18, E-mail: val@bti.secna.ru

**Голуб Ольга Валентиновна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Товароведение и экспертиза товаров», Сибирский университет потребительской кооперации, 630087, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 26, Тел.: 8 383 346-17-53, E-mail: expertis@sibupk.nsk.su

Golub Olga Valentinovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Commodity research and examination», Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marxa, Novosibirsk, 630087, Russia, Tel.: 8 383 346-17-53, E-mail: expertis@sibupk.nsk.su

Дата поступления 08.06.2018

Г. В. Алексеев [G. V. Alekseev]  
 А. П. Савельев [A. P. Saveliev]  
 Н. Е. Титова [N. E. Titova]

УДК 339.1:664.66  
 DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-167-173

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПЕКАРНОЙ КАМЕРЕ

SOLUTION OF ENERGY RESOURCES SAVING TASKS BY REGULATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE BAKERY CAMERA

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики*

**Аннотация.** Общемировыми тенденциями – приоритетными направлениями развития пищевой промышленности являются ресурсосбережение и расширение ассортимента производимых продуктов питания для более полного удовлетворения потребителей.

**Материалы и методы, результаты.** В статье рассмотрены вопросы теоретического обоснования возможностей совершенствования хлебопекарного оборудования и даны рекомендации по его дооснащению для обеспечения энерго-ресурсосберегающих режимов его работы. В качестве объекта исследования выбран процесс регулирования температурных полей в туннельных печах конвейерного типа.

**Заключение.** Экспериментальные исследования позволили определить мощность электронагревателя обеспечивающего минимальный упек. Эта мощность составила 12,3 КВт. Контрольные образцы для сравнения качества изделий выпекались в пекарном шкафу ШПЭ-3 мощностью 22,7 КВт, в первом случае снижение мощности электронагревателя составило 15%, а во втором - 46%. Упек при этом составил 3,7% в первом случае и 7,8% во втором случае. При среднем упеке 6% для такого типа изделий очевидны эффекты ресурсосбережения в обоих случаях.

**Ключевые слова:** теоретическое обоснование, энерго- ресурсосберегающие режимы, регулирование температурных полей, пекарные камеры.

*Abstract. Global trends – priority directions of development of the food industry are resource saving and expansion of the range of the made food for fuller satisfaction of consumers.*

*Materials and methods, results. The article deals with the theoretical substantiation of the possibilities of improving the baking equipment and provides recommendations for its retrofitting to ensure energy – resource-saving modes of its operation. As the object of investigation, the process of regulation of temperature fields in tunnel ovens of the conveyor type.*

*Conclusion. Experimental studies have allowed to determine the power of the electric heater provides a minimum UPEC. This power was 12.3 KW. Control samples for comparing the quality of products were baked in a baking Cabinet SHPE -3 with a capacity of 22.7 KW, in the first case, the decrease in the power of the electric heater was 15%, and in the second - 46%. UPEC was 3.7% in the first case and 7.8% in the second case. With an average charge of 6% for this type of product, the effects of resource saving in both cases are obvious.*

Key words: theoretical justification, energy-saving modes, regulation of temperature fields, baking chambers.

**Введение.** В соответствии с общемировыми тенденциями приоритетными направлениями развития пищевой промышленности являются ресурсосбережение и расширение ассортимента производимых продуктов питания для более полного удовлетворения потребителей. Эти тенденции в России сопровождаются национальными особенностями развития производства. Основой совершенствования работы предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, а также работы большинства научных и исследовательских организаций этого профиля являются директивные документы, которые предусматривают создание опережающего научно-технического задела для агро-промышленного комплекса РФ, базирующегося на «прорывных» сквозных аграрно-пищевых технологиях для решения проблем продовольственной безопасности, здорового питания населения и рационального природопользования. Одной из особенностей современного этапа развития пищевых производств является создание продуктов питания перспективных для использования в районах Арктики. Анализ полученных экспериментальных результатов позволил выработать рекомендации по обеспечению рациональных режимов работы исследованных пекарных камер. Снижение ресурсозатрат в пищевых производствах особенно актуально в частности и из-за того, что часто связь количества потребляемой энергии с количеством полезно используемого пищевого сырья и количеством производимой продукции имеет специфическую форму. Так, например, в хлебопечении иногда рациональное распределение

температуры по объему камеры, при общем снижении теплотрат на выпечку, приводит к уменьшению упека изделий (повышению выхода готовой продукции) [1–3].

Рассмотрение возможностей совершенствования пекарной камеры за счет регулирования распределения температуры, влияющее на характер теплотрат, требует уточнения условия подвода теплоты к нагреваемому объекту и его геометрии.

**Объекты и методы.** Известная тепловая задача для нагрева бесконечной пластины при выполнении функцией распределения температуры  $f(x)$  условий Дирихле, показывает, что достаточно хорошее приближение к реальным условиям теплообмена получают при гармоническом распределении температуры по границе раздела греющей среды и нагреваемого объема.

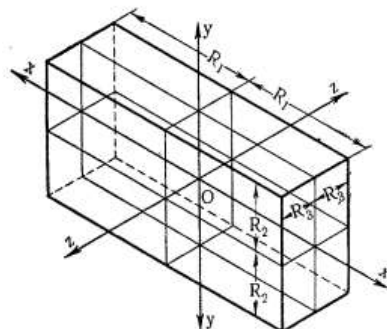


Рис. 1. Модель жарочной камеры в виде трех взаимно перпендикулярных пластин

В складывающихся условиях самым разумным представляется усложнение модели тепловой задачи в направлении изменения геометрии нагреваемого тела, например, заменой бесконечной плоскости на параллелепипед [4].

Для указанных условий вполне правомерна постановка задачи в виде пластины конечных размеров  $2R_1 \times 2R_2 \times 2R_3$ , температура которой везде одинакова и равна  $T_0$ . В момент времени  $\tau = 0$  все поверхности пластины мгновенно нагреваются до некоторой температуры  $T_c < T_0$ , которая поддерживается постоянно на протяжении всего процесса нагревания. Требуется найти распределение температуры в любой момент времени, а также среднюю температуру пластины, необходимую для определения теплотрат. Поместим начало координат в центр параллелепипеда, тогда уточненную задачу математически можно сформулировать следующим образом [5]:

$$\frac{\partial T(x, y, z)}{\partial \tau} = a \left[ \frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial z^2} \right]$$

где  $\tau > 0$ ;  $-R_1 < x < +R_1$ ;  $-R_2 < y < +R_2$ ;  $-R_3 < z < +R_3$ ;

$$T(x, y, z, 0) = T_0 = \text{const};$$

$$T(R_1, y, z, \tau) = T_c$$

$$T(x, R_2, z, \tau) = T_c$$

$$T(x, y, R_3, \tau) = T_c$$

Академиком Лыковым А. В. показано, что решение аналогичной задачи можно представить как произведение решений для трех неограниченных пластин, толщина которых соответственно равна  $2R_1$ ,  $2R_2$  и  $2R_3$ .

$$\frac{T(x, y, z, \tau) - T_c}{T_0 - T_c} = \frac{T(x, \tau) - T_c}{T_0 - T_c} \cdot \frac{T(y, \tau) - T_c}{T_0 - T_c} \cdot \frac{T(z, \tau) - T_c}{T_0 - T_c}$$

При этом температуры  $T(x, \tau)$ ,  $T(y, \tau)$ ,  $T(z, \tau)$  определяются решением дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad \frac{\partial T(y, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(y, \tau)}{\partial y^2}; \quad \frac{\partial T(z, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(z, \tau)}{\partial z^2}$$

$$T(x, 0) = T(y, 0) = T(z, 0) = T_0 = \text{const}$$

$$T(R_1, \tau) = T(R_2, \tau) = T(R_3, \tau) = T_c$$

Подставляя получаемые решения в предыдущее выражение, и после этого в начальные условия, можно получить окончательное решение поставленной тепловой задачи [6–8].

Реальный процесс выпечки сопряжен с различными технологическими воздействиями на распределение температуры в камере, например открытием или закрытием шторок для открытия или закрытия загрузочных окон.

Представляет интерес характер изменения температурного поля в жарочной камере от технологических возмущений, моделируемых периодическим влиянием источника или стока теплоты [9].

**Численное моделирование объекта исследования.**

Рассмотрим с этой целью численное решение уравнения теплопроводности с конвекционным членом для параболического дифференциального уравнения в частных производных:

$$\frac{\partial}{\partial z} u(x, z) = c^2 \cdot \frac{d^2}{dx^2} u(x, z) - v \cdot \frac{\partial}{\partial x} u(x, z)$$

$$u(0, z) = C$$

Используем подстрочную индексацию переменных, чтобы написать частные производные, начальные условия и граничные условия. Все уравнения задаются с помощью знаков булевой алгебры.

**Given**

$$u_z(x, z) = \frac{1}{4} \cdot u_{xx}(x, z) - \frac{1}{2} \cdot u_x(x, z)$$

Начальное состояние:

$$u(0, z) = 0 \quad u(L, z) = 0$$

$$u(x, 0) = \sin\left(\pi \cdot \frac{x}{L}\right) + \frac{1}{2} \cdot \sin\left(3 \cdot \pi \cdot \frac{x}{L}\right)$$

Граничные условия Дирихле:

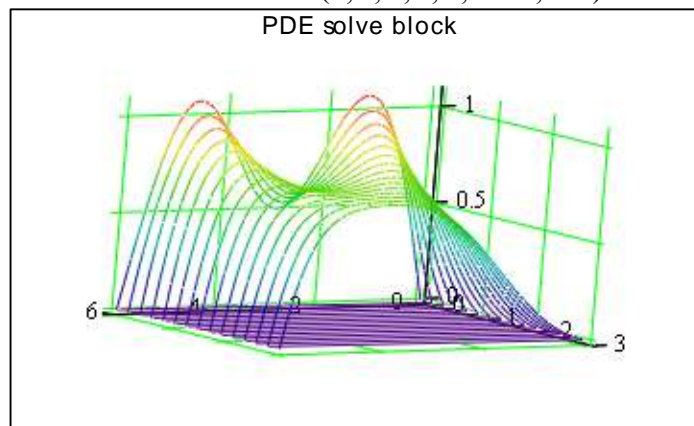
$$u := \text{Pdsolve}\left[u, x, \begin{pmatrix} 0 \\ L \end{pmatrix}, z, \begin{pmatrix} 0 \\ T \end{pmatrix}, \text{spacepts}, \text{timepts}\right]$$

Задачу будем решать для  $u(x, z)$  в пределах от 0 до  $L$  для  $x$  и от 0 до  $T$  для  $z$ . Можно оценить функцию  $u$  при других значениях  $x$  и  $z$  в указанных диапазонах. Заметим, что в функции  $u(x, z)$  и ее производных нужно указывать обе переменные, то есть  $u = (x, 0)$ , а не просто  $u(x)$  [10–11].

$$u(0.1, 0.2) = 0.08 \quad x := 0, 0.2..L \quad z := 0..T$$

Полученное решение на трехмерном графике будет выглядеть следующим образом

$$A1 := \text{CreateMesh}(u, 0, L, 0, T, 10 \cdot L, 5 \cdot T)$$



**A1**

Рис. 2. Возмущения температурного поля при наличии источников или стоков теплоты

### Экспериментальные исследования изучаемого процесса

Полученные результаты свидетельствуют о том, что обеспечение оптимальных условий выпечки хлеба, обеспечиваемых регулированием распределения температуры требует применения дополнительных устройств для перераспределения теплоты по объему пекарной камеры [12].

Анализ современного состояния техники для хлебопечения позволил выделить в качестве одного из наиболее перспективных типов оборудования для обеспечения выпечки хлеба в регулируемом тепловом поле туннельные конвейерные жарочные печи.

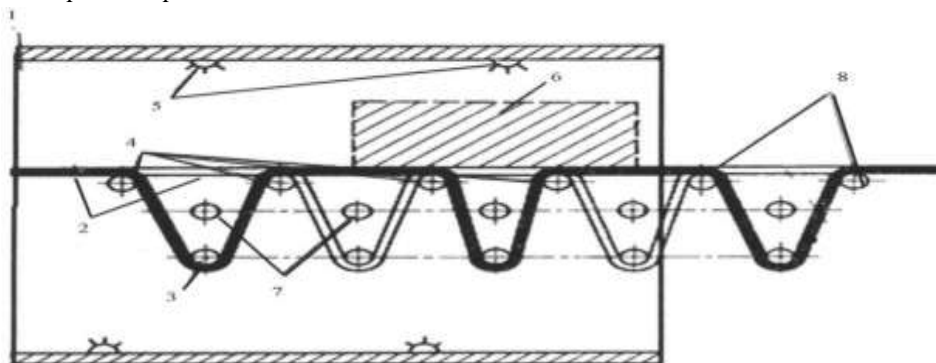


Рис. 3. Схема регулирования температуры в пекарной камере

Схема снижения теплопотребления при выпечке хлеба в конвейерной жарочной камере представлена на рис. 3 и включает в себя корпус камеры 1, внутри которой размещен транспортер 2, состоящий из двух четных и двух нечетных лент, которые расположены параллельно друг к другу с зазором. Они чередуясь огибают теплонагруженные ролики верхнего ряда 4 и поддерживающие ролики нижнего ряда 3, размещенные в шахматном порядке по высоте относительно друг друга [13].

Четная лента ленточного транспортера огибает ролик верхнего ряда, одновременно касаясь ролика нижнего ряда. Источники теплоты 5 для нагрева воздуха установлены в нижней и верхней частях пекарной камеры. Источник теплоты в виде перфорированной трубы 7, подающей горячий воздух, зафиксирован в средней части пекарной камеры, между роликом верхнего ряда непосредственно над роликом нижнего ряда. Ролик верхнего ряда, при этом, имеет возможность соединения с замкнутой магистралью теплоносителя. Вне пекарной камеры установлен насос, который по теплоизолированной трубе удаляет избытки теплоты за пределы пекарной камеры. Поступающий по магистрали горячий воздух через валики 8 осуществляет предварительный подогрев тестовой заготовки 6.

Проведенный предварительно анализ позволяет для эксперимента определить в качестве параметров, ответственных за качество выпечных изделий, энергопотребление в процессе выпечки и упек изделий, равномерность распределения температурного поля по объему пекарной камеры (разность между температурой верхних и нижних слоев теплоносителя в камере  $\Delta T$ ) и скорость регулирования температуры поступающего в камеру теплоносителя ( $V$ ) [14].

Применительно к модели, на которой ставился эксперимент, с первым параметром можно связать величину зазора ( $h$ ) в окнах боковых поверхностей камеры, а со вторым мощность нагревателей ( $W$ ).

В ходе планирования эксперимента в качестве варьируемых выбирались:

- параметр  $h$  с интервалом  $0 \leq h \leq 40$  мм;
- параметр  $W$ , с интервалом  $0 \leq W \leq 20$  (кВт).

В соответствии с принятыми интервалами варьирования кодированные переменные записывались в виде

$$X_1 = (h - 20)/20 \text{ и } X_2 = (W - 10)/10.$$

Для детального исследования влияния указанных параметров на эксплуатационные характеристики для разработки рекомендаций по проектированию управляющих параметров целесообразно провести факторный эксперимент, выбрав указанные выше интервалы в качестве интервалов варьирования изменяемых факторов.

Для отыскания зависимости адекватной реальной выбрали план эксперимента в виде центрального композиционного ротatableного плана со звездным плечом  $\sqrt{2}$ .

Зависимости  $Y_1$  и  $Y_2$  от варьируемых параметров в этом случае искали в виде

$$f = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2$$

Проведенные вычисления включали оценку значимости полученных коэффициентов и позволили уравнения регрессии записать в виде ( $Y_1=z1(x,y)$   $Y_2=z2(x,y)$ ):

$$z2(x,y) := 5.689 + 1.667x + 0.382x^2 + 1.333y + 3.716y^2$$

$$z1(x,y) := 11.156 - 5x + 2.409x^2 - 4y + 5.743y^2$$

где  $x=X1$  и  $y=X2$

#### Обсуждение полученных результатов

Для удобства использования полученных моделей процесса выпечки при реальном проектировании нормированные факторы целесообразно перевести в физические переменные. С этой целью в полученные уравнения регрессии необходимо подставить выражения для кодированных переменных. Записанные соотношения могут служить для прогнозирования энергопотребления в процессе выпечки ( $Y_1$ ) и упека изделий ( $Y_2$ ) от величины зазора ( $h$ ) в окнах боковых поверхностей камеры и мощности нагревателей ( $W$ ). С другой стороны, для заранее заданных значений  $h_0$  и  $W_0$  могут быть подобраны величины ( $Y_1$ ) и ( $Y_2$ ), удовлетворяющие заказчику по технологическим или экономическим соображениям.

Таким образом, полученные уравнения регрессии могут служить математическими моделями новых, процессов выпечки, которые целесообразно использовать для достижения поставленных технологических требований, например, уменьшения упека.

Вторые степени варьируемых переменных говорят об экстремальном характере полученных моделей и вызывают необходимость исследования характера монотонности функций отклика в выбранных диапазонах изменения независимых параметров.

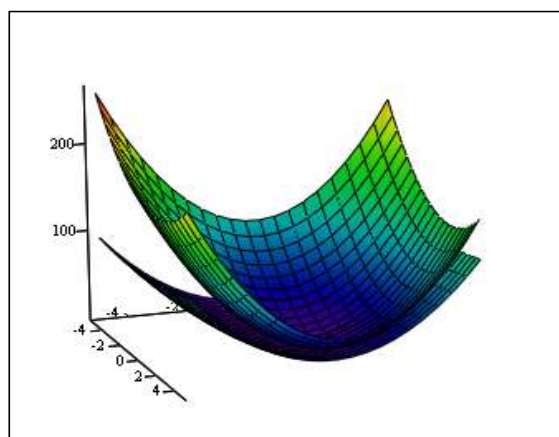
$$z1(x,y) := 11.156 - 5x + 2.409x^2 - 4y + 5.743y^2$$

$$z2(x,y) := 5.689 + 1.667x + 0.382x^2 + 1.333y + 3.716y^2$$

Такое исследование целесообразно провести графически с помощью пакета Mathcad.

Поверхности отклика, изображенные на рисунке, позволяют определить компромиссные режимы выпечки в зависимости от особенностей теста и имеющегося пекарного оборудования, обеспечивая максимально возможную экономию энергоресурсов и минимальный упек изделий.

Определение области экстремума, то есть значений изменяемых параметров, при которых достигаются минимальные удельная энергоемкость и минимальный упек, определяется дифференцированием полученных уравнений и проверкой критерия Сильвестра.



z1, z2

Рис. 4. Поверхности отклика для выбора режимов выпечки  $z1(x,y)$  – теплоемкость процесса выпечки;  $z2(x,y)$  – упек изделия



Для  $Y_1$  из равенств  $\partial Y_1 / \partial X_1 = \partial Y_1 / \partial X_2 = 0$  имеем:  $(w) = 13,48$  при полностью открытом заторе.

Для  $Y_2$  из равенств  $\partial Y_2 / \partial X_1 = \partial Y_2 / \partial X_2 = 0$  имеем:  $(w) = 8,21$  при полностью закрытом заторе.

Таким образом, минимальная относительная энергоёмкость выпечки достигается при полностью открытом заторе и мощности электронагревателя 19,22 кВт при времени выпечки 2 мин.

**Выводы.** Окончательные вычисления позволяют определить мощность электронагревателя обеспечивающего минимальный упек при таком же времени выпечки при закрытом заторе. Эта мощность составит 12,3 кВт. Учитывая, что контрольные образцы для сравнения качества изделий выпекались в пекарном шкафу ШПЭ-3 мощностью 22,7 кВт, в первом случае достигается снижение мощности электронагревателя на 15 %, а во втором – 46 %. Упек при этом составит в первом случае 3,7 % и 7,8 % во втором случае. При среднем упеке 6 % для такого типа изделий очевидны эффекты ресурсосбережения в обоих случаях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Hartree, Mem. Manchr. Lit. Phil. Soc. 80, 85, 1935.
- Horenstein, Quart. App1. Math. 3, 183 (1945).
- Stemmow, Munford.Phil. Trans. Roy. Soc. A245, 189-211, 1952.
- Kaye, J. Math. Phys. 34. 119-125, 1955.
- Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. 9-е изд.; перераб. и доп. / под общ. ред. Л. И. Пучковой. СПб: Профессия, 2005. 416 с.
- Аттетков А. В., Волков И. К. Аналитические методы исследования теплового состояния области с движущейся границей в условиях нестационарного теплообмена с внешней средой // Инженерно-физический журнал. 2000. Т. 73. № 1. С. 125-130.
- Карташов Э. М. Аналитические методы решения краевых задач нестационарной теплопроводности в областях с движущимися границами (Обзор) // Инженерно-физический журнал. 2001. Т. 74. № 2. С. 171-195.
- Алексеев Г. В., Верболоз Е. И. Современные подходы к рациональному использованию ресурсов при первичной обработке пищевого сырья. Вестник Международной академии холода. 2003. № 4. С. 35-39.
- Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса. М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1963. 535 с.
- Вороненко Б. А., Белобородов В. В. Разработка математической модели и алгоритма расчета процесса разогрева теплоносителя в аппарате с принудительной конвекцией // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции «Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания»; Харьков, 1981. с. 291-292.
- [hlebo-produkt.ru](http://hlebo-produkt.ru) от 13.09.15.
- Савельев А. П. Патент РФ №178 792, А21В 1/22. Устройство для снижения энергоёмкости при выпечке хлеба в конвейерной хлебопекарной печи, 2018
- Карташов Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М.: Высшая школа, 2001. 550 с.
- Кондратов А. В., Верболоз Е. И., Алексеев Г. В. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья. Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 11. С. 27-29.

## REFERENCES

- Nagtgee, Mem. Manshg. Lit. Rhil. Sos. 80, 85, 1935.
- Hogenstein, Quart. Arr1. Math. 3, 183 (1945).
- Stemmow, Munford.Phil. Trans. Roy. Soc. A245, 189-211, 1952.
- Kaue, J. Math. R"ys. 34. 119-125, 1955.
- Auerman L. Ya. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva: Uchebnik. 9-e izd.; psrerab. i dop. / Pod obshch. red. L. I. Puchkovoï. Spb: Professiya, 2005. 416 s.
- Attetkov A. V., Volkov I. K. Analiticheskie metody issledovaniya teplovogo sostoyaniya oblasti s dvizhushcheysya granitseï v usloviyakh nestatsionarnogo teploobmena s vneshnei sredoi//Inzhenerno-fizicheskii zhurnal. 2000. T. 73. № 1. S. 125-130.
- Kartashov E. M. Analiticheskie metody resheniya kraevykh zadach nestatsionarnoi teploprovodnosti v oblastiakh s dvizhushchimisya granitsami (Obzor)//Inzhenerno-fizicheskii zhurnal. 2001. T. 74. № 2. S. 171-195.
- Alekseev G. V., Verboloz E. I. Sovremennye podkhody k ratsional'nomu ispol'zovaniyu resursov pri pervichnoi obrabotke pishchevogo syr'ya..Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2003. № 4. S. 35-39.
- Lykov A. V., Mikhailov Yu. A. Teoriya teplo- i massoperenosa. Moskva-Leningrad: Gosudarstvennoe energeticheskoe izdatel'stvo, 1963. 535 s.
- Voronenko B. A., Beloborodov V. V. Razrabotka matematicheskoi modeli i algoritma rascheta protsessa razogreva teplonositelya v apparate s prinuditel'noi konveksieï// Tezisy dokladov Vsesoyuznoi nauchnoi konferentsii «Problemy vliyaniya teplovoi obrabotki na pishchevuyu tsennost' produktov pitaniya»; Khar'kov, 1981. s .291-292.

11. hleb-produkt.ru ot 13.09.15.
12. Savel'ev A.P. Patent RF №178 792, A21B 1/22. Ustroistvo dlya snizheniya energoemkosti pri vypечke khleba v konveinoi khlebopekarnoi pechi, 2018.
13. Kartashov E. M. Analiticheskie metody v teorii teploprovodnosti tverdykh tel. M.: Vysshaya shkola, 2001. 550 s.
14. Kondratov A. V., Verboloz E. I., Alekseev G. V. O modeli razvitiya kavitatsionnoi polosti pri izmel'chenii pishchevogo syr'ya. Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. 2007. № 11. S. 27-29.

#### ОБ АВТОРАХ

**Алексеев Геннадий Валентинович**, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, пр-т Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; e-mail: gva2003@mail.ru, м.т. 89213350796  
 Alexeev Gennadii Valentinovich, Dr of Tech. Sci., Professor, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Avenue, St. Petersburg, Russia, 197101; e-mail: gva2003@mail.ru tel.89213350796

**Савельев Алексей Петрович**, курсант, Военная академия материально-технического обеспечения МО РФ, наб. Макарова д.8, г. Санкт-Петербург, Россия, 199034, e-mail: gva2003@mail.ru, м.т. 89115862536  
 Savelyev Alexey Petrovich, cadet, Military Academy of Material and Technical Support of the Ministry of Defense of the Russian Federation, nab. Makarova d.8, St. Petersburg, Russia, 199034, e-mail: gva2003@mail.ru, tel. 89115862536

**Титова Наталия Евгеньевна**, магистр, Санкт-Петербургский государственный национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, пр-т Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; e-mail: nattit1993@mail.ru, м.т. 89216350299  
 Titova Natalia Evgenievna, Magister, St. Petersburg State National Research University of Information Technologies of Mechanics and Optics, pr-t Kronverksky, 49, St. Petersburg, Russia, 197101; e-mail: nattit1993@mail.ru, mt 89216350299

Дата поступления в редакцию 23.08.2018

С. П. Склярлов [S. P. Sklyarov]<sup>1</sup>  
 С. Н. Поветкин [S. N. Povetkin]<sup>2</sup>  
 И. А. Родин [I. A. Rodin]<sup>3</sup>  
 А. Н. Симонов [A. N. Simonov]<sup>2</sup>

УДК 544.6.076 : 663.6  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-174-181

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЁХФАЗНЫХ И БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ  
 ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ (ЭХА), ОТРАБОТКА  
 И ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ИХ РАБОТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
 ОПТИМАЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ЭХА ВОДЫ ДЛЯ САНАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ В  
 ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

THE USE OF THREE PHASE AND DOMESTIC ELECTROLYZER  
 FOR ELECTROCHEMICAL ACTIVATION (ECHO), DEVELOPMENT  
 AND EVALUATION OF SOME PARAMETERS OF THEIR WORK FOR OPTIMAL  
 FRACTIONS ECHO-WATER FOR SANITATION AND APPLICATION  
 IN THE FOOD INDUSTRY

**Аннотация.** Открытая электрохимическая активация (ЭХА) с использованием полупроницаемых мембран требует наличия постоянного тока с разностью потенциалов. Происходящие при ЭХА процессы делятся на физические (выделение тепла, превращение жидкости в пар, разделение газовой и жидкой составляющей) и химические (образование новых прочных ковалентных связей и слабых (водородных) связей донорно-акцепторных связей).

**Материалы и методы.** При проведении опытов были взяты водные растворы поваренной соли 0,5%. При этом наблюдались явления осмоса, что показывает зависимость смачиваемости и поверхностного натяжения. Для проверки получаемых фракций нами были опробованы различные принципиальные электрические схемы подключения ёмкостных и индуктивных сопротивлений в выпрямитель для электрохимической активации.

**Результаты и обсуждение.** С целью оценки вероятности отказа в работе непроточного электролизера для получения фракций электрохимически активированной воды нами была составлена его принципиальная схема и схема замещения для расчёта вероятности его безотказной работы. По законам Кирхгофа и Ома были рассчитаны токи, проходящие в каждом элементе устройства, а затем, на основе справочных данных об интенсивности отказов, рассчитана их примерная долговечность.

**Заключение.** Получение электрохимически активированной воды сопряжено с ростом сопротивления в электролите, а также эмиссии на электроде, что приводит к изменениям силы тока в цепи. При этом, электрохимически активированные жидкости характеризуются окислительно-восстановительным потенциалом, который может быть разноимённо заряженным, а его ОВП и рН могут коррелировать, что оказывает благотворное влияние на биохимические процессы, течение ряда инфекционных заболеваний.

**Ключевые слова:** электрохимически активированная вода, окислительно-восстановительный потенциал, кислая фракция, щелочная фракция, противомикробный, сопротивление.

**Abstract.** Open electrochemical activation (ECHO) using semipermeable membranes requires a direct current with a potential difference. The processes occurring at ECHO are divided into physical (heat release, liquid - to-vapor conversion, separation of gas and liquid components) and chemical (formation of new strong covalent bonds and weak (hydrogen) donor-acceptor bonds).

**Materials and methods.** In conducting the experiments was taken as aqueous solutions of salt of 0.5%. At the same time, osmosis phenomena were observed, which shows the dependence of wettability and surface tension. To check the obtained fractions, we have tested various schematic diagrams of the connection of capacitive and inductive resistances to the rectifier for electrochemical activation.

**Results and discussion.** In order to assess the probability of failure in the operation of the non-flowing electrolyzer to obtain fractions of electrochemically activated water, we have compiled its schematic diagram and replacement scheme to calculate the probability of its failure-free operation. According to the laws of Kirchhoff and Ohm, the currents passing in each element of the device were calculated, and then, on the basis of reference data on the failure rate, their approximate durability was calculated.

**Conclusion.** Obtaining electrochemically activated water is associated with an increase in resistance in the electrolyte, as well as emission on the electrode, which leads to changes in the current in the circuit. At the same time, electrochemically activated liquids are characterized by oxidation-reduction potential, which can be variously charged, and its ORP and pH can correlate, which has a beneficial effect on biochemical processes, for a number of infectious diseases.

Key words: electrochemically activated water, oxidation-reduction potential, acid fraction, alkaline fraction, antimicrobial resistance.

**Введение.** Открытая электрохимическая активация (ЭХА) с использованием полупроницаемых мембран требует наличия постоянного тока с разностью потенциалов [6]. Происходящие при ЭХА процессы делятся на физические (выделение тепла, превращение жидкости в пар, разделение газовой и жидкой составляющей) и химические (образование новых прочных ковалентных связей и слабых (водородных) связей, донорно-акцепторных связей). Изменение температуры влечёт изменение сопротивления и электрохимической, электролитической диссоциации, что, в свою очередь приводит к изменению силы тока в цепи. Перепады токов в цепи, неоднородность ЭХА среды, образование временных гальванических элементов и изменение ОВП приводит к периодическим повышению нагрузок на элементы цепи и к выходу из строя отдельных узлов. Если модульное повреждение является критическим, то оно приводит к выходу из строя всего прибора для ЭХА. При написании статьи мы руководствовались табличными значениями выхода из строя отдельных элементов, рабочими параметрами электролизера и технологическими характеристиками происходящих процессов при ЭХА и получаемых фракций.

Электролиты-проводники второго рода, в отличие от металлов, являющихся проводниками первого рода [1]. Распад химических соединений на ионы под действием растворителя называется электролитической диссоциацией и выражается обычными химическими уравнениями, в левой части которых помещаются химические символы распадающихся веществ, а в правой – образующиеся из этих веществ ионы. Например, уравнение диссоциации поваренной соли:  $NaCl \leftrightarrow Na^+ + Cl^-$ . Положительные ионы движутся к катоду; отрицательные к аноду. На практике при общей камере электролиза, ионы постоянно движутся и перемешиваются. Для предотвращения этого явления целесообразно применять полупроницаемые мембраны, которые пропускают через свою поверхность заряженные ионы [9]. Если же камера для электролиза делится на две и более частей, то мы говорим о феномене электродиализа. Таким образом, «кислая среда» находящаяся вблизи анода, называется анолитом, а «щелочная среда» находящаяся вблизи катода называется католитом [5]. Ёмкость реактора для получения электрохимически активированной воды при этом превращается в своеобразный конденсатор с электрической ёмкостью, которая определяется площадью электродов, диэлектрической проницаемостью мембраны и раствора электролита.

**Материалы и методы.** При проведении опытов были взяты водные растворы поваренной соли 0,5%; при этом наблюдались явления осмоса, что показывает зависимость смачиваемости и поверхностного натяжения. Для проверки получаемых фракций нами были опробованы различные принципиальные электрические схемы подключения ёмкостных и индуктивных сопротивлений в выпрямитель для электрохимической активации.

Электролизер имеет собственную электрическую ёмкость, соответственно, к нему можно применить формулы, применяемые к конденсаторам в электротехнике. В конденсаторе электроды (обкладки) выполняются из электропроводящего материала, между которыми расположен диэлектрик. При подаче тока на контакты конденсатора, происходит его зарядка. Электрическую ёмкость реактора для получения ЭХА воды можно считать по формуле:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (1)$$

где  $\epsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

$S$  – площадь одной из обкладок,  $m^2$ ;

$d$  – расстояние между обкладками,  $m$ ;

$\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ .

Табличные значения  $\epsilon_r$  для воды составляют: при  $t = 0^\circ C (273 \text{ K})$   $\epsilon_r = 88$ ; при  $t = 20^\circ C (293 \text{ K})$   $\epsilon_r = 81$ ; при  $t = 100^\circ C (373 \text{ K})$   $\epsilon_r = 55,3$ . Таким образом, подставив значения площади одной из пластин, расстояния между пластинами, относительной диэлектрической проницаемости при комнатной температуре, получим значение ёмкости электролизера:

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (2)$$

$$C = 1,239 \text{ мкФ}.$$

Эта величина характеризует максимальное значение заряда, которое возможно подавать на электролизер. В случае статического поля (частота равна нулю), относительная диэлектрическая проницаемость при нормальных условиях приблизительно равна 80. Это имеет место вплоть до инфракрасных частот. Начиная примерно с 2 ГГц значение  $\epsilon_r$  начинает уменьшаться. В оптическом диапазоне  $\epsilon_r$  составляет приблизительно 1,8. Это вполне соответствует факту, что в оптическом диапазоне показатель преломления воды равен 1,33. В ходе проведения электрохимической активации электролит разогревается. Тогда, применяя приближенные подобию, учитывая, что емкость электролизера становится неким подобием переменного конденсатора, применяя формулы диэлектрической проницаемости для раствора поваренной соли:

$$\delta = (\Pi_\rho * \Pi'_\sigma)^{-1} = \sigma_0 E_0^2 / [\rho_0 r_0^2 / (LC)^{3/2}], \quad (3)$$

мы можем вывести кривую зависимости силы тока в растворе в течение времени с изменением температуры раствора, которая в электролите будет подчиняться зависимости:

$$Z_{1np}(t) = \frac{l_{np}}{h_{ш} b_{ш} \gamma_1} * \left[ 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \cos(\pi k) \exp\left(-\frac{\pi^2 k^2 t}{\mu_0 \gamma_1 h_{ш}^2}\right) \right], \quad (4)$$

При этом  $\Pi'_\sigma$  будет являться вторым основным критерием приближенного подобия электрофизических и кинематических характеристик линейного и коронного разряда (в сильных электролитах переход от линейного и коронного разряда в сплошной может быть реализован, при преодолении порога  $\delta = 0,2$ ) [8, 10, 11].

При помощи закона Джоуля-Ленца было вычислено теоретическое значение количества теплоты ( $Q$ ), сила тока ( $I$ ), протекающего по проводнику, сопротивление проводника ( $R$ ), время действия тока ( $t$ ):

$$Q = I^2 R t, \quad (5)$$

$$Q = U I t, \quad (6)$$

$$Q = \frac{U^2 t}{R}, \quad (7)$$

Исходя из табличных значений,  $\epsilon$  воды падает при 100°C до 55,3, что приводит к изменению электрической ёмкости в сторону её уменьшения. Разность между ёмкостями составляет ёмкость поглощённую электролитом (водой). Следовательно, заряд сохраняется в фракциях. Поскольку энергия не исчезает бесследно, она преобразовывается в химические связи с высокой энергией. Эта энергия может быть использована в различных областях, например, в ветеринарии при лечении животных, для повышения защитных сил организма и в животноводстве при приготовлении кормов, для увеличения привесов.

Сила постоянного тока во внешней цепи (цепи аппарата) вычисляется по формулам:

$$I = \varphi (US/d), \quad (8)$$

$$I = \varphi U \frac{S}{d}, \quad (9)$$

где  $\varphi$  – электропроводность воды:

$$\varphi = F \sum (L_i C_i V_i), \quad (10)$$

где  $L_i$  – подвижность ионов под действием тока;

$C_i$  – концентрация ионов;

$V_i$  – валентность ионов;

$U$  – разность потенциалов;

$S$  – площадь одной из пластин;

$d$  – расстояние между пластинами;

$F$  – число Фарадея,  $F = 96485,309$  Кл·моль<sup>-1</sup>.

Следовательно,

$$I = F \sum (L_i C_i V_i) U \frac{S}{d} \quad (11)$$

Постоянная Фарадея – физическая величина, численно равная заряду, который надо пропустить через раствор электролита, чтобы выделить на электроде массу вещества, равную отношению молярной массы вещества к его валентности.

**Результаты и обсуждение.** С целью оценки вероятности отказа в работе непроточного электролизера для получения фракций электрохимически активированной воды нами была составлена его принципиальная схема и схема замещения для расчёта вероятности его безотказной работы. По законам Кирхгофа и Ома были рассчитаны токи, проходящие в каждом элементе устройства, а затем, на основе справочных данных об интен-

сивности отказов, рассчитана их примерная долговечность. Так как отказ любого элемента приведёт к отказу всего аппарата, то схема замещения составлена по принципу последовательного соединения. При составлении алгоритма использовались табличные значения отказов элементов силовых цепей электросхем [11, 12]. Отдельные их значения представлены в таблице 1. Были вычислены поправочные коэффициенты и с их помощью вычислены средняя наработка до отказа (часов)  $T_0$ , представляющую собой математическое ожидание наработки элемента до первого отказа или время обратное величине произведения поправочного коэффициента на сумму интенсивности отказов всех элементов устройства и вероятность безотказной работы устройства  $P(t)$ , которая представляет собой вероятность того, что за время  $t$  отказ не возникает. Этот показатель есть не что иное, как отношение безотказно проработавших элементов в течение определённого промежутка времени к общему числу элементов.

Таким образом, формулы для вычисления вероятности безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\lambda(t)K}, \tag{11}$$

$$P(t) = \frac{N(t)}{N}, \tag{12}$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N\Delta t}, \tag{13}$$

Формула для вычисления средней наработки до отказа:

$$T_0 = \frac{1}{K \cdot \sum \lambda(t)}, \tag{15}$$

Коэффициенты, применяемые в подобных расчётах и характеризующие условия эксплуатации электросхемы, незначительно усложняют вычисления, но являются важной составляющей формул. Так, например, коэффициент  $K$  вычисляется путём произведения коэффициентов, характеризующих электрические режимы работы  $K_{эр}$ , механические факторы (вибрации, удары, падения и пр.)  $K_{мф}$ . Высотный (модульный) коэффициент  $K_в$ , учитывающий разность с уровнем моря, коэффициент, учитывающий температурно-влажностный режим  $K_{твр}$ , являющийся произведением  $K_т$  и  $K_{вл}$ . Таким образом, формула для вычисления:

$$K = K_{эр} \cdot K_{мф} \cdot K_в \cdot K_{твр}, \tag{16}$$

где  $K_{твр} = K_т \cdot K_{вл}$ .

В соответствии с этими формулами нами было произведено вычисление вероятностей безотказной работы элементов схемы по отдельности, а затем всего устройства, согласно формуле

$$P(t) = \prod P_i(t), \tag{17}$$

а затем составлен график зависимости.

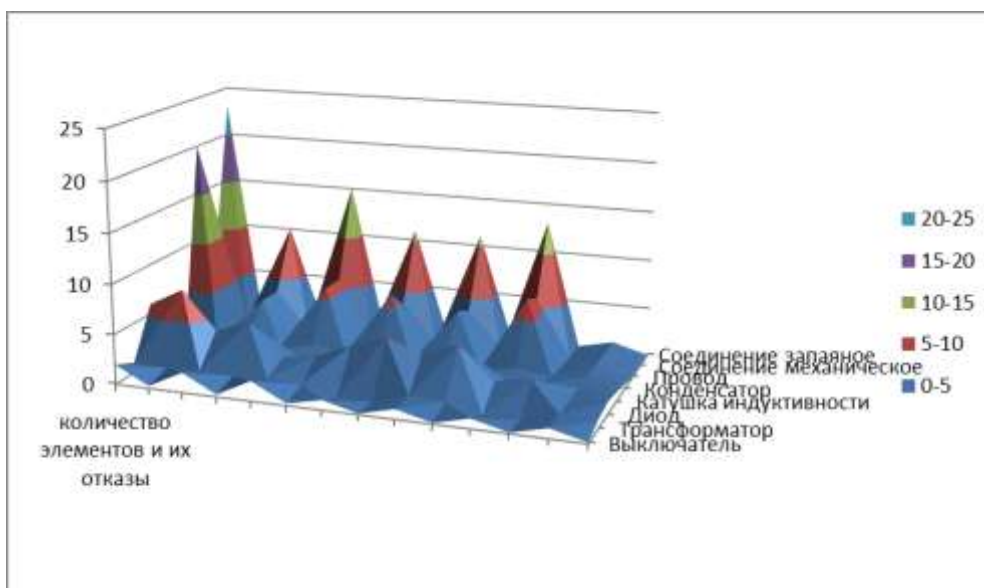


Рис. 1. График зависимости количества элементов системы от их отказов

Таблица 1

Сравнение количества отказов элементов в разных принципиальных электрических схемах выпрямителей

Элемент схемы	Обозначение на схеме	Отказы	Количество элементов, схема №						Общая интенсивность отказов, схема №					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Выключатель	QF	0,12	2	2	2	1	1	1	0,24	0,24	0,24	0,12	0,12	0,12
Трансформатор	T	0,9	1	1	1	0	1	0	0,9	0,9	0,9	0	0,9	0
Диод	VD	1,3	6	4	2	4	4	2	7,8	5,2	2,6	5,2	5,2	2,6
Катушка индуктивности	L	1,0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Конденсатор	C	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Провод	ПС	0,03	20	4	6	6	5	7	0,6	0,12	0,18	0,18	0,15	0,21
Соединениемеханическое	СМ	0,02	8	4	6	4	4	6	0,46	0,08	0,12	0,08	0,08	0,12
Соединение запаяное	СП	0,015	23	10	15	11	11	13	0,31	0,15	0,22	0,16	0,16	0,19

Таблица 2

Взаимосвязь количества элементов и отказов в схемах

Элемент схемы		Количество элементов и отказы в схемах												Отказ в одном элементе(табличные значения)	
		№1		№2		№3		№4		№5		№6		табличное	
Выключатель	QF	2	0,2 4	2	0,2 4	2	0,2 4	1	0,1 2	1	0,1 2	1	0,1 2	1	0,12
Трансформатор	T	1	0,9	1	0,9	1	0,9	0	0	1	0,9	0	0	1	0,9
Диод	VD	6	7,8	4	5,2	2	2,6	4	5,2	4	5,2	2	2,6	1	1,3
Катушкаиндуктивности	L	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Конденсатор	C	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Провод	ПС	2 0	0,6	4	0,1 2	6	0,1 8	6	0,1 8	5	0,1 5	7	0,2 1	1	0,03
Соединениемеханическое	С М	8	0,4 6	4	0,0 8	6	0,1 2	4	0,0 8	4	0,0 8	6	0,1 2	1	0,02
Соединениезапажное	СП	2 3	0,3 1	1 0	0,1 5	1 5	0,2 2	1 1	0,1 6	1 1	0,1 6	1 3	0,1 9	1	0,015

Сравнение серийных электролизеров с опытными образцами показало, что характеристики отказов варьируются в диапазоне от 0 до 2,6, но аналогичны данным в исследованиях проводимых ранее [2,3,5]. Проведенная серия опытов с использованием опытных образцов с мостовой схемой показала, что выход из строя возможен в следующих случаях:

- непрочного крепления пластин к контактам и возникновения искры;
- высокой электролитической диссоциации раствора соли;
- использование диодов с разными номиналами.

Последовательное присоединение емкостного сопротивления либо индуктивного влечёт за собой увеличение сопротивления на внешнем участке цепи, и предотвращает вероятность короткого замыкания. Это даёт возможность увеличить концентрацию соли в диализируемом растворе, не применять жёсткую фиксацию электродов, которая затрудняет демонтаж и диагностику неисправностей, а применять быстроразъёмные зажимы. Либо другие, аналогичные, обеспечивающие надёжную электропроводность и получить рН выше (с более

высоким потенциалом ОВП), чем при электролизе обычной водопроводной или колодезной воды (достигающих пороговых значений 400-800 ЕД. Снижение напряжения повышает силу тока во внешней цепи, достигающую нескольких ампер, которая может служить причиной пробоя и возникновению электрической дуги, и выходу аппарата из строя. Наряду с этим, при получении ЭХА с использованием аккумуляторных батарей с напряжением 12 В мы наблюдали получение более качественных по своему составу фракций ЭХА. Поэтому использование трансформаторных схем ввиду их громоздкости и опасности возникновения дуги мы рассматриваем как перспективный, но после соответствующей доработки способа получения ЭХА.

Таблица 3

Оптимальные значения рН фракций электрохимически активированной воды для использования ее в ветеринарной практике

Применение	Кислой фракции, рН		Щелочной фракции, рН	
	Для молодняка	Для взрослых	Для молодняка	Для взрослых
Внутри	3,5	3,5	10,5	11,0
Наружно	3,0	3,0	11,0	11,5
Парентерально	3,5	3,0-3,5	10,5	11,0
Для дезинфекции	2,5-3,0		-	

Таблица 4

Значение рН электрохимически активированной воды, полученной с использованием различных электродов

Материал электрода:	Время активации, мин.							
	30		40		50		60	
	Кислая фракция	Щелочная фракция	Кислая фракция	Щелочная фракция	Кислая фракция	Щелочная фракция	Кислая фракция	Щелочная фракция
Нержавеющая сталь	4,5	10	4	10,3	3,5	10,7	3	11,2
Титан	4	10,5	3,5	11	2,7	11,5	2,3	12
Графит	5	10	4,5	10,5	4	11	3,5	11,5

Электрохимически активированные жидкости характеризуются окислительно-восстановительным потенциалом, ОВП, рН, что оказывает благотворное влияние на биохимические процессы, течение ряда инфекционных заболеваний [4, 7, 9, 10, 13-15].

**Заключение.** Получение электрохимически активированной воды сопряжено с ростом сопротивления в электролите, а также эмиссии на электроде, что приводит к изменениям силы тока в цепи. При этом, электрохимически активированные жидкости характеризуются окислительно-восстановительным потенциалом, который может быть разноименно заряженным, а его ОВП и рН могут коррелировать, что оказывает благотворное влияние на биохимические процессы, течение ряда инфекционных заболеваний. С течением времени интенсивная эксплуатация приборов для активации приводит к изнашиванию отдельных элементов электрической цепи, что важно учитывать при планировании масштабных производств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов М. И., Носенко М. А. Приближенный метод расчёта максимальной температуры нагрева металлического проводника импульсным током // Электричество. 2011. №1. С. 36-44.
2. Бондаренко Н. Ф., Гак Е. З. Электромагнитные явления в природных водах. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. С. 15-18.
3. Бурев И. А. Электролизная установка «Санер-5» для получения гипохлорита натрия // Ветеринария. 1996. № 4. С. 53-54.



4. Вачевский С. С., Осипчук Г. В., Поветкин С. Н., Родин И. А. и др. Практическое совершенствование диагностических и лечебно-профилактических мероприятий при мастите у свиноматок // Вестник АПК Ставрополья. 2012. №4. С. 118-120.
5. Дорофеев В. И., Скляр С. П., Поветкин С. Н., Детцель Н. И. и др. Аспекты использования электрохимически активированной воды в растениеводстве, животноводстве, ветеринарной и гуманной медицине // Тезисы докладов Международного научно-практического конгресса «Актуальные проблемы ветеринарной медицины». СПб. 2007. С. 86-88.
6. Дорофеев В. И., Скляр С. П., Поветкин С. Н., Детцель Н. И. Возможные неисправности в работе электролизера для получения электрохимически активированной воды собственной конструкции и их устранение // Тезисы докладов Международного научно-практического конгресса «Актуальные проблемы ветеринарной медицины». СПб. 2007. С. 84-85.
7. Дорофеев В. И., Скляр С. П., Поветкин С. Н. О механизме действия электрохимически активированной воды на микро- и макроорганизмы // Тезисы докладов Международного научно-практического конгресса «Актуальные проблемы ветеринарной медицины». СПб. 2007. С. 81-83.
8. Нагдальян А. А., Оботурова Н. П., Барыбина Л. И., Лукьянченко П. П. Исследование характеристик электроимпульсного разряда в водных растворах хлористого натрия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 86(02). С. 369-378.
9. Нагдальян А. А., Оботурова Н. П., Селимов М. А., Демченков Е. Л., Гатина Ю. С. Влияние разрядно-импульсной обработки на морфологию поверхности, жесткость и структурно-механические свойства мышечных волокон. Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 3. С. 22-26.
10. Ожередова Н. А., Кононов А. Н., Скляр С. П., Светлакова Е. В., Веревкина М. Н., Симонов А. Н. Применение ЭХА воды для санации объектов внешней среды: Методические рекомендации / сост. Н. А. Ожередова, А. Н. Кононов, С. П. Скляр и др.; Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2016. 36 с.
11. Шамко В. В., Кривицкий Е. В., Кучеренко В. В. Приближенное подобие электрофизических и кинематических процессов при импульсном коронном разряде в сильных электролитах // Журнал технической физики. 1999. Т. 69(5). С. 30-34.
12. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 1990. 624 с.
13. Nagdalian A. A., Oboturova N. P. Development of electrohydraulic technology of meat salting. European Science and Technology Materials of the IV International research and practice conference. 2013. С. 13-15.
14. Nagdalian A. A. Study of the influence of the electrohydraulic effect on the structure and mechanical properties of muscular tissue using atomic-force microscopy /A. A. Nagdalian, N. P. Oboturova, R. O Budkevich, M. A. Selimov, E. L. Demchenkov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 2. С. 517-523.
15. Oboturova N. P., Evdokimov I. A., Nagdalian A. A., Kulikov Y. I., Gusevskaya O. A. The study on the influence of the electrohydraulic effect on the diffusion coefficient and the penetration depth of salt into muscle tissues during salting // Foods and Raw Materials. 2015. Т. 3. № 2. С. 74-81.
16. Svetlakova E. V., Kononov A. N., Verevkin M. N., Ozheredova N. A., Simonov A. N. Rehydration mechanism of prokaryotic cells of the genus salmonella by physiologically optimal diluent // Life Science Journal. 2014. V. 11. № 12s. PP. 1008-1011.
17. Trukhachev V. I., Kononov A. N., Ozheredova N. A., Simonov A. N., Svetlakova E. V. Effect composition of microbial associations on intensity symptoms of disease // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. № 3. PP. 2587-2591.

#### REFERENCES

1. Baranov M. I., Nosenko M. A. Priblizhennyj metod raschyota maksimal'noj temperatury nagreva metallicheskogo provodnika impul'snym tokom // Elektrichestvo. 2011. №1. С. 36-44.
2. Bondarenko N. F., Gak E. Z. Elektromagnitnye yavleniya v prirodnyh vodah. // L.: Gidrometeoizdat. 1984. S. 15-18.
3. Bureev I. A. Elektroliznaya ustanovka «Saner-5» dlya polucheniya gipohlorita natriya // Veterinariya. 1996. № 4. S. 53-54.
4. Vachevskij S. S., Osipchuk G. V., Povetkin S. N., Rodin I. A. i dr. Prakticheskoe sovershenstvovanie diagnosticheskikh i lechebno-profilakticheskikh meropriyatij pri mastite u svinomatok // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. №4. S.118-120.
5. Dorofeev V. I., Sklyarov S. P., Povetkin S. N., Detcel' N. I. i dr. Aspekty ispol'zovaniya elektrohimičeski-aktivirovannoj vody v rastenievodstve, zhivotnovodstve, veterinarnoj i gumannoj medicine // Tezisy dokladov Mezhdunarodnogo nauchno – praktičeskogo kongressa «Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny». SPb. 2007. S. 86-88.
6. Dorofeev V. I., Sklyarov S. P., Povetkin S. N., Detcel' N.I. Vozmozhnye neispravnosti v rabote elektrolizera dlya polucheniya elektrohimičeski aktivirovannoj vody sobstvennoj konstrukcii i ih ustranenie // Tezisy dokladov Mezhdunarodnogo nauchno – praktičeskogo kongressa «Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny». SPb. 2007. S. 84-85.
7. Dorofeev V. I., Sklyarov S. P., Povetkin S. N. O mekhanizme dejstviya elektrohimičeski aktivirovannoj vody na mikro- i makroorganizmy // Tezisy dokladov Mezhdunarodnogo nauchno – praktičeskogo kongressa «Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny». SPb. 2007. S. 81-83.

8. Nagdalyan A. A., Oboturova N. P., Barybina L. I., Luk'yanchenko P. P. Issledovanie harakteristik elektroimpul'snogo razryada v vodnyh rastvorah hloristogo natriya // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 86(02). S. 369-378.
9. Nagdalyan A. A., Oboturova N. P., Selimov M. A., Demchenkov E. L., Gatina Yu. S. Vliyanie razryadno-impul'snoj obrabotki na morfologiyu poverhnosti, zhestkost' i strukturno-mekhanicheskie svoystva myshechnykh volokon. Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2016. № 3. S. 22-26.
10. Ozheredova N. A., Kononov A. N., Sklyarov S. P., Svetlakova E. V., Verevkina M. N., Simonov A. N. Primenenie EKHA vody dlya sanacii ob'ektov vneshnej sredy: Metodicheskie rekomendacii / Sost. N. A. Ozheredova, A. N. Kononov, S. P. Sklyarov i dr.; Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Stavropol', 2016. 36 s.
11. Shamko V. V., Krivickij E. V., Kucherenko V. V. Priblizhennoe podobie elektrofizicheskikh i kinematicheskikh processov pri impul'snom koronnom razryade v sil'nykh elektrolitah // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. 1999. T. 69(5). S. 30-34.
12. Yavorskij B. M., Detlaf A. A. Spravochnik po fizike. M.: Nauka. 1990. 624 s.
13. Nagdalian A. A., Oboturova N. P. Development of electrohydraulic technology of meat salting. European Science and Technology Materials of the IV International research and practice conference. 2013. S. 13-15.
14. Nagdalian A. A. Study of the influence of the electrohydraulic effect on the structure and mechanical properties of muscular tissue using atomic-force microscopy /A. A. Nagdalian, N. P. Oboturova, R. O. Budkevich, M. A. Selimov, E. L. Demchenkov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T. 7. № 2. S. 517-523
15. Oboturova N. P., Evdokimov I. A., Nagdalian A. A., Kulikov Y. I., Gusevskaya O. A. The study on the influence of the electrohydraulic effect on the diffusion coefficient and the penetration depth of salt into muscle tissues during salting // Foods and Raw Materials. 2015. T. 3. № 2. S. 74-81.
16. Svetlakova E. V., Kononov A. N., Verevkina M. N., Ozheredova N. A., Simonov A. N. Rehydration mechanism of prokaryotic cells of the genus salmonella by physiologically optimal diluent // Life Science Journal. 2014. V. 11. № 12s. PP. 1008-1011.
17. Trukhachev V. I., Kononov A. N., Ozheredova N. A., Simonov A. N., Svetlakova E. V. Effect composition of microbial associations on intensity symptoms of disease // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. № 3. PP. 2587-2591.

#### ОБ АВТОРАХ

**Скляр Сергей Павлович**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии, ФГБОУ ВО СтГАУ, 356240 Россия, г. Михайловск, пер. Песчаный, 13, тел.: +7(905)4910913, e-mail: ssklyar@mail.ru

Sklyarov Sergey, the Ph. D. in Veterinary medicine, the senior lecturer of chair Parasitology with vet.san.examination and anatomy with patanatomy Stavropol State Agrarian University, 13, Peschany lane, Mikhailovsk, 356240, phone: +7(905)4910913 e-mail: ssklyar@mail.ru

**Поветкин Сергей Николаевич**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры технологии мяса и консервирования, ФГАОУ ВО Северо-Кавказский Федеральный Университет, 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 тел.+7(918)7615190, e-mail: d22003807-help@mail.ru (ответственный за переписку с редакцией)

Povetkin Sergey, the Ph. D. in Veterinary medicine, associate professor of technology of meat and conservation of the North-Caucasus Federal University; 1, Pushkin's str., Stavropol, 355009, phone:+7(918)7615190, e-mail: d22003807-help@mail.ru (author affiliation responsible for correspondence with the editorial board)

**Родин Игорь Алексеевич**, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарного акушерства и хирургии, ФГБОУ ВО КубГАУ, 350044 Россия, г. Краснодар, ул.Калинина 13, факультет ветеринарной медицины ФГБОУ ВПО КубГАУ, тел. : +7(918)4350549; e-mail: d22003807@mail.ru

Rodin Igor, the D. in Veterinary, the professor of chair of surgery and obstetrics, the Kuban State Agrarian University, 13, Kalinin's str., Krasnodar, the R. F. Russia, 350044, phone:+7(918)4350549, e-mail: d22003807@mail.ru

**Симонов Александр Николаевич**, кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии и микробиологии, ФГБОУ ВО СтГАУ, 355000 Россия, г. Ставрополь, ул. Пригородная, 213/3, кв. 16  
тел.: +7(962)4918358. e-mail: sialnik@mail.ru

Simonov Alexander, the Ph. D. in Biology, the senior lecturer of chair epizootology and microbiology  
Stavropol State Agrarian University, 213/3 r.16, Prigorodnaya str., Stavropol, 355000,  
phone: +7(962)4918358; e-mail: sialnik@mail.ru

Дата поступления в редакцию 23.08.2018

# КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. Н. Привалов [A. N. Privalov]  
Ю. И. Богатырева [Yu. I. Bogatyryova]

УДК 519.6  
DOI 10.33236/2307-  
910X-2019-25-1-182-187

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

MODELING STRENGTH PROPERTIES OF PRODUCTS OF ADDITIVE  
TECHNOLOGIES USING PARALLEL COMPUTING

ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого»,  
г. Тула, Россия, e-mail: bogatirevadj@yandex.ru

**Аннотация.** В современном мире растет значимость научных результатов, обеспечивающих создание принципиально новых технологий и продукции с новыми потребительскими свойствами. Эти результаты исследований становятся основой конкурентоспособности страны на мировых рынках, определяют возможности создания мощного экономического и военного потенциала государства. Это порождает проблему разработки математического, алгоритмического и программного аппарата моделирования характеристик изделий, изготовленных из таких материалов.

**Материалы, методы, результаты.** Приведены промежуточные результаты выбора направления исследований, проводимых в ТГПУ им. Л. Н. Толстого при разработке прототипа инженерного программного обеспечения на основе высокопроизводительных вычислений для оценки механических характеристик изделия изготовленного с использованием аддитивных технологий (методом селективного лазерного спекания) с учетом стратегии изготовления изделия.

**Заключение.** Сделан вывод, что для повышения эффективности расчётов необходимо распараллеливать вычислительный процесс. Представлено обоснование применения математического аппарата сетей Петри-Маркова и получены математические зависимости, позволяющие оценить временную вычислительную сложность алгоритмов для широкого класса параллельных вычислительных систем.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, сеть Петри, полумарковский процесс, сеть Петри-Маркова, алгоритм, параллельная вычислительная система.

**Abstract.** In the modern world, the importance of scientific results is growing, ensuring the creation of fundamentally new technologies and products with new consumer properties. These research results become the basis of the country's competitiveness in world markets, determine the possibilities of creating a powerful economic and military potential of the state. This raises the problem of developing a mathematical, algorithmic and software apparatus for modeling the characteristics of products made from such materials.

**Materials, methods, results.** The interim results of the choice of the direction of research conducted in the TSPU named after L.N. Tolstoy in the development of a prototype of engineering software based on high-performance computing to evaluate the mechanical characteristics of a product manufactured using additive technologies (using selective laser sintering), taking into account the product manufacturing strategy.

**Conclusion.** It was concluded that to increase the efficiency of calculations it is necessary to parallelize the computational process. The rationale for the application of the mathematical apparatus of the Petri-Markov networks is presented, and mathematical dependencies are obtained, allowing us to estimate the temporal computational complexity of algorithms for a wide class of parallel computing systems.

**Key words:** additive technologies, Petri net, semi-Markov process, Petri-Markov net, algorithm, parallel computing system.

**Введение.** В ТГПУ им. Л. Н. Толстого выполняется прикладная научно-исследовательская работа по теме «Разработка прототипа инженерного программного обеспечения (ИПО) на основе высокопроизводительных вычислений для оценки механических характеристик изделия изготовленного с использованием аддитивных технологий (методом селективного лазерного спекания) с учетом стратегии изготовления изделия», в рамках которой разрабатывается специальное программное обеспечение.

Актуальность темы определяется тем фактором, что в условиях перехода к цифровой экономике процессы анализа прочностных характеристик материалов возможно осуществлять на основе компьютерного моделирования.

Среди основных трендов развития индустриальных технологий настоящего период развития общества на первом месте стоит запуск следующего инновационно-технологического цикла на основе революции в проектировании и организации производственных процессов и перехода к новым материалам. Особую роль в последнее время играют материалы, получаемые при использовании аддитивных технологий. Это новый класс материалов, изготавливаемых из смеси различных металлических порошков методами 3D лазерного спекания и (или) 3D печати. В настоящее время одна из аддитивных технологий - технология селективного лазерного спекания (СЛС) получила широкое распространение по всему миру благодаря способности производить функциональные детали сложной геометрической формы. Хотя изначально технология создавалась для быстрого прототипирования, в последнее время СЛС применяется для мелкосерийного производства готовых изделий.

В современном мире растет значимость научных результатов, обеспечивающих создание принципиально новых технологий и продукции с новыми потребительскими свойствами. Эти результаты исследований становятся основой конкурентоспособности страны на мировых рынках, определяют возможности создания мощного экономического и военного потенциала государства.

В свою очередь, это порождает проблему разработки математического, алгоритмического и программного аппарата моделирования характеристик изделий, изготовленных из таких материалов. Указанная проблема во всех индустриально развитых странах мира решается путем замены реального объекта его математической моделью, воспроизводящей основные функции оригинала и подобной ему в заданных релевантных аспектах. Одним из ключевых препятствий, сдерживающих массовое внедрение аддитивных технологий в машиностроительное производство, является отсутствие однозначного прогнозирования прочностных характеристик изготавливаемых металлических деталей на этапе их проектирования, что ограничивает сферу промышленного применения аддитивных технологий по сути лишь изготовлением макетов.

Предпосылки научной проблемы заключаются в том, что свойства материала изделия, изготовленного с помощью метода селективного лазерного спекания, могут существенно отличаться от исходных свойств этого материала. В наибольшей степени это относится к изделиям из металлов. При их изготовлении с помощью аддитивных технологий в качестве сырья используется металлический порошок, частицы которого спекаются в процессе изготовления.

Кроме того, при изготовлении таких изделий их части подвергаются локальным воздействиям высоких температур, что приводит к значительным температурным деформациям. В результате материал изделия может оказаться пористым, т.е. структурно-неоднородным, и при этом в нем возникают остаточные микронапряжения, которые могут быть конечными (не малыми). Как следствие, большие локальные температурные деформации могут привести к потере устойчивости изделия в процессе его изготовления. Поэтому прочностные свойства изделий, изготовленных с помощью метода селективного лазерного спекания, существенно зависят от особенностей технологии их изготовления. Оценка прочностных свойств таких изделий, в особенности металлических изделий, представляет собой нетривиальную научную задачу. При том, что существующие модели не в полной мере учитывают явления и процессы, происходящие в гетерогенных структурах изделий, и нуждаются в уточнении и совершенствовании.

**Материалы и методы.** В настоящее время не существует отечественных программных продуктов, позволяющих моделировать тепловое и напряженно-деформированное состояние изделия в процессе его создания методом селективного лазерного спекания с учетом стратегии изготовления изделия. Указанные обстоятельства определяют актуальность выполнения ПНИЭР.

Целью и научно-технической проблемой проекта является разработка научно-технических решений в области создания программного обеспечения для предсказательного многомасштабного физического моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния изделия в процессе его создания методом селективного лазерного спекания с учетом стратегии изготовления изделия с использованием метода конечных элементов, метода спектральных элементов.

Объектом исследования являются материальные тела, создаваемые из материалов, получаемых с использованием аддитивных технологий (МИАТ) методом СЛС с различными механическими и физическими свойствами. Для таких тел существенным является то обстоятельство, что объемы различных веществ (компо-

нентов, фаз), составляющих тело обладают характерными размерами много меньшими характерных размеров всего тела и в тоже время они намного больше размеров молекул, так что каждое вещество в своем объеме можно считать сплошной средой. Таким образом, в единой композиции материалов, образующих тело налицо три характерных уровня: макро, микро и нано уровень. Поведение материала на макро и микроуровне изучает механика композитов – один из важнейших разделов механики деформируемых твердых тел (МДТТ), который в свою очередь является разделом механики сплошных сред (МСС).

Таким образом, исходя из сложившейся ситуации на рынке ИПО, характеризующейся преобладанием импортных программных продуктов, разработка отечественного инженерного программного обеспечения является весьма актуальной задачей, в том числе инженерного программного обеспечения для анализа прочности изделий, получаемых с использованием аддитивных технологий

Основной задачей программного обеспечения является расчёт прочностных характеристик изготавливаемых металлических деталей на этапе их проектирования. В основе расчёта применены современные математические методы расчета, использующие параллельные вычисления для существенного увеличения скорости и точности расчета, что будет являться уникальным конкурентным преимуществом по сравнению с конкурентными аналогами. Инструментом распараллеливания решения задач методом конечных элементов является технология MPI. В случае технологии MPI необходимо разрабатывать алгоритм распараллеливания вычислительных процессов для программирования метода конечных элементов таким образом, чтобы представить решение задачи в виде совместного действия нескольких независимых процессов с независимыми данными.

При организации вычислительного процесса в подобных структурах разработчики сталкиваются с проблемой неоптимального использования аппаратных средств параллельных структур, что связано с низким коэффициентом загрузки процессоров, конфликтами при доступе к совместно используемым ресурсам и т.п. [3]. Решение проблемы разрешения конфликтов и повышения коэффициента загрузки приводит к необходимости такой организации программной обработки данных, которая сокращала бы вычислительную сложность до некоторого минимального уровня. Интуитивно можно предположить, что время решения задачи в параллельной вычислительной системе может изменяться от величины, получающейся в случае, если все операторы алгоритма последовательно интерпретируются одним процессором (верхний предел), до величины, получающейся, если все компоненты начинают и заканчивают интерпретацию своих частей алгоритма одновременно, и при решении задачи исключены случаи их простоя (нижний предел). Необходимость оптимального разбиения алгоритма на параллельно выполняемые фрагменты делает актуальной задачу оценки вычислительной сложности фрагментов алгоритмов, реализуемых в компонентах вычислительных систем, а также вычислительной сложности алгоритма, реализуемого в параллельной вычислительной системе, в целом.

В [1] на основании исследования процесса выполнения команды процессором фон-Неймановской ЭВМ было показано, что для внешнего наблюдателя количество машинных тактов, затрачиваемое процессором на ее выполнение, является случайной величиной, распределение которой зависит как от особенностей аппаратных средств, так и от распределения обрабатываемых командой данных. Кроме того, в [2] был исследован характер переходов между операторами алгоритма для внешнего наблюдателя, и показана его квазистохастичность. Поэтому при оценке временной сложности требуется привлечение теории случайных, в частности Марковских (а в более общем случае, полумарковских) процессов, крупный вклад в развитие которых внесли Ю. К. Беляев, Б. В. Гнеденко, Д. Р. Кокс, Д. Ллойд, В. Л. Смит, В. Харрис, А. М. Широков. Результаты их научных трудов легли в основу математического аппарата оценки временной сложности алгоритмов, однако особенности параллельной обработки выдвигают задачу дальнейшего развития существующей теории.

Методология моделирования собственно параллельных процессов заложена в трудах К. Петри, В. Рейзига, Дж. Питерсона, В. Е. Котова [4–8], где для исследования параллелизма применен аппарат сетей Петри. Ситуационный (причинно-следственный) характер связей между позициями и переходами сетей Петри [4] является предпосылкой для моделирования, во-первых, структур алгоритмов, а во-вторых - логики событий, происходящих в параллельных системах. Однако, являясь асинхронными по определению, модели указанного типа позволяют лишь ответить на вопросы о принципиальной достижимости состояний системы, соответствующих заданным требованиям, но спрогнозировать моменты наступления тех или иных состояний в физическом времени с помощью сетей Петри, в их классической интерпретации, невозможно.

Помимо РСП широкое распространение получило другое расширение классической теории сетей Петри – временные сети Петри. В указанную модель введены счетчики для контроля локального или глобального времени.

В ней также определены временные характеристики пребывания фишек в позициях, генерации/умирания фишек по истечении заданного времени и т.п. Наиболее популярными стали модели, в которых временные характеристики связаны с переходами, а именно дискретно-временная модель Рамхандани-Штарке [15] и непрерывно-временная модель Мерлина [6]. Попытки приспособить сети Петри для определения временных интервалов (time-extended Petri nets) предпринимались и рядом других авторов [7–14]. Однако даже в модифицированном варианте временные сети Петри не позволяют учитывать все многообразие взаимодействий в системах, что связано, в частности с ограниченностью логических условий продолжения процессов элементарной конъюнкцией.

В целом методология формирования моделей, ориентированных на оценку вычислительной сложности алгоритмов, реализуемых в параллельных вычислительных системах, должна учитывать следующие их особенности:

- определенная и специфичная для каждой параллельной системы стратегия использования ресурсов для обработки информации;
- динамический характер высвобождения/задействования вычислительных ресурсов в процессе решения конкретных задач;
- необходимость обмена данными (промежуточными результатами) между вычислительными модулями и связанная с этим явлением необходимостью синхронизации функционирования процессоров;
- наличие эффекта "соревнования" между параллельно функционирующими компонентами.

**Результаты.** Наиболее полно учет вышеприведенных особенностей может быть осуществлен в моделях, ниже называемые сетями Петри-Маркова (СПМ), в которых сочетаются аспекты, релевантные случайным процессам в модулях параллельной вычислительной системы, и аспекты, описывающие логику их взаимодействия. В моделях исследуемого типа на структуры, учитывающие параллелизм, накладываются стохастико-временные параметры полумарковских процессов в отдельных вычислительных модулях и логические условия взаимодействия.

Самый общий подход к заданию СПМ основан на построении системы множеств, их описывающих. Сеть Петри-Маркова называется структурно-параметрической моделью, заданная множеством:

$$\Psi = \{ \Pi, M \}, \tag{1}$$

где  $\Pi = \{ A, Z, \tilde{R}, \hat{R} \}$  – множество, описывающее структуру двудольного ориентированного графа, представляющего собой сеть Петри;  $A = \{ a_{j(a)}, \dots, a_{j(a)}, \dots, a_{j(a)} \}$  – конечное множество позиций;  $Z = \{ z_{j(z)}, \dots, z_{j(z)}, \dots, z_{j(z)} \}$  – конечное множество переходов;  $J(a)$  – мощность множества позиций;  $J(z)$  – мощность множества переходов;  $\tilde{R} = (\tilde{r}_{j(a)j(z)})$  – матрица смежности размером  $J(a) \times J(z)$ , отображающая множество позиций в множество переходов;  $\hat{R} = (\hat{r}_{j(z)j(a)})$  – матрица смежности размером  $J(z) \times J(a)$ , отображающая множество переходов в множество позиций;  $M = \{ q, h(t), A \}$  – параметры, накладываемые на структуру  $\Pi$ , и определяющие временные, вероятностные и логические характеристики СПМ;  $q = (q_{j(z)}, \dots, q_{j(z)}, \dots, q_{j(z)})$  – вектор, определяющий вероятность начала процесса в одном из переходов множества  $Z$ ;  $h(t) = [h_{j(a)j(z)}(t)]$  – полумарковская матрица размером  $J(a) \times J(z)$ ;  $t$  – время;  $A = [\lambda_{j(z)j(a)}]$  – матрица логических условий размером  $J(a) \times J(z)$ ;  $I_A(Z) = \{ I_A(z_{j(z)}), \dots, I_A(z_{j(z)}), \dots, I_A(z_{j(z)}) \}$  и  $O_A(Z) = \{ O_A(z_{j(z)}), \dots, O_A(z_{j(z)}), \dots, O_A(z_{j(z)}) \}$  – соответственно входная и выходная функции переходов;

$$\tilde{r}_{j(a)j(z)} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{j(a)} \in I_A(z_{j(z)}); \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin I_A(z_{j(z)}); \end{cases}$$

$$\hat{r}_{j(z)j(a)} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{j(a)} \in O_A(z_{j(z)}); \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin O_A(z_{j(z)}); \end{cases}$$

$$h(t) = \rho \otimes f(t) = [\rho_{j(a)j(z)}, f_{j(a)j(z)}(t)] = [h_{j(a)j(z)}(t)]; \tag{2}$$

$$\lambda_{j(z)j(a)} = \begin{cases} \lambda [I_A(z_{j(z)})], & \text{если } a_{j(a)} \in O_A(z_{j(z)}); \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin O_A(z_{j(z)}); \end{cases} \tag{3}$$

$\rho = [\rho_{j(a)j(z)}]$  – матрица вероятностей переключений полумарковского процесса из позиции  $a_{j(a)}$  в смежный переход  $z_{j(z)}$ ;  $f(t) = [f_{j(a)j(z)}(t)]$  – матрица плотностей распределения времени пребывания полумарковского процесса в позиции  $a_{j(a)}$  с последующим переключением в переход  $z_{j(z)}$ ;  $\otimes$  – знак прямого произведения матриц.

На вероятности и плотности распределения накладываются ограничения:

$$\sum_{j(z)=1(z)}^{J(z)} q_{j(z)} = 1;$$

$$\sum_{j(z)=1(z)}^{J(z)} p_{j(a),j(z)} = 1;$$

$$\int_0^{\infty} f_{j(a),j(z)}(t) dt = 1.$$

При численном анализе процессов параллельных вычислительных системах могут быть заданы:  $\rho = (p_{j(a),j(z)})$  – матрица вероятностей;  $T = (T_{j(a),j(z)})$  – матрица математических ожиданий, определяемая в виде

$$T = \int_0^{\infty} t f(t) dt, \quad (4)$$

$D = (D_{j(a),j(z)})$  – матрица дисперсий, определяемая в виде

$$D = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt - T \otimes T. \quad (5)$$

**Заключение.** Таким образом, разработан эффективный и достаточно несложный математический аппарат для моделирования параллельных вычислительных систем, ориентированный на оценку эффективных характеристик материалов, изготовленных с применением аддитивных технологий. В моделях наряду со структурными и временными аспектами их функционирования отражается логика взаимодействия компонентов параллельных вычислительных систем.

Финансирование: Работа выполнена в рамках Федеральной программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» в ТПУ им. Л. Н. (проект №14.577.21.0271, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57717X0271).

#### ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. B. Beizer, *Micro-Analysis of Computer System Performance*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1978.
2. D. Ferrari, *Computer Systems Performance Evaluation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1978.
3. Barbu, Vlad Stefan; Limnios, Nikolaos *Semi-Markov chains and hidden semi-Markov models toward applications : their use in reliability and DNA analysis*. New York: Springer, 2008
4. Котов, Вадим (1984). *Сети Петри* (Petri Nets, in Russian). Наука, Москва
5. Peterson, James Lyle (1981). *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*. Prentice Hall.
6. Riemann, Robert-Christoph (1999). *Modelling of Concurrent Systems: Structural and Semantical Methods in the High Level Petri Net Calculus*. Herbert Utz Verlag.
7. W. Reisig, G. Rozenberg (Eds.), *Lectures on Petri Nets I: Basic Models - Advances in Petri Nets*, volume 1491 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 1998
8. W. Reisig, G. Rozenberg (Eds.), *Lectures on Petri Nets II: Applications - Advances in Petri Nets*, volume 1492 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 1998
9. Merlin P., Faber D.J. Recoverability of communication protocols // *IEEE Trans. of Communication*, 1976 - Vol. COM-24(9).
10. Balsamo S., Harrison P.G., Marin A. Methodological construction of product-form stochastic Petri nets for performance evaluation // *Journal of Systems and Software*. Elsevier Inc., 2012. Vol. 85, № 7. P. 1520–1539.
11. Choi H., Kulkarni V., Trivedi K. Markov regenerative stochastic Petri nets // *Performance Evaluation*. 1994. Vol. 5316, № 94. P. 337–357.
12. Felder M., Mandrioli D., Morzenti A. Proving Properties of Real-Time Systems Through Logical Specifications and Petri Net Models // *IEEE Transactions on Software Engineering*. 1994. Vol. 20, № 2.
13. Garg S., Puliafito A., Trivedi K.S. Analysis of Software Rejuvenation using Markov Regenerative Stochastic Petri Net // *In Proc. of the Sixth Intl. Symposium on Software Reliability Engineering*. Toulouse, France, 1995. P. 180–187.
14. Viswanadham N., Narahari Y., Johnson T.L. Deadlock Prevention and Deadlock Avoidance in Flexible Manufacturing Systems Using Petri Net Models // *IEEE Transactions on Robotics*. 1990. Vol. 6, № 6.
15. Kristensen L.M., Jørgensen J.B., Jensen K. Application of coloured petri nets in system development // *Lectures on Concurrency and Petri Nets*. Springer, 2004. P. 19–27.
16. S. Ramaswamy and K. P. Valavanis "Hierarchical Time-Extended Petri Nets (H-EPN) Based Error Identification and Recovery for Hierarchical System", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics- Part B: Cybernetics*, vol. 26, no. 1, pp.164 -175 1996
17. J. L. Pinto de Sa and J. P. Sucena Paiva "A Multitasking Software Architecture to Implement Concurrent Switching Sequences Designed with Petri Nets", *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 6, no. 3, pp.1058 -1064 1991



18. Ramchandani C. Analysis of asynchronous concurrent systems by timed Petri nets // PhD Thesis. - Cambridge, Mass.: MIT, Dept. Electrical Engineering, 1974.

#### ОБ АВТОРАХ

**Привалов Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор, Профессор кафедры информатики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого», +79202750471 privalov.61@mail.ru

Privalov Aleksandr Nicolaevich, Doctor of Technical Science, Professor, Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Tula State Pedagogical University, privalov.61@mail.ru, Russia, Tula

**Богатырева Юлия Игоревна**, доктор педагогических наук, доцент, Заведующий кафедрой информатики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого», +79202767176, bogatirevadj@yandex.ru

Bogatyryova Yulia Igorevna, Doctor of Pedagogical Science, Associate Professor, Head of the Department of Informatics and Information Technologies, Tula State Pedagogical University bogatirevadj@yandex.ru, Russia, Tula

Дата поступления в редакцию 27.11. 2019

М. С. Воронина [M. S. Voronina]  
Н. В. Макарова [N. V. Makarova]

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯГОД**

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS  
WITH APPLICATION OF PRODUCTS OF PROCESSING OF BERRIES

УДК 664.65  
DOI 10.33236/2307-  
910X-2019-25-1-188-  
192

ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Россия, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

**Аннотация.** Мучные кондитерские изделия пользуются у населения большим спросом и популярностью. Основной недостаток изделий заключается в том, что их чрезмерное потребление нарушает сбалансированность рационов питания по пищевым веществам и энергетической ценности, что объясняется высоким содержанием жира, углеводов и достаточно низким, а в ряде случаев и полным отсутствием пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов.

**Материалы, методы и результаты.** В качестве экспериментальных образцов использовались функциональные кондитерские изделия обогащенные продуктами переработки ягодного сырья. Определены органолептические показатели путем оценки согласно гедонической шкале наслаждения. Проведены анализы физико-химических показателей экспериментальных бисквитов и крема с добавками из продуктов переработки ягод.

**Заключение.** Добавление продуктов переработки ягод снижает калорийность кондитерских изделий и обогащает их пектиновыми веществами (10% и более), витамином С и клетчаткой. Что позволяет отнести готовые бисквиты и крема к функциональным продуктам питания.

**Ключевые слова:** бисквит, крем, продукты переработки ягод, пищевая ценность.

*Abstract. Flour confectionery products are in great demand and popularity among the population. The main drawback of products is that their excessive consumption upsets the balance of diets for food substances and energy value, which is explained by the high content of fat, carbohydrates and low enough, and in some cases the complete absence of dietary fibers, minerals and vitamins.*

*Materials, methods and results. Functional confectionery products enriched with products of berry raw materials processing were used as experimental samples. Organoleptic parameters were determined by evaluation according to the hedonic scale of pleasure. The analysis of physical and chemical parameters of experimental biscuits and cream with additives from processed berries.*

*Conclusion. The addition of processed berries reduces the caloric content of confectionery products and enriches them with pectin substances (10% or more), vitamin C and fiber. That allows us to include ready-made biscuits and cream to functional foods.*

*Key words: biscuit, cream, berries processing products, nutritional value.*

**Введение.** К кондитерским изделиям относят пищевые продукты с большим содержанием сахара. Они обладают высокой пищевой ценностью, хорошей усвояемостью, приятным ароматом и вкусом. Эти изделия характеризуются привлекательным внешним видом. Указанные свойства присущи кондитерским изделиям благодаря применению для их производства многих разнообразных видов высококачественного пищевого сырья, которое в процессе переработки подвергают различным механическим и термическим способами обработки [1].

Пирожные и торты, высококалорийные кондитерские изделия с большим содержанием масла, сахара и яиц (или только сахара и яиц), с разнообразным вкусом, ароматом и привлекательным внешним видом. Пирожные штучные изделия разнообразной формы в сравнительно небольших размерах. Торты отличаются более сложной отделкой и большими размерами. Вырабатывают торты квадратной, прямоугольной, круглой и овальной формы. Торты массового производства выпускают в основном массой от 250 г до 2 кг [2].

Питание – важнейший фактор внешней среды, который определяет правильное развитие, состояние здоровья и трудоспособность человека. Именно поэтому организация питания населения на научно-гигиенической основе поднята в нашей стране до уровня общегосударственной задачи. Одним из приоритетных направлений государственной политики России является формирование системы здорового питания населения, что отражено в распоряжении Правительства РФ «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», утвержденном 25 октября 2010 года (№1873-р). Разработка инновационных технологий производства функциональных мучных кондитерских

изделий, характеризующихся высокой пищевой ценностью, адаптированных к особенностям нарушения обмена веществ, благоприятно влияющих на функциональное состояние органов пищеварения и метаболические процессы в организме, является одним из перспективных направлений в решении проблем улучшения здоровья населения и предупреждения развития многих заболеваний. За последние годы в 52 субъектах РФ были внедрены программы «Здоровое питание», «Здоровое питание – здоровье нации», «Здоровье нации – основа процветания России» и др. В 2008 г. Федеральной службой в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека утверждены методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», которые являются государственным нормативным документом, определяющим величины физиологически обоснованных современной наукой нормального потребления независимых (эссенциальных) пищевых веществ и источников энергии, адекватные уровни потребления микронутриентов и биологически активных веществ с установленным физиологическим действием.

**Материалы и методы.** Работы по изысканию новых видов источников экологически чистого сырья, имеющего высокие технологические характеристики и обладающего профилактическими свойствами, ведутся в различных направлениях. Одно из них предполагает использование природных, в основном растительных источников сырья, содержащих наряду с незаменимыми пищевыми веществами другие ценные в физиологическом отношении минорные и биологически активные вещества. Создание функциональных пищевых продуктов связано с существенной модификацией, которой подвергается как состав продукта, так и способ его получения. Совокупность этих модификаций и составляет новую технологию продукта. Отечественное производство функциональных пищевых продуктов развивается сегодня в направлении обогащения традиционных продуктов белками, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами на фоне общей тенденции к уменьшению их калорийности. В основе технологий функциональных продуктов питания лежит модификация традиционных, обеспечивающих повышение содержания полезных ингредиентов до уровня, соотносимого с физиологическими нормами их потребления (20-30% от средней суточной потребности). Наиболее рациональным способом создания функциональных продуктов в кондитерской отрасли является введение в рецептуру данных продуктов натуральных ингредиентов растительного и животного происхождения, нетрадиционных для этих отраслей, что позволяет повысить пищевую ценность кондитерских изделий, улучшить их органолептические и физико-химические показатели, создать группу новых сортов, интенсифицировать технологические процессы производства, улучшить качество при переработке сырья с низкими хлебопекарными свойствами, обеспечить экономию основного и дополнительного сырья. Основными технологическими задачами разработки продуктов функционального назначения являются выбор обогащающих ингредиентов, их количеств, комплексов и соотношений в комплексе, исследование влияния этих комплексов на свойства полуфабрикатов и качество готовых изделий, выбор стадии, способа и формы введения функционального ингредиента в продукт и внесение уточнений и изменений параметров отдельных стадий процесса получения готового продукта.

#### **Результаты**

В то же время необходимо так разработать технологию, учитывающую потенциальную возможность функциональных ингредиентов не изменять потребительские свойства пищевого продукта [3].

На рис. 1–2 представлены пробные образцы мучных кондитерских изделий с продуктами переработки ягод.

Органолептические показатели оценивали согласно гедонической шкале наслаждения. Результаты дегустационной оценки представлены на рис. 3.



Рис. 1 Фотографии экспериментальной продукции: а – образец №1\*; б – образец №2\*



Рис. 2 Фотографии экспериментальной продукции: в – образец №3\*; г – образец №4\*

*Примечание\*:*

Образец №1 – пирожное: бисквит – порошок из выжимок черники, крем – концентрированный сок черной смородины; Образец №2 – пирожное: бисквит – порошок из выжимок черной смородины, крем – концентрированный сок черники; Образец №3 – пирожное: бисквит – порошок из выжимок черники, крем – концентрированный сок вишни, черной смородины, черники;

Образец №4 – пирожное: бисквит – порошок из выжимок черной смородины, крем – концентрированный сок вишни, черной смородины, черники

К качеству тортов и пирожных предъявляют следующие требования. Поверхность должна быть художественно отделана кремом или другими отделочными полуфабрикатами. Боковые поверхности торта должны быть полностью покрыты отделочными полуфабрикатами. Форма должна быть соответствующей данному наименованию: правильная, без изломов и вмятин, с ровным обрезом для нарезных изделий. Для пирожных и тортов без отделки шероховатая, с характерными трещинами. Вкус и запах должны соответствовать данному наименованию изделия, без неприятного запаха и привкуса несвежих продуктов (салистости, прогорклости и т.п.). Не должно быть других посторонних привкусов и запахов. Кроме того, не допускается расплывчатый рисунок из крема, поседевшая шоколадная глазурь, засахаренная с пятнами помадная глазурь, подгорелые штучные изделия.

Физико-химические показатели качества тортов и пирожных определяют только в полуфабрикатах. По этим показателям нормируется влажность, массовая доля общего сахара и жира, которые должны соответствовать расчетному содержанию по рецептурам с допускаемыми отклонениями, нормируется также массовая доля золы, не растворимой в 10%-ной соляной кислоте.

Были проведены анализы по физико-химическим показателям экспериментальных бисквитов и крема с добавками из продуктов переработки ягод. Результаты представлены в табл. 1–2.

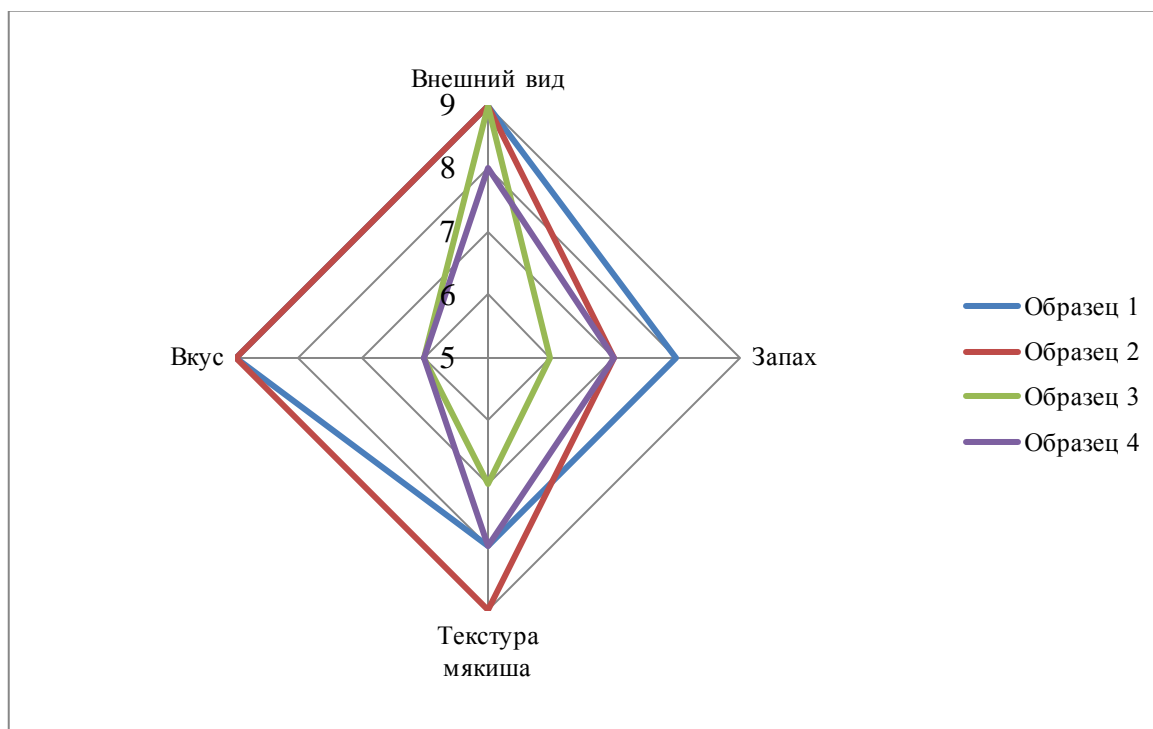


Рис. 3. Органолептическая оценка экспериментальной продукции

Таблица 1

Результаты исследования физико-химических и технологических показателей экспериментальных бисквитов

Показатели		Черная смородина	Черника
Физико-химические показатели	Влажность, %	24,30	27,20
	Содержание белка, %	1,34	1,84
	Содержание жира, %	6,87	6,20
	Содержание углеводов, %	15	15,83
	Массовая доля сахара, %	5,0	2,4
	Титруемая кислотность	4,9	2,3
	Щелочность	3,90	1,70

Таблица 2

Результаты исследования физико-химических и технологических показателей экспериментального крема

Показатели		Вишня	Черная смородина	Черника
Физико-химические показатели	Влажность, %	26,9	28,3	28,8
	Содержание белка, %	7,10	9,56	8,73
	Содержание жира, %	44,71	24,87	34,30
	Содержание углеводов, %	11,13	15,80	23,16
	Массовая доля сахара, %	12,04	6,33	8,05
	Титруемая кислотность	3,16	9,96	2,21

**Заключение.** Изучение влияния продуктов переработки ягод на пищевую ценность бисквита и крема показало, что все полуфабрикаты с добавлением продуктов переработки ягод характеризуются пониженной калорийностью и высоким содержанием (10% и более) пектиновых веществ, витамином С и клетчаткой. Это позволяет отнести готовые бисквиты и крема с продуктами переработки ягод к функциональным продуктам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пашук З. Н., Апет Т. К., Дубинина С. В. Торты и пирожные. Справочное пособие. Минск: Высшая школа, 1991.

2. Теплюк Н., Иванова Г. Пряники и кексы пониженной калорийности с ягодным пюре // Хлебопродукты. 2006. №1. С. 38-39
3. Корячкина С. Я., Березина Н. А., Гончаров Ю. В. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: монография / Корячкина С. Я., Березина Н. А., Гончаров Ю. В. Орел: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», 2011. 265 с.

#### REFERENCES

1. Pashuk Z. N., Apet T. K., Dubinina S. V. Torty i pirozhnye. Spravochnoe posobie / Minsk: Vysshaya shkola, 1991. 346 s.
2. Teplyuk N., Ivanova G. Pryaniki i keksy ponizhennoi kaloriinosti s yagodnym pyure // Khleboprodukty. 2006. №1. S. 38-39.
3. Koryachkina S. Ya., Berezina N. A., Goncharov Yu. V. Innovatsionnye tekhnologii khlebobulochnykh, makaronnykh i konditerskikh izdelii: monografiya / Koryachkina S. Ya., Berezina N. A., Goncharov Yu. V. Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2011. 265 s.

#### ОБ АВТОРАХ

**Воронина Марианна Сергеевна**, кандидат технических наук, зав.лабораторией кафедры ТиОПП, l: marianna419@rambler.ru

Voronina Marianna Sergeevna, candidate of technical Sciences, head.the laboratory of the Department of Tipp, of the Samara state technical University, Samara, Russia, e-mail: marianna419@rambler.ru

**Макарова Надежда Викторовна**, доктор химических наук, профессор, зав. каф «Технология и организация общественного питания» ФГБОУ ВО Самарского государственного технического университета, г. Самара, Россия, e-mail: marianna419@rambler.ru

Makarova Nadezhda Viktorovna, doctor of chemical Sciences, Professor, head. KAF "Technology and organization of public catering at Samara state technical University, Samara, Russia, e-mail: marianna419@rambler.ru

Дата поступления в редакция 24.01.2019

И. С. Полянская [I. S. Polyanskaya] <sup>1</sup>Н. Р. Сорокина [N. R. Sorokina] <sup>2</sup>В. Л. Попова [V. L. Popova] <sup>2</sup>УДК 641.51/54  
DOI 10.33236/2307-  
910X-2019-25-1-193-198**ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИОФАГА В МОЛОЧНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

STUDY OF BACTERIOPHAGES IN RUSSIAN DAIRY INDUSTRY

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина,  
г. Вологда, Россия<sup>2</sup> ФГУП «Экспериментальная биофабрика» г. Углич, Ярославская область, Россия

**Аннотация.** Около 100 лет в России для производства используются чистые культуры молочнокислых микроорганизмов. Около трёх десятилетий их использования в условиях отечественных молочной промышленности использовали с целью изучения феномена - фаголизиса заквасочных культур. Публикация посвящена исследованиям использования бактериофага в молокоперерабатывающей промышленности Российской Федерации.

**Материалы и методы.** В эксперименте были использованы тест-культуры *Lactobacillus*, термофильные молочнокислые стрептококки, бактериофаги, лизирующие тест-культуры 375 вирионов бактериофагов лактококков, изолированных на сыродельных заводах России, Белоруссии, Казахстана, Молдовы; 1056 коллекционных культур лактококков вида *Lactococcus lactis* подвидов: *lactis*, *cremoris*, *diacetylactis*. В качестве питательных сред для культивирования и хранения лактококков и их бактериофагов в присутствии индикаторных культур использованы стерильное обезжиренное молоко (СОМ), бульон из гидролизованного панкреатином молока (БГМ), полужидкий (0,65 %) и плотный (2,0 %) агар-агар из гидролизованного молока.

Использовался двуслойный метод индикации бактериофага на плотной питательной среде с помощью тест-культур. Титр бактериофагов определяли путем посева на газон тест-культур и подсчета негативных колоний (НКОЕ в 1 мл); фагорезистентность лактококков устанавливали путем нанесения на газоны исследуемых штаммов капель фаговых суспензий с содержанием не менее  $1 \cdot 10^6$  НКОЕ/мл; способность бактериофага лизировать культуру определяли через 24 ч культивирования по наличию зоны лизиса в местах нанесения капель; морфологию бактериофагов изучали с помощью электронной микроскопии при ускоряющем напряжении 80 кВ и рабочем увеличении на экране в 60000 раз.

**Результаты.** Исследования показали, что в настоящее время остаётся актуальным определение бактериофага в сыворотке (творожной, подсырной) как условие определения риска (идентификации опасного фактора) и разработки предупреждающих воздействий, снижающих риск генетических мутаций между бактериофагами, лизирующими штаммы отечественных и зарубежных бактериальных концентратов.

**Заключение.** Фаговый мониторинг в силу особенностей существующего метода индикации, требующего наличие специфичных тест-штаммов, предлагается закрепить за внешними лабораториями – производителями заквасок (бактериальных концентратов) для молочной промышленности.

**Ключевые слова:** молочная промышленность, бактериофаг, фаговый мониторинг, тест-штамм.

**Abstract.** For about 100 years in Russia, pure cultures of lactic acid microorganisms have been used for production. About three decades of their use in the conditions of the domestic dairy industry were used to study the phenomenon of phagolysis of starter cultures. The publication is devoted to research on the use of bacteriophage in the milk processing industry of the Russian Federation.

**Materials and methods.** The experiment used *Lactobacillus* test cultures, thermophilic lactic acid streptococci, bacteriophages, lysing test cultures of 375 lactococcal bacteriophage virions isolated at cheese factories in Russia, Belarus, Kazakhstan, Moldova; 1056 collection cultures of the lactococcus species *Lactococcus lactis* subspecies: *lactis*, *cremoris*, *diacetylactis*. Sterile skimmed milk (СОМ), broth from pancreatin hydrolyzed semi-liquid milk (0.65%) and dense (2.0%) agar are used as culture media for the cultivation and storage of lactococci and their bacteriophages in the presence of indicator cultures. hydrolyzed milk agar.

The two-layer method of bacteriophage indication on a dense nutrient medium with the help of test cultures was used. The titer of bacteriophages was determined by sowing test cultures on a lawn and counting negative colonies (NCOE in 1 ml); phage resistance of lactococci was established by applying droplets of phage suspensions to the lawns of the strains under study with a content of at least  $1 \times 10^6$  NECL / ml; the ability of the bacteriophage to lyse the culture was determined after 24 hours of cultivation by the presence of a lysis zone at the sites where the drops were applied; The morphology of bacteriophages was studied using electron microscopy with an accelerating voltage of 80 kV and a working magnification of 60,000 times on the screen.

Results. *The studies have shown that at present, the determination of bacteriophage in serum (cottage cheese, cheese) as a condition for determining risk (identifying a hazard) and developing preventive effects that reduce the risk of genetic mutations between bacteriophages that lyse strains of domestic and foreign bacterial concentrates remains relevant.*

Conclusion. *Phage monitoring due to the characteristics of the existing method of indication, which requires the presence of specific test strains, is proposed to be assigned to external laboratories – producers of starters (bacterial concentrates) for the dairy industry.*

Key words: dairy industry, bacteriophage, phage monitoring, test strain.

The history of using pure cultures in the Russian dairy business dates back to the beginning of the 19<sup>th</sup> century. According to the opinion of S.A. Severin, Head of the Bacteriological and Agronomical Station of the Animal and Plant Acclimatization Society, stated in the Dairy Farm magazine in 1913, thanks to wide using the method of pure cultures in producing sour cream, cottage cheese, and even koumiss from cow's milk now (i.e. in 1913) "... it is time for introducing the method of pure cultures in our cheese making" [1].

By that time, there had already been separated attempts of using pure cultures in making some types of cheese in Russia. In 1901-1902 specialists of the Yur'ev Dairy Laboratory studied the bacterial flora composition of the local Knappkase (Liflyandskiy) cheese curd and used pure cultures in its making, which resulted in a success. The laboratory began producing these cultures.

In 1908 S.V. Parashchuk, Head of the Yaroslavl Laboratory improved the method of developing dry cultures by pre-centrifuging the liquid starter before drying. This technique allowed to increase the cell concentration and made it possible to distribute dry cultures in small portions, which significantly affected their cost.

The experiments of using pure cultures that were not described in special literature had been carried out not only in scientific research, but also in practical cheese making. For example, S.A. Severin writes about the spread of practical using the pure culture of the usual lactic acid bacterium *Bacterium lactis acidi* (nowadays known as *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*) [1].

S. A. Korolev (1874-1932), Professor, Head of the Microbiology Department of the Vologda Dairy Farming Institute puts forward prerequisites for the rational selection of cultures for cheese making. In his opinion, the species and race (strain) composition of the starter microflora is to be of great importance, since energy, and partly the process direction, are determined not only by the number of active cells, but also by their specific features [2, 3].

D.I. Ivanovsky (1864-1920) is well-known in Russia, since he discovered a filtering virus and became the founder of virology. The scientist paid his attention to the problems of soil microbiology.

Thus, on an industrial scale, pure starter cultures have been actively used since the 1920s and 1930s. Only in the late 50's, i.e. almost 30 years after the beginning of using pure cultures in milk processing enterprises, cases of fermented microflora phagolysis have been recorded. N. N. Belousova gives the first detailed description of the virus that affects lactic acid cultures, i.e. bacteriophage [4, 5].

Lactic acid and fermented products of high quality can be produced only if the starter microflora is developed in them. One of the reasons for its weakening is bacteriophage [151, 162, etc.]. 5–15% of the total amount of products lose quality due to the lysis of microorganisms by phage fermenting.

At the end of the last century, the phenomenon study was actively carried out in Ukraine [6, 7, 8] and, mainly, in the following four laboratories in Russia:

1. All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheese Making, (VNIIMS) in Uglich – nowadays it is a branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Centre of Food Systems named after V. M. Gorbатов of the Russian Academy of Sciences [9, 10];

2. Federal State Unitary Enterprise Experimental Biofactory of the Russian Academy of Agricultural Sciences [10];

3. State Scientific Institution Siberian Research Institute of Cheese Making of the Russian Academy of Agricultural Sciences, in Barnaul [11];

4. Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry (VNIMI), in Moscow [12].

Nowadays the most considerable systematic bacteriophage collection resulted from the long-term collaboration of VNIIMS and the Experimental Biofactory experts, with our participation as well, includes 375 virions of lactococci bacteriophages isolated at milk processing plants in Russia, Belarus, Kazakhstan and Moldova [13]. Among the bacteriophages, there are no repeated isolates of the same phage, as it has been demonstrated by DNA / DNA hybridization



methods as well as the restriction analysis using EcoR I and EcoR Y endonucleases. The detected phages of thermophilic streptococcus are *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* and some lactic acid rods, such as *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*.

There is no information about phages lysing bifidobacteria.

Classifications of lactococci bacteriophages in milk processing plants are most often described in earlier works, including our publications [13–17]. It should be noted that B2 phages were mostly widespread in the 90s, B1 phages [13, 15] were spread abroad, but in the 21st century the collection has been increased with a comparatively large number of B1 morphotype phages [14]. There are phages, characterized by a morphological diversity, relating to the collar, basal plate and tail.

This publication aims to inform the world scientific community and producers of pure cultures for the Russian dairy industry about the starter microflora phagolysis cases that we have registered while using imported starter cultures (DVS).

On the one hand, all these cases could be attributed to an insufficient level of antiphage activities and the need for toughening mandatory phage monitoring [18–20].

On the other hand, it is a fact that the synthesis of restrictases and specific bacteria receptors belonging to the phage resistance mechanisms can be encoded not only by the bacterium chromosome, but also by bacterium plasmids, which can be relatively easily lost and acquired by cells of lactic acid microorganisms. The phage DNA can also be modified and become inaccessible to restrictases [14].

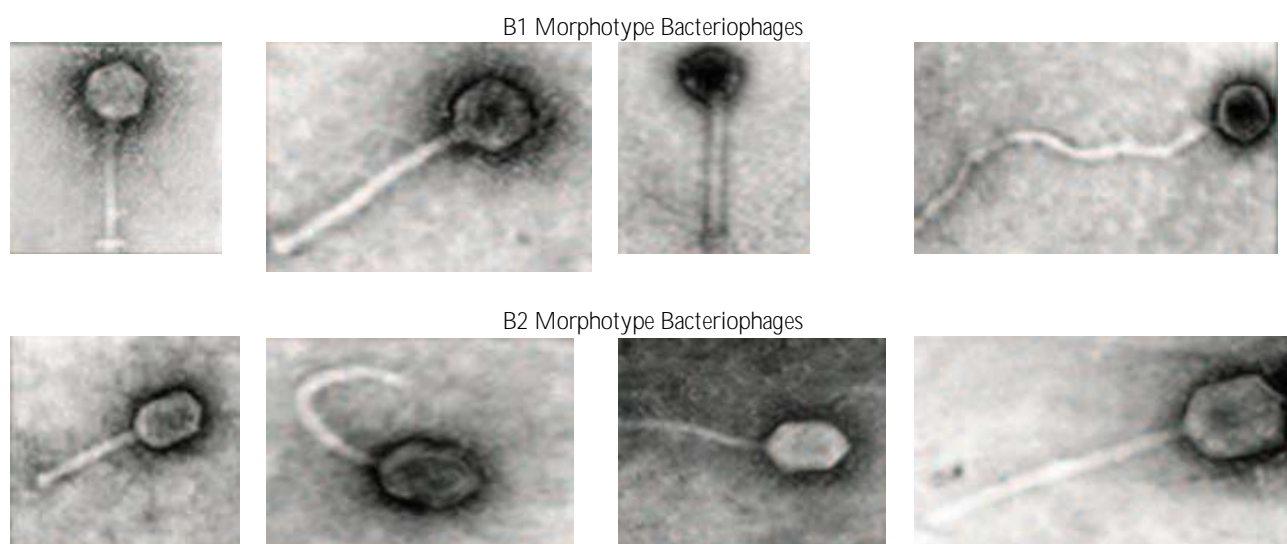


Fig. 1. Lactococci bacteriophages, isolated at the milk processing plants in Russia, Belarus, Kazakhstan and Moldova.

At the turn of the century, DVS starters were considered a panacea for solving the problem of starter microflora phagolysis at dairy plants [14], but the problem remained unsolved.

When fermented milk mixtures with a clear sign of phagolysis of DVS imported starter cultures in domestic test cultures were brought to dairy testing laboratory, the bacteriophage was not detected. Nevertheless, while using isolated clones from the starter applied in these cases as test cultures, the bacteriophage lysed 80–100% of the clones.

Domestic and foreign starter strains of lactic acid cultures are used for a long time sequentially or in parallel (in manufacture of different products) in one enterprise, which does not exclude the possibility of genetic material exchange and generating phages, having a new and broader spectrum of lytic activity. At present, it is no longer sufficient to carry out systematic monitoring of bacteriophages in production, where domestic test-cultures are used.

It is using test cultures of each pure culture supplier that will allow a qualitative assessment of the phagolysis hazard. Another way is to use pure cultures, which a multistrain starter consists of, instead of test strains. However, this measure significantly complicates phage monitoring and the timely replacement of starter cultures by phage-resistant ones [20].

The common methods of developing such phage-resistant cultures are the following [21, 22]:

- 1) Natural selecting of practically valuable forms. A strain of microorganisms that possesses useful properties for humans is isolated from a natural or production source. Then the most productive strains are selected among them.
- 2) Using of artificial mutagenesis, which allows increasing various mutations. As mutagens ionizing radiation, some chemicals, as well as ultraviolet radiation are used, although the latter has a low penetrating ability, but it is sufficient for generating mutations in microorganisms.
- 3) Genetic methods of recombination between shared species (intraspecific conjugation, transformation, transduction, use of protoplasts, etc.) [23, 24].
- 4) Genetic engineering that uses a plasmid vector of a wide range of hosts, or a bacteriophage vector, etc. for developing starter cultures with desired properties [25–27].
- 5) Using of lysogenic cultures.

A brief description of the bacteriophage's lytic cycle is as follows: phages adsorbed on the surface of the host cells make a hole in the bacterial cell with the help of their enzymes. The phages inject phage DNA stored in the phage head through the hole. After injection of the nucleic acid in the host cell, the synthesis of bacterial substances ceases, the cell's biosynthetic apparatus begins synthesizing phage components: nucleic acid, envelope proteins and lysozymes or endolysins [14]. There are no visible changes in the acid-forming activity of lactic acid bacteria cells, or this activity rises. This period is known as latent. Only when new phage particles are formed in the cell, the host cell walls become lysed and it dies. The lactic acid process stops before phage-resistant mutants are formed.

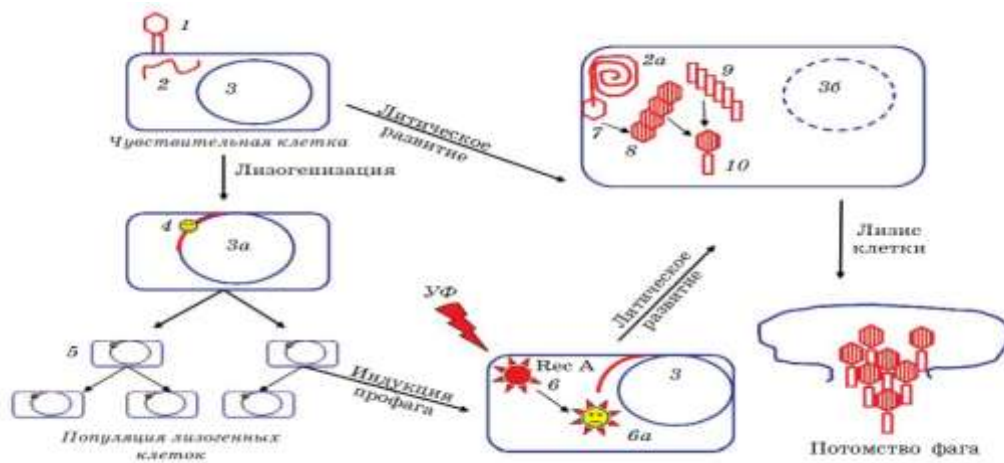


Fig. 2. Scheme of possible bacteriophage development ways

Figure 2 shows the following: bacteriophage (1) becomes attached to the receptor of the bacterial sensory cell (3) and penetrates the nonphage DNA (2). This results in bacterial cell lysogenization (3a). The phage exists as a prophage (4). The lysogenic cell continues breaking down and forms lysogenic cell population (5). Under the action of the inductive factor (6) the lytic development of the sensory cell takes place (3). As a result, the phage DNA (2a), using the cell apparatus (3a) synthesizes heads (7, 8) and cerci (9) of new phage particles (10).

However, bacteriophage lysogeny is a well-known phenomenon, which has been studied in the lambda-phage model quite thoroughly. In this case, DNA penetration into the bacterial cell is not accompanied by the formation of new phage particles inside it and there is no cell lysis. Such phages are known as moderate and cells carrying moderate phages (prophages) are lysogenic (Fig. 2). Lysogenic cells are protected from infecting by a homologous bacteriophage.

If the lysogenic culture undergoes any stress (lack of nutrients, chemical or physical factors), the frequency of prophage release from the lysogenic cell increases hundreds of times. It should be noted, that the average size of lactococci bacteriophages is approximately 100 nm. If we transfer the nano degree to the macro level, it can be figuratively said that, in the event of war, a population group capable of giving offspring migrates, in search for safer living conditions.

Using the scientific and practical approach, it is necessary to study the phenomenon of lysogeny and bacteriocinogenicity of lactic cultures simultaneously. It is known that bacteriocins, which suppress the development of putrefactive and pathogenic microflora in the product and our body, are "defective" phages, formed from prophages. It is assumed that there is a natural mechanism that has existed, and maybe still exists, by which phages, which are active

against different species and families, could exchange successful "evolutionary findings" [29, 30]. Thus, the study of bacteriophages is also one of the steps in increasing the immunological value of fermented functional food products [31, 32].

In recent years, the situation analysis shows great importance of bacteriophages, primarily lactophages as factors that continue disrupting the technological, microbiological and biochemical processes of producing fermented dairy products, including cheeses.

An important requisite in developing methods of preventing damage to fermented microflora by bacteriophages is to study their biological characteristics. This problem seems to be a transnational one due to complexity of the tasks being solved [33, 34, 35].

## REFERENCES

1. Sorokina N. P. Kucherenko I.V. Manufacture of fermented milk products and cheeses: composition and properties of starter microflora. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2013, no.6, pp. 38-40. (In Russian)
2. Tverdokhlebo G. V., Shemyakin V. I., Sazhinov G. Yu. *Vologodskoe maslodellie. Istoriya razvitiya*. [Vologda butter: History of development]. St.-Petersburg, SPb.GUNiPT Publ., 2002, 246 p.
3. Sergey Korolev. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%>
4. Belousova N. N. Bacteriophage and control measures. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 1959, no.10, pp. 43-44. (In Russian)
5. Belousova N. N. *Bacteriophage v molochnoy promyshlennosti* [Bacteriophage in dairy industry], Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1959, 59p.
6. Nepomnyashchaya M. L., Medvinskaya L.Yu., Liberman L.A. *Bacteriophage molochnokislykh streptokokkov i bor'ba s nim v molochnoy promyshlennosti*. [Bacteriophage of lactic acid streptococci and control in dairy industry], Kiev, AN USSR, 1961, 152p.
7. Grits A.V., Parnyuk T.A., Cheremisina L.F. et al. Primary characteristics of Streptococcus bacteria phages, isolated on the territory of the Belarusian SSR. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Proc. of the Scientific and Practical Conference], Minsk, 1989, pp. 127-129. (In Russian)
8. Furik N.N. Safronenko L.V., Improvement of production quality in cheese making. *Nauchnye i prakticheskie aspekty sovershenstvovaniya traditsionnykh i razrabotka novykh tekhnologiy*. [Scientific and Practical Aspects of Improving Traditional and Developing New Technologies], Vologda, Molochnoe, VGMKHA Publ., 2001, pp. 111-112. (In Russian)
9. Gudkov A.V., Perfil'ev G.D., Sorokina N.P. *Escherichia coli* development under conditions of bacteriophage attack of the starter microflora. *Molochnaya i myasnaya promyshlennost'* [Dairy and Meat Industry], 1984, no.8, pp. 8-10. (In Russian)
10. Protasova (Polyanskaya) I.S., Perfil'ev G.D., Gudkov A.V., Rogov G. N. Phage monitoring in the system of integrated microbiological control in cheese-making. *Vklad nauki v razvitie syrodelyiya i maslodelyiya* [Science contribution to cheese making and butter making development], Uglich, 1994, pp. 202. (In Russian)
11. Dokukin V.M. Losses of a starter activity due to bacteriophage and measures of control. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 1985, no. 12, pp. 39-40. (In Russian)
12. Leshina V.S., Ganina V.I. Phage infection spread in the dairy industry enterprises. *Molochnaya i myasnaya promyshlennost'* [Dairy and Meat Industry], 1991, no. 2, pp. 24-25. (In Russian)
13. Sorokina N. P. Perfil'ev G.D., Polyanskaya I. S. Lactococci bacteriophages. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese Making and Butter Making], 2014, no. 1. pp. 36-37. (In Russian)
14. Gudkov A.V. *Syrodellie: tekhnologicheskije, biokhimicheskie i fiziko-khimicheskie aspekty* [Cheese making: technological, biochemical, physical and chemical aspects], Moscow, Delhi Print Publ., 2003, 804p.
15. Akhverdyan V. Z., Protasova I. S., Freizon E.V., Gudkov A.V. Morphological and classification of phages of lactococci isolated during cheese production. Proc. of the Int. Dairy Congress, Melbourne, Australia, 18th-22nd September 1994, pp. (In English)
16. Protasova I. S. *Povyshenie kachestva melkikh sychuzhnykh syrov posredstvom uglubleniya nauchnykh osnov i razrabotki prakticheskikh mer predotvrashcheniya fagolizisa zakvasochnoy mikroflory*. Kand. Diss. [Improving the quality of fine rennet cheeses by broadening scientific foundations and developing practical measures for the prevention of starter microflora phagolysis. Cand. Diss.], Uglich, VNIIMS Publ., 1997, 161p.
17. Rogov G. N., Perfil'ev G.D., Protasova I.S., Gudkov A.V. Frequency of lactococci phage detection in cheese-making plants. *Vklad nauki v razvitie syrodelyiya i maslodelyiya* [Science contribution to cheese making and butter making development], Uglich, 1994, pp. 204-205. (In Russian)
18. Sviridenko Yu.Ya., Perfil'ev G.D., Polyanskaya I.S. *Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii fagovogo monitoringa na syrodel'nykh predpriyatiyakh MU VNIIMS 4.1.002-97* [Methodical recommendations on phage monitoring in cheese-making plants of MU VNIIMS 4.1.002-97], Uglich, 1997, 82 p.

19. *Metodicheskie rekomendatsii 2.3.2.2327-08. Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii proizvodstvennogo mikrobiologicheskogo kontrolya na predpriyatiyakh molochnoy promyshlennosti*. [Methodical recommendations 2.3.2.2327-08. Methodical recommendations on organization of industrial microbiological control in milk processing plants]. Uglich, 2008, 210 p.
20. Protasova I.S., Drutman M.S. Study of starter microflora inhibition causes at JSC VMK. *Perspektivnye napravleniya nauchnykh issledovaniy molodykh uchenykh* [Proc. of Promising areas of research of young scientists conf.], Vologda, Molochnoe, VGMKhA Publ., 1999, pp. 4-6. (In Russian)
21. Bannikova L.A. *Selektsiya molochnokislykh bakteriy i ikh primeneniye v molochnoy promyshlennosti* [Selection of lactic acid bacteria and their use in the dairy industry], Moscow, Pishchivaya promyshlennost' Publ., 1975, 255 p.
22. Perfil'ev G.D. et al. *Metodicheskie rekomendatsii po selektsii mezofil'nykh molochnokislykh bakteriy v sostav bakteri-al'nykh zakvasok i preparatov dlya melkikh sychuzhnykh syrov. MU-VNIIMS-01.86.02-89* [Methodical recommendations on selection of mesophilic lactic acid bacteria in the bacterial starter culture composition and preparations for fine rennet cheeses. MU-VNIIMS-01.86.02-89]. Uglich, 1989, 85p.
23. Teraevich A.S. Polyanskaya I.S., Koryukina M.V. et al. *Effektivnye probiotiki v zhivotnovodstve. Podbor, poluchenie, primeniye* [Effective probiotics in animal husbandry. Selection, production and use]. Saarbrucken, 2016, 128 p.
24. Polyanskaya I.S., Semenikhina V.F. Selection of lactic acid cultures. Use of antibiotic-resistant and phage resistant markers. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2013, no. 12, pp. 41-43. (In Russian)
25. Livshits V.A., Semenova E.V., Makaryan K.V. Conjugation transfer of plasmid from Escherichia coli to lactic acid bacteria cells. *Biologicheskii Zhurnal Armenii* [Biological Bulletin of Armenia], 1990, Vol.43, no. 9, pp. 793-795. (In Russian)
26. Semenova E.V. *Mobilizuemye vektora dlya lactobatsill i drugikh gram-polozhitel'nykh bakteriy. Kand. Diss.* [Mobilized vectors for lactobacilli and other gram-positive bacteria. Cand. Diss.], Moscow, 1994, 198p.
27. Karpushina S.G. *Selektsiya i konstruirovaniye shtammov molochnokislykh bakteriy, perspektivnykh dlya ispol'zovaniya v probiotikakh* [Selection and design of lactic acid bacteria strains, promising for use in probiotics]. Moscow, 1999, 156p.
28. Kukushkina A.I., Tovkach F.I. Lysogeny in bacteria and its importance for biotechnology. *Biotekhnologiya* [Biotechnology], 2011, Vol. 4, no.1, pp. 29-40. (In Russian)
29. Akhverdyan V.Z. *Evolutsiya bakteriofagov. Dokt.Diss.* [Evolution of bacteriophages. Abstract of PhD Diss.], Moscow, 1996, 109p.
30. Krylov V.N. Phage therapy from bacteriophage genetics point of view: hopes, trends, safety problems and restrictions. *Genetika* [Genetics], 2001. Vol. 37, no. 7, pp. 869-887. (In Russian)
31. Polyanskaya I.S. Bacteriophages and bacteriocins. PERSPEKTYWICZNE OPRACOWANIA SA NAUKA I TECHNIKAMI-2013 MATERIALY IX MIEDZYNARODOWEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI. Prague, 2013, pp. 46-48.
32. Polyanskaya I.S. *Nutritsiologicheskaya khimiya s-elementov* [Nutritiological chemistry of s-elements]. Vologda, Molochnoe, VGMKhA Publ., 2011, 139p.
33. Birge E. A. Bacterial and Bacteriophage Genetics. USA, Arizona State Uni

#### ОБ АВТОРАХ

**Полянская Ирина Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент, доцент, Кафедра технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО Волгодонская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина, г. Вологда, Россия, e-mail: poljanska69@mail.ru, 8-964-661-09-20

Polyanskaya Irina Sergeyevna, Candidate of Technical Sciences, Ssassociate Professor, Associate Professor, Department of milk and dairy products technology, Volgodonsk state dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia, e-mail: poljanska69@mail.ru, 8-964-661-09-20

Дата поступления в редакцию 11.09.2018

# ПОЛИТОЛОГИЯ

А. К. Боташева [A. K. Botasheva]

И. С. Миллер [I. S. Miller]

УДК 32.019.51

DOI 10.33236/2307-

910X-2019-25-1-199-205

## ПОЛИТИЧЕСКИЕ КОММУНИКАЦИИ В ПРЕДВЫБОРНЫЙ ПЕРИОД: ВАРИАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

POLITICAL COMMUNICATION DURING THE ELECTION PERIOD: VARIATIONS  
OF THE IMPACT

Пятигорский государственный университет, г. Пятигорск, Россия, e-mail: ab-ww@mail.ru

**Аннотация.** *Значимой целью политической коммуникации остается привлечение внимания респондента, убеждение и стимулирование к действию. Следовательно, информационное воздействие субъекта на объект коммуникации преследует цели, заданные субъектом.*

**Материалы и методы, результаты.** *Цели, преследуемые в предвыборный период, диктуют свою специфику процессу коммуницирования, поскольку специфика политического дискурса определяется мотивами оратора.*

*Политическая коммуникация в предвыборный период дает возможность политике успешно повышать свой рейтинг за счет позиционирования себя как борца за справедливость, благодетеля и защитника обездоленных.*

*Релевантные сведения позволяют политтехнологам правильно подбирать способы передачи сообщения, а также отслеживать, в какой степени предлагаемые технологии результативны.*

**Заключение.** *Анализ политической коммуникации в предвыборный период позволил выявить компетентные вариации личностного воздействия на реципиента. Доказано, что политическая коммуникация является своего рода отражением аспектов политической жизни современной России.*

**Ключевые слова:** политическая коммуникация, предвыборный период, интерактивность, общественно-политические процессы.

*Abstract. A significant goal of political communication is to attract the attention of the respondent, to persuade and stimulate action. Consequently, the information impact of the subject on the object of communication pursues the goals set by the subject.*

*Materials and methods, results. The goals pursued during the pre-election period dictate their specifics to the communication process, since the specifics of the political discourse is determined by the speaker's motives.*

*Political communication during the pre-election period allows the policy to successfully raise its rating by positioning itself as a fighter for justice, a benefactor and protector of the disadvantaged.*

*Relevant information allows political technologists to correctly select ways to send a message, as well as to track the extent to which the proposed technology is effective.*

**Conclusion.** *An analysis of political communication in the pre-election period made it possible to identify competent variations of the personal impact on the recipient. It is proved that political communication is a kind of reflection of aspects of the political life of modern Russia.*

Key words: political communication, pre-election period, interactivity, social and political processes.

**Введение.** Данная статья появилась как промежуточный результат размышлений над решением теоретической и прикладной политологической задачи, предполагающей поиск (насколько это возможно объективного), построения качественных политических дебатов, которые опираются, в первую очередь, на интерактивность. Интерактивность – это возможность вступать в прямой диалог с аудиторией и возможность представителей данной аудитории общаться между собой, обмениваясь мнениями. С другой стороны, коммуникация может проходить в непрерывном режиме и нет зависимости от пространственно-временных характеристик. Поэтому проблема политических дебатов в рамках политической коммуникации в предвыборный период приобретает сегодня особое содержание.

**Теоретико-методологическую базу** исследования составили методы познания различных классов и уровней, используемых современной наукой. В качестве общенаучных методологических универсалий обозначим, в частности, использование анализа и синтеза, метода моделирования, сравнения и т.д. Для уточнения ба-

зовых категорий и уяснения современных проблем политических коммуникаций в предвыборный период применялись такие научные принципы, как историзм, преемственность, диалектичность протекания. Учитывая, что широкие интерактивные инструменты Интернета открыли беспрецедентные возможности для политического участия граждан, а политическая сила через Интернет может мобилизовать своих сторонников для участия в тех или иных акциях, привлекать волонтеров и собирать пожертвования, организовывать кампании в поддержку либо против чего-либо, собирать петиции, распространять в социальных сетях важную информацию и т.д., особый интерес для ученых представляют возможности передачи некоего объема информации, оценок, идей, эмоций от одного субъекта (индивидуального либо группового) к объекту (индивидуальному либо групповому) посредством символов с целью изменения либо самого объекта (его мировоззрения путем информирования), либо его поведения.

**Основная часть исследования.** Современные векторы развития государственной информационной политики охватывают широкий спектр интересов и проблем, связанных не только со средствами массовой информации и массовой коммуникации. В настоящее время в данную область попадают основные права личности и гражданина, корпораций и простых организаций на общедоступную информацию [1]. Кроме того, все более важную роль в политической коммуникации занимают социальные сети и социальные медиа. Необходимость активного использования социальных сетей обусловлена, в первую очередь, тем очевидным фактом, что подобные сервисы уже вышли за рамки базовой идеи поиска людей (однокурсников и т.п.), превратившись в коммуникативные платформы, позволяющие любому обеспечить свое присутствие в политике.

Известный исследователь политической коммуникации Ю. Хабермас, предполагал, что политика отражается в системе коммуникативных действий, выступающих в виде цепочки опосредований. Данный ученый выделил два основных типа власти, первый из которых возникает в процессе политической коммуникации внутри общества и свободен от различного рода репрессий и насилия, второй же – административный тип власти, предполагающий управление политическими коммуникациями для обеспечения легитимности [8].

Структурные элементы и опциональность социального оппонирования власти выступают против использования только административного типа власти, что зачастую приводит к снижению ее легитимности. Ю. Хабермас подчеркивал, что для эффективного и стабильного существования современной демократии необходима сфера публичной политики, включающая средства массовой информации, играющие системообразующую и ведущую роль в функционировании западных современных демократий, предполагающих обеспечение свободной от принуждения коммуникации.

Ментальный архетип гражданина напрямую соотносим с политическим управлением, которое должно выступать в качестве регулирования общественных отношений, объектами которого являются индивиды, социальные группы, различные общественно-политические структуры, имеющие собственные убеждения, представления, ценности, модели поведения, самым непосредственным образом определяющие результаты и характер целевого коммуникационного взаимодействия [3, с. 281]. Соответственно субъекту политического управления для достижения собственных целей необходимо осуществлять управление политическими ценностями общественных групп и политических сил с целью формирования необходимых и выгодных субъекту политического управления моделей поведения. Данный феномен описывал П. Бурдьё, отмечая, что ментальный архетип гражданина любой страны является важной составляющей понятия «информационное поле социальных медиа» [2]. Таким образом, субъект политики, в период своего нахождения у власти, путем информационно-коммуникационного воздействия закладывает и формирует необходимые практики поведения объекта управления, которые в предвыборный период электорат, будучи уже субъектом, реализует в процессе своего выбора.

Ситуации, возникающие на фоне политической жизни любой страны, моментально входят в информационное поле и обсуждаются значительной долей пользователей. Более того, политическая коммуникация аккумулирует тенденции социальной реальности, стремясь «кодировать» поведение получателя и запрограммировать варианты такого социального поведения, которое нужно на определенный период (от роста собственной популярности до форм выражения гражданских позиций). Данные позиции позволили описать причинное структурирование факторов, влияющих на избирателя во время электоральной кампании. Они располагаются в определенной последовательности: учитывались такие факторы как экзогенные, релевантные, личные и объективные, а также политические и неполитические. Политические факторы исследователи расположили в воронке вдоль центральной оси, поскольку то, что подлежит объяснению, имеет политическую природу. Важность именно политических факторов возрастает при приближении к узкому концу воронки, т.к. в контексте выборов

это активизирует факторы непосредственной значимости [13]. Однако нельзя отбрасывать иррациональные причины выбора, т.к. на решение избирателя оказывают влияние не только его ценностные ориентации, сформированные в процессе социализации, но также влияние друзей и коллег, манипулятивное воздействие СМИ, настроения и ожидания, восприятие экономической, политической и социальной среды, а также осознание депривации и степень согласия и притяжения ее.

Как следствие, в понятие «языковедческие общие психолингвистические инструменты социальных медиа в процессе формирования имиджа политика или политической партии» стали входить четыре типа вспомогательного инструмента политической коммуникации:

- психоэмоциональные инструменты,
- психофонетические инструменты,
- психоконструктивные инструменты,
- психосемантические инструменты.

Психоэмоциональные инструменты – это средства фундаментализации или разрушения политического имиджа, основой которых является намеренное употребление в авторских материалах коннотативно-оценочных лексических единиц, допуск стилистико-логических ошибок, конструирование реплик и фраз, провоцирующих комическое или отрицательное впечатление о политиках, – всё это вкупе влияет на психоэмоциональное состояние потребителей данной информации. Наиболее ярко данные конструкты используются в предвыборный период, т.к. в его процессе происходит информационный обмен между населением, гражданским обществом и государством по поводу основных направлений государственной политики, выявления проблемных зон и обмен мнениями по поводу возможных путей их решения.

Необходимо отметить, что население в политической коммуникации является в большинстве случаев именно объектом коммуникативного воздействия, обратная связь с которым зависит от политического режима и политической культуры населения. Однако в предвыборный период происходит инверсия доминирования, когда уже электорат выдвигает свои требования и информирует потенциальных субъектов власти о желаемых путях развития и направлений действий. Именно в предвыборный период, в идеальном понимании демократического режима, население становится субъектом управления, т.к. от решения электората зависит то, кто будет у власти и какую политику он должен осуществлять.

Политическая коммуникация является процессом взаимодействия политических субъектов посредством передачи, обмена, перемещения или оборота информации в ходе борьбы за власть, ее осуществления и/или удержания, во время которого его участники получают, собирают, перерабатывают, хранят, используют и распространяют политическую информацию. С ее помощью решаются задачи по координации усилий людей, передаче политического опыта и управленческих директив, осуществляется политическая социализация и адаптация. В попытке каталогизировать психоэмоциональные инструменты, Р.-Ж. Шварценберг описывал политическую коммуникацию как процесс передачи политической информации, благодаря чему она перемещается между политической системой и социальной системой, от одной части политической системы к другой, в ходе которого происходит непрерывный процесс обмена информацией между индивидами и группами на всех уровнях [11].

Напротив, по предположению Ф.И. Шаркова, в ситуации генерации проектной или персональной политической успешности, коммуникация позволяет передавать три типа политических сообщений, во-первых, побудительные, такие как убеждение, приказ; во-вторых, информативные, которые могут быть как реальными так и вымышленными сведениями; в-третьих, связанные с установлением и поддержанием непосредственного контакта между политическими субъектами, т.е. фактические сведения [10, с. 120].

К компетентным вариациям личностного воздействия на медийного реципиента причисляют также асиндетон (комментирование изображения политика, находящегося рядом с объектами, к которым потребитель относится заведомо или этически однозначно положительно, либо на фоне популярных объектов, известных и интересных массам). Использование этого инструмента сегодня всеобъемлюще и сопряжено с отражением деятельности и личной жизни политиков в социальных сетях, фиксируется оно в стандартных подписях / комментариях к фотографиям в печатных СМИ.

Политологи, как правило, различают два вида политической коммуникации: «горизонтальный», предполагающий обмен информацией между относительно рядом расположенными акторами или институциональными компонентами, и «вертикальный», включающий в себя отношения внутри макрополитической структуры



между различными иерархическими уровнями, например, это происходит в случае требований различных групп электората к правительству, путем декларации политических партий по поводу корректировки курса социальной политики [10, с. 121]. В процессе предвыборных дебатов происходит смешение этих двух видов, так как, с одной стороны, коммуникация осуществляется между двумя политическими лидерами, находящимися на горизонтальном уровне, с другой же стороны, конечным потребителем политической информации и объектом воздействия являются избиратели.

Анализ схемы позволяет доказать нашу гипотезу на следующих основаниях: Г. Лассуэлл в своей работе «Структура и функция коммуникации в обществе» продемонстрировал схему коммуникации, согласно которой можно осуществлять желаемое воздействие на объект политического управления. Для функционирования политической коммуникации, по данной схеме, необходимы субъект управления, контент информации, средство или канал массовой коммуникации, объект воздействия или целевая аудитория, а также цель коммуникации. Таким образом, по Г. Лассуэлу, политическая коммуникация является иницируемым субъектом управления процессом, в ходе которого субъект управления стремится оказать воздействие на целевую аудиторию, основной формой которого в сфере политики является пропаганда, т.е. процесс управления помощи манипуляции значимыми символами коллективными предпочтениями [16].

Во-вторых, возможно рассмотрение политической системы в рамках информационно-кибернетического подхода, что позволяет определить ее как информационно-коммуникативную систему. По мнению западных ученых, правительство как субъект путем регулирования коммуникативных взаимодействий и информационных потоков между политической системой и средой мобилизует саму систему. К. Дойч классифицировал типы коммуникаций в политической системе и выделил личные, неформальные взаимодействия, примером которых является непосредственный контакт в непринужденной обстановке кандидата в представительные органы власти с избирателем; коммуникации через организации, определяющим признаком которых является посредничество партий, общественных организаций или групп давления при взаимодействии с правительством; и, наконец, коммуникации через печатные или электронные СМИ, значение и влияние которых постоянно возрастает в постиндустриальном обществе [14].

Необходимо отметить, что в предвыборный период достаточно сложно четко разделить данные типы политической коммуникации, т.к. личные неформальные встречи с избирателями имеют целью не взаимодействие с конкретным избирателем, а использование данного факта как способа воздействия всю аудиторию и привлечение избирателей. В данном случае распространение информации избирателям о данном событии происходит посредством использования СМИ, выступающими не только в качестве канала коммуникации, но и акторами, зачастую искажающими передаваемое сообщение с целью реализации как собственных, так и интересов других политических лидеров.

Х.-А. Иннисе, автор многих работ по теории коммуникации, полагал, что именно средства коммуникации не только определяют тип общественного устройства, но и способны создавать определенные социально-политические эффекты [15]. Находящийся у власти субъект контролирует и средства массовой коммуникации, следовательно, можно судить о политике государства по типу средств массовой коммуникации. В свою очередь, Р. Перлофф трактует современную политическую коммуникацию как процесс, в ходе которого политические лидеры, медиа и граждане не только выражают собственное мнение, но и обсуждают касающиеся проведения государственной политики сообщения [17].

В избирательных кампаниях актуального периода (2017–2018 гг.) уже не пропедевтически, а динамично используются новые политтехнологические тренды, что позволяет нам предположить, что политическая коммуникация это не только обмен сообщениями, но и их интерпретация, соответственно политические лидеры, граждане и СМИ зачастую интерпретируют данные сообщения в зависимости от их собственных интересов, от того, какую роль они играют в политической системе, их социальной позиции и т.п. В связи с этим возникает проблема определения степени возможного влияния политических лидеров на изложение прессой и восприятие гражданами происходящих событий, учитывая тот факт, что средства массовой информации могут быть ангажированы иными субъектами политики, находящимися как внутри государства, так и за его пределами, а рядовой избиратель получает интерпретацию политических событий из электронных средств информации с огромным количеством источников, в том числе и лидеров мнений.

Коммуникативные методы опираются на ценностный и смысловой транзит в сознание населения управленческого воздействия посредством применения, в первую очередь, технологий убеждающей коммуни-



кации с целью изменения политических ценностей и практик поведения. Технологии убеждающей коммуникации включают в себя методы манипуляции и пропаганды, использование архетипов, создание определенных образов реальности с целью формирования необходимых представлений о социально-политической реальности, ценностно-смысловых пространств и поведенческих моделей участников. Таким образом, коммуникационное воздействие на объект управления позволяет не только достигать необходимым властному субъекту целей, но и управлять постановкой целей извне, т.е. формирует у населения именно те потребности и проблемы, которые необходимы самому управляющему, а также решение этих проблем теми способами, которые изначально уже предполагались управляющим. И, на наш взгляд, чем ниже уровень политической культуры электората, тем иллюзорнее тот выбор, который он осуществляет в процессе выборов.

Идеальной целью политической коммуникации является обнаружение истины. Политические дебаты являются также формой коммуникативного состязательного взаимодействия участников с образованием своего состязательного пространства и реализацией процесса межличностного познания, рефлексии, децентрации, эмпатии, идентификации и решения проблем [5, с. 4]. Движущей силой коммуникативного процесса политических дебатов является поиск и сближение противоположных позиций посредством привлечения оппонента к собственным политическим установкам, а также укрепление посредством подобных действий своей позиции в целевой аудитории [5, с. 5]. В данном случае политические дебаты позволяют наиболее продуктивным способом обеспечить доминирование над противоположной стороной.

Политические дебаты отличны от дискуссий в других сферах тем, что в них зачастую присутствует эмоциональное выражение возмущения по отношению к позиции, действиям, словам оппонентов, что дает возможность политику успешно повышать свой рейтинг за счет позиционирования себя как борца за справедливость, благодетеля и защитника обездоленных. К.С. Цибизов указывает, что интенциональная направленность политического дискурса предполагает самопрезентацию как необходимое условие достижения целей политика [9, с. 178-179]. Стратегия самопрезентации в политической коммуникации приобретает ярко выраженный агитационный, апологизированный характер, поскольку на первом месте для политического деятеля находится завоевание голосов избирателей путем формирования позитивного имиджа. То есть происходит смещение цели дебатов в их классическом выражении с поиска истины на привлечение электората.

В процессе политических дебатов происходит передача информационных единиц, обмен коммуникативными знаками, выстраивание логической структуры сообщения, а также выбор аргументов для поддержки идеи, ее возможного развития, присваивания, критики или отвержения. Как форма состязательной интеракции политические дебаты характеризуются тем, что определяющей и направляющей силой в них является самопрезентация посредством создания позитивного имиджа, использование аргументации и построения различных тактик и стратегий поведения в них.

Самопрезентация или самопозиционирование является неотъемлемой частью политических дебатов и трактуется как демонстративное поведение, направленное на достижение конкретных целей. Среди факторов, характеризующий данный тип деятельности, Е.А. Соколова-Бауш выделила мотив власти, привлечения внимания к своей персоне, потребности признания, одобрения, уважения, а также стремление к превосходству и др. [6, с. 15].

**Результаты исследования.** Подвергая анализу нынешний рынок политической рекламы и методологию эволюционирования связей с общественностью, согласимся с Е. В. Соловьевой, что наиболее часто используемой тактикой самопрезентации среди политических лидеров является дискредитация оппонента, порицание чужих позиции/действий, подрыв его авторитета путем обнаружения и обнародования негативных фактов [7, с. 67]. Речь идет не об обнаружении истины, а о повышении собственного рейтинга, о формировании нужной реакции зрителей посредством публичности речевых действий.

Коммуникативная интенция логически порождает коммуникативные процессы, что позволяет западным исследователям сделать вывод о том, что политический дискурс необходимо рассматривать в двух плоскостях: реальной и виртуальной. Если в реальной под ним понимается текст в конкретной ситуации политической коммуникации, то в виртуальной плоскости он включает в себя вербальные и невербальные знаки, используемые политическими деятелями [13, с. 25]. Реальная плоскость политического дискурса является информативным пластом, в то время как виртуальная – воздействующим, что приводит к созданию политическим дискурсом языковой действительности, направленной на формирование определенного общественного мнения. Наиболее ярко это проявляется именно в процессе предвыборных дебатов, причем необходимо отметить, что в

этот период виртуальная плоскость превалирует над реальной, т.к. целью политических оппонентов является не только и не столько передача некоей информации друг другу, сколько удержание внимания своего электората, привлечение новых избирателей, а также захват и перетягивание на свою сторону аудитории оппонента. Сама же политическая коммуникация является неотъемлемой частью общих массово-коммуникационных взаимодействий.

**Заключение.** Таким образом, происшедшие в XXI в. события заставляют переосмыслить прежнее понимание политической стабильности и конфигурации обеспечивающих ее факторов [4]. Релевантные сведения позволяют политтехнологам правильно подбирать способы передачи сообщения, а также отслеживать, в какой степени предлагаемые технологии результативны. Однако реальным получателем информации во время дебатов выступает не оппонент, а аудитория, изменение мнения которой и является целью оппонентов. Конечной целью участника дебатов является не поиск истины, не выявление позиций оппонента и трансформация его взглядов, не перетягивание его на свою сторону, не убеждение его в своей правоте. Анализируя фактические данные, можно получить четкие представления о тенденции использования коммуникативных методов политического «имиджетворения». Изучая современный рынок политической рекламы, приходишь к пониманию разветвленной сети стратегий-апологетов, когда политическая коммуникация выступает лишь в качестве средств завоевания аудитории, которая как раз и выступает конечным получателем политической информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боташева А. К., Данилова Е. С. Векторы развития и социокультурные факторы информационной политики в условиях политических рисков национальной безопасности // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2015. № 2. С. 351-354.
2. Бурдые П. Социология политики: Пер. с фр. / Сост., общ. ред. и предисл. Н.А.Шматко. М.: SocioLogos, 1993. 336 с.
3. Володенков С. В. Политическое управление как процесс информационно-коммуникационного регулирования современных общественных отношений // Вестник РУДН. Серия: политология. 2017. Т. 19. № 3. С. 279-289.
4. Данилова Е. С., Боташева А. К. Политической стабильность: параметры, коннотации, конфигурация обеспечивающих факторов // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2015. № 2. С. 358-362.
5. Пермяков О. Н. Психологические условия повышения эффективности участия в политических дебатах: автореф. дис. ... канд. псих. наук: 19.00.13. Тамбов, 2004. 25 с.
6. Соколова-Бауш Е. А. Самопрезентация как фактор формирования впечатления о коммуникаторе и реципиенте: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.05. М., 1999. 123 с.
7. Соловьева Е. В. Речевой акт возмущения как средство самопрезентации в политическом дискурсе (на примере текстов дебатов в Бундестаге) // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2012. № 150. С. 65-70.
8. Хабермас Ю. Философский спор вокруг идеи демократии (Лекция вторая) // Хабермас Ю. Демократия. Разум. Нравственность. М., 1995. 252 с.
9. Цибилов К. С. Самопрезентация языковой личности в немецком молодежном чат-дискурсе: собственно молодежное и национально-специфическое: дис. ... канд. филол. наук. Саратов, 2009. 225 с.
10. Шарков Ф.И. Управление политическими коммуникациями путем сегментации политического рынка и позиционирования политических субъектов // Коммуникология. 2014. Т. 5. № 3. С. 119-128.
11. Шварценберг Р.-Ж. Политическая социология: В 3 ч. М., 1992. 180 с.
12. Шейгал Е. И. Семиотика политического дискурса: дис. ... д-ра филол. наук: 10.02.01 10.02.19. Волгоград, 2000. 431 с.
13. Campbell, A., Converse, P. E., Miller, W. E. & Stokes, D. E. The American Voter. New York: Willey, 1960. 230 p.
14. Deutsch K. The Nerves of Government: Models of Political Communication and Control. N.Y., 1966.
15. Innis H. Empire and communications. Toronto: University of Toronto Press, 2007. 158 p.
16. Lasswell H. D. The structure and function of communication in society // The Communication of Ideas / Ed. by L. Bryson. N. Y., 1948.
17. Perloff R. M. Political communication: politics, press, and public in America. Mahwah, NJ, 1998.

#### REFERENCES

1. Botasheva A. K., Danilova E. S. Vektory razvitiya i sociokul'turnye faktory informacionnoj politiki v usloviyah politicheskikh riskov nacional'noj bezopasnosti // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. 2015. № 2. S. 351-354.

2. Burd'e P. Sociologiya politiki: Per. s fr. / Sost., obshch. red. i predisl. N.A.SHmatko. M.: SocioLogos, 1993. 336 s.
3. Volodenkov S. V. Politicheskoe upravlenie kak process informacionno-kommunikacionnogo regulirovaniya sovremennyh obshchestvennyh otnoshenij // Vestnik RUDN. Seriya: politologiya. 2017. T. 19. № 3. S. 279-289.
4. Danilova E. S., Botasheva A. K. Politicheskoy stabil'nost': parametry, konnotacii, konfiguraciya obespechivayushchih faktorov // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. 2015. № 2. S. 358-362.
5. Permyakov O. N. Psihologicheskie usloviya povysheniya ehffektivnosti uchastiya v politicheskikh debatah: avtoref. dis. ... kand. psih. nauk: 19.00.13. Tambov, 2004. 25 s.
6. Sokolova-Baush E. A. Samoprezentaciya kak faktor formirovaniya vpechatleniya o kommunikatore i recipiente: dis. ... kand. psihol. nauk: 19.00.05. M., 1999. 123 s.
7. Solov'eva E. V. Rechevoj akt vozmushcheniya kak sredstvo samoprezentacii v politicheskom diskurse (na primere tekstov debatov v Bundestage) // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gercena. 2012. № 150. S. 65-70.
8. Habermas Yu. Filosofskij spor vokrug idei demokratii (Lekciya vtoraya) // Habermas YU. Demokratiya. Razum. Nравstvennost'. M., 1995. 252 s.
9. Cibizov K. S. Samoprezentaciya yazykovej lichnosti v nemeckom molodezhnom chat-diskurse: sobstvenno molodezhnoe i nacional'no-specificheskoe: dis. ... kand. filol. nauk. Saratov, 2009. 225 s.
10. SHarkov F. I. Upravlenie politicheskimi kommunikacijami putem segmentacii politicheskogo rynka i pozicionirovaniya politicheskikh sub'ektov // Kommunikologiya. 2014. T. 5. № 3. S. 119-128.
11. SHvarcenberg R.-Zh. Politicheskaya sociologiya: V 3 ch. M., 1992. 180 s.
12. SHEjgal E. I. Semiotika politicheskogo diskursa: dis. ... d-ra filol. nauk: 10.02.01 10.02.19. Volgograd, 2000. 431 s.

#### ОБ АВТОРАХ

**Боташева Асият Казиевна**, доктор политических наук, доцент, профессор кафедры конфликтологии, связей с общественностью и журналистики Пятигорского государственного университета; тел.: 89614833806; E-mail: ab-ww@mail.ru

Botasheva Asiyat Kazievna, Doctor of Political Sciences, Associate Professor, Professor, Department of conflictology, public relations and journalism, Pyatigorsk state University; Phone: 89614833806; E-mail: ab-ww@mail.ru

**Миллер Ирина Сергеевна**, кандидат политических наук, доцент кафедры конфликтологии, связей с общественностью и журналистики Пятигорского государственного университета; тел.: 89280069236; E-mail: is@millersi

Miller Irina Sergejevna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor of the Department of conflictology, public relations and journalism, Pyatigorsk state University; tel.: 89280069236; E-mail: is@millersi

Дата поступления в редакцию 11.11.2018

Г. В. Волгушев [G. V. Volgushev]

УДК 32.00

DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-206-211

**СТАНОВЛЕНИЕ НОВЫХ НЕФОРМАЛЬНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРАКТИК РАДИКАЛЬНЫХ ИСЛАМИСТОВ**

THE FORMATION OF A NEW INFORMAL POLITICAL PRACTICES OF ISLAMIC RADICALS

Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия,  
г. Черкесск, Карачево-Черкесская республика, Россия, e-mail: ab-ww@mail.ru

**Аннотация.** «Исламское государство» или «Исламское государства Ирака и Леванта» (ИГ или ИГИЛ), закат которого был приближен силами российских вооруженных сил в 2017 году, в течение трех лет существования продемонстрировал становление неформальных политических практик радикальных исламистов, которые ранее не практиковались исламистами и не были спрогнозированы научным сообществом. В итоге неформальные политические практики радикального исламизма претерпели не только количественные изменения, но качественные. Сама же сущность рассматриваемого феномена не претерпела изменений, она осталась на уровне террора, недопустимых, запрещенных законами стран и народов практик борьбы с «неверными» и светскими правительствами.

**Материалы и методы.** В качестве основной методологии в данном исследовании функционально-сравнительного анализа позволяет акцентировать внимание на общих свойствах и современных тенденциях феномена и способствует раскрытию функциональной сущности радикального исламизма и основных характеристик рассматриваемых практик.

**Результаты.** Следовательно, неформальные политические практики радикального исламизма мы отнесем к разряду иррациональных, поскольку они основаны на нелегитимности и противоречии принятым в обществе законам и правилам. Речь идет об иррациональной политической активности субъектов политики, отрицающих авторитет власти с целью продвижения интересов отдельных групп или организаций, когда общество не принимает методы декларируемой «борьбы».

**Заключение.** Научное и общественное внимание позволяет рассмотреть все аспекты данной проблемы, поскольку это политические практики, полагаясь на которые радикальные организации добиваются трансформации политического процесса на разных уровнях и разных масштабах.

**Ключевые слова:** радикальный исламизм, неформальные политические практики радикального исламизма, экстремизм, терроризм.

Abstract. "Islamic state" (IG or ISIL), the decline of which was approached by the forces of the Russian army in 2017, within three years of its existence demonstrated the formation of informal political practices of radical Islamists, which were not previously practiced by Islamists and were not predicted by the scientific community. As a result, the informal political practices of radical Islamism have undergone not only quantitative but qualitative changes. The very same essence of the phenomenon under consideration has not changed, it has remained at the level of terror, unacceptable practices prohibited by the laws of countries and peoples to combat "infidels" and secular governments.

Materials and methods. As the main methodology in this study of functional-comparative analysis allows to focus on the General properties and current trends of the phenomenon and contributes to the disclosure of the functional essence of radical Islamism and the main characteristics of the practices.

Results. Therefore, we will classify the informal political practices of radical Islamism as irrational, since they are based on illegitimacy and contradiction to the laws and rules adopted in society. We are talking about the irrational political activity of political actors who deny the authority of the authorities in order to promote the interests of individual groups or organizations, when society does not accept the methods of the declared "struggle".

Conclusion. Scientific and public attention allows us to consider all aspects of this problem, because these are political practices, relying on which radical organizations are seeking to transform the political process at different levels and on different scales.

Key words: radical Islamism, informal political practices of radical Islamism, extremism, terrorism.

**Введение.** Проблема борьбы с терроризмом встает особенно остро в современном обществе рисков и угроз. Как пишут исследователи, необходимы новые комплексные меры, адекватные современным тенденциям развития неформальных политических практик радикального исламизма [1, 70]. Предупредительное воздействие на идеологию религиозного терроризма следует реализовывать, принимая во внимание тот факт, что все без исключения религии отрицают элементы террористической идеологии, хотя непосредственно объединены с

национально-культурными особенностями конкретных народов. Следует понять, что негативная социально-экономическая обстановка содействует проявлению отрицательных сторон вероучений, и наоборот [17, 350].

**Методы анализа.** Предполагаем, что выбор в качестве основной методологии в данном исследовании функционально-сравнительного анализа позволит акцентировать внимание на общих свойствах и современных тенденциях феномена, будет способствовать раскрытию функциональной сущности радикального исламизма и основных характеристик рассматриваемых практик. Следуя принципу Ю. В. Ирхина «эмпирической проверяемости и объективности» [6, 5–20], ориентиром для которого служат конкретные политические события, перечислим ряд новых неформальных политических практик радикального исламизма.

**Основная часть исследования.** Рассмотрим ряд неформальных политических практик радикальных исламистов:

- практика построения квази-государства с жесткой вертикалью власти и строжайшей дисциплиной, которая соответствует положению военного времени. (Немотивированная жестокость руководства уничтожает все виды совещательности и несанкционированной инициативы. Так же, как и в военное время, допускается немотивированная жестокость низового уровня в отношении пленных, захваченного населения, грабежа и захвата военных трофеев). В то же время исследователи часто склонны крайне узко рассматривать данную проблему, относя к методам государственного терроризма только поддержку террористических организаций [2, 410].

- практика построения финансово самостоятельной и корпоративной военной организации. Речь идет о принципах построения организации, где боевики связаны с руководством посредством общего террора; где религиозные воззвания подкрепляются для сторонников осязаемыми земными благами. Это могут быть невольничьи рынки наложниц, мародерство, финансовые премии и т.д.;

- практика тотального насилия с элементами круговой поруки, основанные на фанатизме, выраженном формулой «кто против наших порядков – тот неверный, следовательно, его жизнь и имущество в наших руках»,

- практика отсутствия политических уступок, полутонов, только «шариат и халифат здесь и сейчас [9];

- практика террора над населением, несогласным с нововведениями шариата в средневековом варианте. Так, по свидетельствам очевидцев, их «как стадо силком загоняли на пятикратную молитву в мечети», «уклоняющимся не сдобровать, страшно вспомнить, что им грозит»; «по улицам городов шныряют отряды нравственной полиции – «хисбы» и женского подразделения блюстительниц порядка – «хаснаа», которые могут арестовать мужчину, если увидят, что он переговаривается с женщиной на улице или бьют бамбуковой палкой женщин по спине на улице, увидев, что «она приподняла покрывало, чтобы поближе рассмотреть товар, который покупает» [14] и т.д.

Подобные политические практики не могли не вызвать волну миграции из ряда стран, где были не согласны с нововведениями. Тем не менее, ИГИЛ удалось поставить под контроль две трети территории Сирии и территорию Ирака к северу и западу от Багдада в 2015 году. Учитывая, что только за год общее количество террористических атак со стороны радикальных исламистов выросло на 35 %, действия политического руководства многих стран, в том числе и Российской Федерации, в 2015–2016 годах были посвящены борьбе с ИГИЛ, с участием вооруженных сил.

Вызывает настороженность тот факт, что ряды ИГИЛ добровольно пополнились 25 тысячами человек более чем из ста стран мира только за первые полгода 2015 года. Выраженная религиозная направленность радикалов, прикрывающихся знаменем ислама, привела к тому, что служить ИГИЛ отправляются молодые люди, которых нельзя было заподозрить в преданности боевикам. В частности, специалист высокого уровня, глава таджикской антитеррористической программы, проходивший стажировку в США, покинул свой пост и добровольно примкнул к Исламскому государству.

К следующей неформальной политической практике радикального исламизма отнесем усилившуюся вербовку в террористические организации, так как вполне очевидно, что процесс становления радикальной религиозной ориентации адептов предшествует успешный процесс вербовки. Система вербовки – весьма значимая область исследования, глубокая по сути и содержанию, поэтому в целях нашего исследования ограничимся краткой схемой вербовки, обозначенной А. Хаминским, руководителем НДЦ клинической психиатрии, который правомерно считает, что процесс вербовки проходит по системе ДИСКО (деньги, идеология, секс, компрометирующие материалы) [7].

Неформальной политической практикой радикального исламизма, на которой хотелось бы заострить внимание, является усилившаяся практика отсутствия политических уступок. Ранее радикальные группировки периодически вступали в коалиционные отношения с представителями других идеологических взглядов, вплоть до союзничества в определенные моменты с умеренными исламистами, суфиями и даже светскими либеральными группами. Например, наиболее отличающаяся в ряду остальных непримиримыми взглядами, «Джабхат ан-Нусра» («Нусра», отделение «Аль-Каиды» в Сирии), периодически входила в союзнические отношения с суфиями, светскими демократическими группировками, к которым мы можем отнести, например, «Свободную Армию», и с умеренными исламистами из организации «Братья-мусульмане». Отныне любые союзнические отношения со стороны ИГИЛ были объявлены вероотступничеством. В соответствии с данной политической позицией радикальные исламисты нового квази-государства объявили войну всем исламистским группировкам, которые не согласны с ведением бескомпромиссной войны без коалиций и каких-либо договоренностей с противником.

На контролируемых ИГИЛ территориях были установлены законы в соответствии с нормами шариата, которые запрещают под страхом смертной казни вероотступничество, а так же любые формы гомосексуальных отношений и супружескую измену. Курение табака и употребление алкоголя так же в понимании радикальных исламистов сурово наказуемо. В январе 2016 года в интернете распространили видео, демонстрирующее, как представители правоохранительных органов, лояльные ИГИЛ, сбрасывают иракского мужчину, обвиняемого в гомосексуализме, с крыши здания в провинции аль-Фурат [15]. Преступные политические практики группировки ИГИЛ, от поддержки которых отказалась даже «Аль-Каида», отличаются особой жестокостью: убийства политических заложников на камеру, массовые казни всех, кто причислен к политическим противникам. «ИГИЛ не является отделением движения Аль-Каида. Мы не поддерживаем с ним никаких связей и не можем нести ответственность за её действия» [16], - говорилось в заявлении руководства Аль-Каиды.

Перечисленные практики и методы построения общества, которые демонстрировало руководство ИГ на захваченной территории Сирии и Ирака, политический строй и принципы Халифата, – кардинально отличаются от демократии в сторону тотального государства и напоминают фашистский террор с той лишь разницей, что идеология фашистов строилась на нацизме, а идеология ИГ строится на религиозной почве, что навело французского политолога Тьерри Вольтона на справедливую мысль о том, что исламизм – это форма вырождения и деградации традиционного ислама. Приверженность адептов радикального исламизма к практике терроризма и тотальный контроль всех сфер жизни человека с насаждением идеологии религиозно-политического фанатизма дали возможность предположить, что радикальный исламизм стал по существу третьей тоталитарной идеологией, после фашизма и коммунизма.

Отметим следующую новейшую практику радикальных исламистов, которая находится в диапазоне террористических практик – это использование дронов-убийц в атаках на военные базы противника и мирные города, оснащенных минами, гранатами или химическими боеприпасами (впервые опробована 6 января 2018 года против российских военных) [3]. Возможную атаку дронами, оснащенными поражающими боеприпасами, военные аналитики относят к числу общемировой проблемы, так как «стая в сотни или даже тысячи маленьких, размером с воробья, аппаратов, да еще наделенных искусственным интеллектом» – способна нанести сокрушительный удар по мирному населению любого города [5].

Другой неформальной политической практикой радикального исламизма является формирование политических финансов с целью использования в политической деятельности исламистов. Термин «политические финансы», «политическое финансирование» – зонтичные термины, означающие «деньги в политике» как средства, влияющие на политические процессы [19]. Соглашаясь с исследователем, под термином политические финансы мы подразумеваем все средства, которые привлекаются и расходуются для политических целей и политических практик. Полагаем, что политические финансы радикальных исламистов обеспечивают капитализацию политических практик, требующих финансовых вложений.

Политические финансы радикального исламизма складываются из разных источников. В частности, захваченные исламистами ИГИЛ в 2014 году у официального Багдада нефтеперерабатывающий завод в Байджи и 240 квадратных километров нефтяных месторождений позволили им несколько лет торговать нефтью по демпинговым ценам. Две трети дохода уходило на выплату зарплаты боевикам, что составляло примерно \$600 млн в год [8]. Таким образом, террористы-предприниматели зарабатывали более 5 млн. долларов в день только на продаже контрабандной нефти [11]. Дополнительно отметим весьма доходный промысел, основанный на про-

даже заложников. В январе 2015 года исламисты, после казни британских и американских заложников, выкуп за которых не получили, потребовали 200 миллионов долларов за двух японских заложников. Впоследствии японцы-заложники были казнены [13]. Другие трое японцев, которых угрожали убить, «если Япония не выведет свои войска из Ирака», были спасены при содействии Комитета мусульманских улемов [4].

По аналитическим оценкам политические финансы радикального исламизма в большинстве случаев складываются из «эксов» - экспроприации различных ресурсов [12]. Но отметим весьма опасную новейшую практику радикального исламизма в обеспечении процесса политического финансирования – это использование криптовалютных операций, где присутствует полная анонимность и отсутствуют посредники, благодаря использованию блокчейнов (платформы blockchain [18]) – система которых появилась относительно недавно. Е. В. Сальников и И. Н. Сальникова справедливо указывают, что «Инновационность криптовалюты в том и заключается, что она предлагает качественно новую модель движения финансовых потоков в терроре» [18]. Использование криптовалюты упрощает задачу обеспечения капитализации преступных политических практик современного радикального исламизма, более того, можно с полным правом утверждать, что политическая практика радикального исламизма – формирование политических финансов - приобретает невиданные ранее возможности финансирования терроризма.

**Внутренние корреляции факторов.** Вышеприведенный анализ неформальных политических практик радикального исламизма в полной мере подтверждает методологическую установку, что «институционализация неформальных практик означает, что они обретают устойчивость и повторяемость в силу своего соответствия базовым ценностям группы» [10]. Действительно, становление неформальных политических практик радикального исламизма свидетельствует о том, что существуют политические акторы, коллективные или индивидуальные, бросающие вызов цивилизационным устоям современных обществ. В итоге коллективные действия радикальных исламистов трансформируют политический процесс, размывая центрирующую роль политики.

Виды неформальных политических практик радикального исламизма расширяются. С применением последних новейших неформальных политических практик радикального исламизма, таких как использование криптовалютных операций и использование дронов-убийц – опасность радикального исламизма возросла в ранее неизведанных и угрожающих масштабах.

Осознание расширения спектра неформальных политических практик основной тенденцией развития радикального исламизма позволяет выявить ряд общих характеристик, присущих политическим практикам радикального исламизма:

- отсутствие легитимного контакта с институтами власти,
- отсутствие учета общественного мнения,
- непрогнозируемость поведенческих актов,
- спонтанность или, наоборот, тщательное планирование неформальных политических практик,
- негативная результативность и т.д.

**Выводы исследования.** Перечисленные неформальные политические практики современного радикального исламизма говорят о том, что радикальные организации исламистов приобрели элементы:

- структур организованной преступности,
- сетевой террористической организации,
- радикально-революционного движения,
- транснациональной корпорации;
- теневого бизнеса,
- мафиозной сети,
- тоталитарной секты,
- тоталитарной идеологии,
- вооруженных формирований и т.д.

Следовательно, неформальные политические практики радикального исламизма мы отнесем к разряду иррациональных, поскольку они основаны на нелегитимности и противоречии принятым в обществе законам и правилам. Речь идет об иррациональной политической активности субъектов политики, отрицающих авторитет власти с целью продвижения интересов отдельных групп или организаций, когда общество не принимает методы декларируемой «борьбы». Мы можем говорить о стремлении радикальных исламистов:

- к увеличению потенциала власти,

- к максимальному влиянию на политическую власть или к ее захвату,
- к переделу ресурсов в различных сферах и т.д.

**Заключение.** Отметим, что это те события, которые не могут остаться без соответствующей политической реакции. Они должны концентрировать научное и общественное внимание и направлять его на все аспекты рассматриваемой проблемы, поскольку это политические практики, полагаясь на которые радикальные организации добиваются трансформации политического процесса на разных уровнях и разных масштабов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боташева А. К. Эскалация государственного терроризма // *Власть*. 2009. №4. С. 69-72.
2. Боташева А. К. Современный терроризм: проблемы классификации видов // *Право и политика*. 2008. № 10. С. 2311-2319.
3. В ночь на 6 января боевики в Сирии впервые массово использовали беспилотники для атаки на российские военные объекты. URL: <https://dailystorm.ru/genshtab-rasskazal-o-konstrukcii-dronov-atakavavshih-aviabazu-hmeymim>
4. В четверг в Ираке были освобождены из плена трое японских заложников. URL: <http://www.ntv.ru/novosti/43199/>
5. Города беззащитны перед атакой дронов. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2974474&tid=95994>
6. Ирхин Ю. В. Политический анализ: сущность, методология, структура, ценности и этика // *ARS ADMINISTRANDI*. 2012. № 1. С. 5-20.
7. Как террористы из ИГИЛ вербуют женщин в Интернете. URL: <https://lady.mail.ru/article/488295-kak-terroristy-iz-igil-verbujut-zhenshhin-v-internete/> (дата обращения 24.11.2015)
8. Какая зарплата у боевиков ИГИЛ – данные Financial Times. URL: <http://islamreview.ru/news/kakaa-zarplata-u-boevikov-igil-dannye-financial-times/> (дата обращения 17 декабря 2015 г.)
9. Мухаметов Р. «Исламское государство»: история, состав, идеи и практика. URL: [dagestanpost.ru...istoriya-sostav-idei-i-praktika](http://dagestanpost.ru...istoriya-sostav-idei-i-praktika)
10. Подхомутникова М. В. Неформальные политические практики в современной России: субъекты институционализации: автореф. дис. ... канд. полит. наук. Краснодар, 2010. С. 14.
11. Полуниин А. Нефтяная лавка джихада. URL: <http://svpressa.ru/war21/article/100327/>
12. Сальников Е. В., Сальникова И. Н. Криптовалюта как инновация экономики террора // *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*. 2016. Том 8. №3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/86EVN316.pdf>
13. СМИ: боевики ИГ разместили видеозапись казни японского заложника. URL: <http://ria.ru/world/-20150131/1045202557.html>
14. С берегов Евфрата на остров Лесбос. URL: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/2279484>
15. Террористы ИГИЛ сбросили обвиняемого в гомосексуализме с крыши здания. URL: <http://pandoraopen.ru/2016-01-18/siriya-igil-poslednie-novosti-18-yanvarya-2016/#1453118439>
16. Что такое ИГ? URL: [https://news.mail.ru/card/6/#card\\_2015](https://news.mail.ru/card/6/#card_2015) (дата обращения 17 декабря 2015 г.)
17. Худяков И. Ф., Боташева А. К., Миргород Д. А., Дегоев В. В. Внешняя политика США на Ближнем Востоке в контексте политической трансформации региона // *Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета*. 2013. № 4. С. 350-353.
18. Blockchain – распределенная база данных для общего пользования. URL: [http://real-investment.ru/finansovaja\\_gramotnost/blokchejn\\_blockchain\\_chno\\_ehto\\_takoe\\_prostymi\\_slovami](http://real-investment.ru/finansovaja_gramotnost/blokchejn_blockchain_chno_ehto_takoe_prostymi_slovami)
19. Heidenheimer Arnold J. Comparative Political Finance. The Financing of Party Organizations and Electoral Campaigns. Lexington MA: Heath, 1970. 195 p.

#### REFERENCES

1. Botasheva A. K. Eskalaciya gosudarstvennogo terrorizma // *Vlast'*. 2009. №4. S. 69-72.
2. Botasheva A. K. Mezhdunarodnye otnosheniya: vzaimoobuslovennost' gosudarstvennogo i mezhdunarodnogo terrorizma // *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2012. № 1. S. 408-410.
3. V noch' na 6 yanvarya boeviki v Sirii v pervye massovo ispol'zovali bespilotniki dlya ataki na rossijskie voennye ob'ekty. URL: <https://dailystorm.ru/genshtab-rasskazal-o-konstrukcii-dronov-atakavavshih-aviabazu-hmeymim>
4. V chetverg v Irake byli osvobozhdeny iz plena troe yaponskih zalozhnikov. URL: <http://www.ntv.ru/novosti/43199/>
5. Goroda bezzashchitny pered atakoj dronov. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2974474&tid=95994>
6. Irhin Yu. V. Politicheskij analiz: sushchnost', metodologiya, struktura, cennosti i ehtika // *ARS ADMINISTRANDI*. 2012. № 1. S. 5-20.
7. Kak terroristy iz IGIL verbuyut zhenshhin v Internete. URL: <https://lady.mail.ru/article/488295-kak-terroristy-iz-igil-verbujut-zhenshhin-v-internete/> (data obrashcheniya 24.11.2015)



8. Kakaya zarplata u boevikov IGIL - dannye Financial Times. URL: <http://islamreview.ru/news/kakaa-zarplata-u-boevikov-igil-dannye-financial-times/> (data obrashcheniya 17 dekabrya 2015 g.)
9. Muhametov R. «Islamskoe gosudarstvo»: istoriya, sostav, idei i praktika. URL: [dagestanpost.ru...istoriya-sostav-idei-i-praktika](http://dagestanpost.ru...istoriya-sostav-idei-i-praktika)
10. Podhomutnikova M. V. Neformal'nye politicheskie praktiki v sovremennoj Rossii: sub"ekty institucionalizacii: avtoref. dis. ... kand. polit. nauk. Krasnodar, 2010. S. 14.
11. Polunin A. Neftyanaya lavka dzhihada. URL: <http://svpressa.ru/war21/article/100327/>
12. Sal'nikov E. V., Sal'nikova I. N. Kriptovalyuta kak innovaciya ehkonomiki terrora // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE». 2016. Tom 8. №3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/86EVN316.pdf>
13. SMI: boeviki IG razmestili videozapis' kazni yaponskogo zalozhnika. URL: <http://ria.ru/world/-20150131/1045202557.html>
14. S beregov Evfrata na ostrov Lesbos. URL: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/2279484>
15. Terroristy IGIL sbrosili obvinyaemogo v gomoseksualizme s kryshi zdaniya. URL: <http://pandoraopen.ru/2016-01-18/siriya-igil-poslednie-novosti-18-yanvarya-2016/#1453118439>
16. CHto takoe IG? URL: [https://news.mail.ru/card/6/#card\\_2015](https://news.mail.ru/card/6/#card_2015) (data obrashcheniya 17 dekabrya 2015 g.)
17. Hudyakov I. F., Botasheva A. K., Mirgorod D. A., Degoev V. V. Vneshnyaya politika SSHA na Blizhnem Vostoke v kontekste politicheskoy transformacii regiona // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. 2013. № 4. S. 350-353.
18. Blockchain – raspredelennaya baza dannyh dlya obshchego pol'zovaniya. URL: [http://real-investment.ru/finansovaja\\_gramotnost/blokchejn\\_blockchain\\_chno\\_ehto\\_takoe\\_prostymi\\_slovami](http://real-investment.ru/finansovaja_gramotnost/blokchejn_blockchain_chno_ehto_takoe_prostymi_slovami)
19. Heidenheimer Arnold J. Comparative Political Finance. The Financing of Party Organizations and Electoral Campaigns. Lexington MA: Heath, 1970. 195 p.

#### ОБ АВТОРЕ

**Волгушев Григорий Владимирович**, аспирант кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии (369001, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36.; +7 (8782) 29-36-35, [kchgta@mail.ru](mailto:kchgta@mail.ru)); e-mail: [Grigorii\\_Volgush@mail.ru](mailto:Grigorii_Volgush@mail.ru)  
 Volgushev Grigory Vladimirovich, Postgraduate of the Department of philosophy and Humanities the North-Caucasus Humanities and technology state Academy (369001, Cherkessk, Stavropol str., 36.; +7 (8782) 29-36-35, [kchgta@mail.ru](mailto:kchgta@mail.ru) ); e-mail: [Grigorii\\_Volgush@mail.ru](mailto:Grigorii_Volgush@mail.ru)

Дата поступления 02.02.2019

С. А. Емельянов [S. A. Emelyanov]

УДК 551.763  
 DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-212-216

## ОПЫТ ОСМЫСЛЕНИЯ БИБЛЕЙСКОГО ПОВЕСТВОВАНИЯ О СОТВОРЕНИИ МИРА С ПОЗИЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДАННЫХ

EXPERIENCE OF UNDERSTANDING OF THE BIBLICAL NARRATIVE ABOUT THE CREATION OF THE WORLD FROM THE PERSPECTIVE OF MODERN DATA SCIENCE

ФАБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Старополь, Россия

**Аннотация.** Противоречивость современной науки проявляется особенно ярко в ситуациях, когда она выходит за пределы собственной компетенции и претендует на решение мировоззренческих вопросов, лежащих в области богословия и философии.

**Материалы и методы, результаты, обсуждение.** Философия как дисциплина, занимающаяся предельными мировоззренческими вопросами и разрабатывающая универсальный понятийный язык, может выполнять важную функцию «посредничества» между богословием и наукой. Христианство можно рассматривать как новую парадигму, в которой рождается современная наука: Библейское учение Ветхого и Нового Заветов говорит о возможности познания Бога через творение.

**Заключение.** Систематизация опыта соотношения методологии духовного и естественнонаучного познания позволяет устранить противоречия религиозного мировоззрения и научного знания с целью укрепления позиций христианских конфессий в современном государстве и социуме, для реализации миссии социального служения Русской Православной Церкви и её взаимодействия с государственными органами, способствуя стабилизации общественно-политических отношений.

**Ключевые слова:** философско-мировоззренческий диалог, богословие, естествознание, духовное и естественнонаучное познание, религиозный фактор, общественно-политические отношения.

*Abstract. The inconsistency of modern science manifests itself especially in situations when it goes beyond its own competence and claims to solve ideological issues that lie in the field of theology and philosophy.*

*Materials and methods, results, discussion. Philosophy as a discipline dealing with the ultimate philosophical issues and developing a universal conceptual language can perform an important function of "mediation" between theology and science. Christianity can be seen as a new paradigm in which modern science is born: the Biblical teaching of the old and New Testaments speaks of the possibility of knowing God through creation.*

*Conclusion. The systematization of the experience of the correlation between the methodology of spiritual and natural scientific knowledge makes it possible to eliminate the contradictions of religious worldview and scientific knowledge in order to strengthen the positions of Christian denominations in the modern state and society, to realize the mission of social service of the Russian Orthodox Church and its interaction with state bodies, contributing to the stabilization of social and political relations.*

*Key words: philosophical and philosophical dialogue, theology, natural science, spiritual and natural science knowledge, the religious factor, the socio-political relations.*

**Введение. Актуальность исследования.** Рассматривая современную политическую ситуацию в «горячих точках», таких, как Украина и Сирия, необходимо отметить нарастающую тенденцию использования религиозного фактора в политических целях, за счёт манипуляций межконфессионального уровня. Причём часто для нагнетания ситуации используются мнимые «противоречия» между традиционным богословским мировоззрением и официальной светской наукой. Используя большой опыт разработки методологии духовного и естественнонаучного познания, накопленный в научном и религиозном образовании, можно устранить существующие противоречия, тем самым способствуя стабилизации общественно-политических отношений. Большой потенциал христианских конфессий может быть использован в современном государстве и социуме, для реализации миссии социального служения Русской Православной Церкви и её взаимодействия с государственными органами, на основе формирования полноценной объективной картины мира и методологии его познания.

**Материалы и методы.** Объектом исследования является: история, методология и современное содержание богословских и естественных наук, в том числе в рамках философского дискурса.

Предметом исследования является: история, современное состояние и перспективы развития философско-мировоззренческого диалога между богословием и естествознанием.

**Методологическая и теоретическая основа исследования.** В процессе построения конкретных моделей соотношения Библейского откровения о сотворении мира и человека с современными научными данными следует помнить о том, что было бы неверным стремиться каждую деталь в библейском тексте освещать данными науки. Сама система полного «согласования» ложна в своем принципе, так как наука постоянно развивается, а священный текст остается все тем же [9]. Именно поэтому, несмотря на свое развитие, апологетическую ценность и возможное приближение к истине, все концепции согласования библейского текста и космологических научных теорий остаются лишь «моделями» или «рабочими гипотезами» [6]. Важнейшие условия, которые должны быть непременно соблюдены при построении подобных моделей, – неповрежденность догматического учения Церкви, научная и богословская компетентность.

**Целью исследования является.** Систематизация опыта методологии соотношения духовного и естественнонаучного познания в процессе осмысления Библейского повествования о сотворении Мира с позиции современных естественнонаучных данных для реализации миссии социального служения Русской Православной Церкви и её взаимодействия с государственными органами.

**Результаты.** Наука, для которой свойственны фрагментарность, незавершенность, рациональность, чувственность, критичность, является лишь одним из многих способов познания мира [9, 4]. Наука отличается от религии тем, что рациональность и опора на чувственную реальность имеют в ней большее значение, чем вера; а также в стремлении не к личностному общению и слиянию с «объектом познания», а к его теоретическому пониманию и воспроизведению [10].

Следует отметить, что вера является необходимым источником познания значительно чаще, чем обработка непосредственных эмпирических данных. Человек в несравнимо большей степени верит в любую информацию об окружающем мире, чем проверяет ее истинность, потому что удостовериться в истинности каждой информации физически невозможно. Для систематического изложения богословия важны и духовный опыт, и рациональность одновременно. Данные сферы жизни человека имеют не только «точки соприкосновения», но могут частично «перекрываться» и даже «переплетаться» [3], что дает положительный результат, при ведении взаимообогащающего диалога.

Философия как дисциплина, занимающаяся предельными мировоззренческими вопросами и разрабатывающая универсальный понятийный язык, может выполнять важную функцию «посредничества» между богословием и наукой.

Христианство можно рассматривать как новую парадигму, в которой рождается современная наука: Библейское учение Ветхого и Нового Заветов говорит о возможности познания Бога через творение. Естествознание в христианстве приобретает фундаментальную ценность, так как призывается служить уже не только насущным нуждам, но преобразению личности, указывая путь к Богу [7]. Через творение Бог обращается к человеку; в христианстве «космос... может восприниматься как живая "книга" – то есть послание Бога к человеку или среда общения Творца и «венца» Его творения. Корни современной науки лежат в христианских научных динамических концепциях, основанных на принципе «однородности всей материи», сотворенной из ничего, лишенной античных сущностных разграничений между земным, «текучим» веществом и «идеальными» телами небесных сфер [14].

Противоречивость современной науки проявляется особенно ярко в ситуациях, когда она выходит за пределы собственной компетенции и претендует на решение мировоззренческих вопросов, лежащих в области богословия и философии [7]. Вполне очевидно, что невозможно дать исчерпывающего, онтологического (сущностного) определения таких фундаментальных понятий, как начало Вселенной, материя, энергия, информация, пространство, время, жизнь, разум исключительно с позиций естествознания, игнорируя философский, богословский, эстетический и др. аспекты.

Значение понятия «чудо» может определяться религиозно-философским мировоззрением как нарушение причинно-следственной обусловленности (но не как слепая случайность!) или как явление, не вытекающее из законов природы [13]. В христианстве признание реальности чудесного берет начало непосредственно из понятия о Боге как Творце и Промыслителе мира. Накопленные факты позволяют некоторым физикам и богословам вести речь об «окне воздействия» трансцендентного Бога в тварном мире на тончайшем уровне, неразличимом наукой, поэтому любая реализовавшаяся случайность может рассматриваться как следствие прямого действия Божественного Промысла [11].

При соотнесении Библейского знания и естественнонаучных данных о происхождении Мира, мы видим, что наука и религия не противоречат в своих знаниях и открытиях, а дополняют друг друга многогранностью понятий в гармонии веры и разума.

Божественное откровение находит многие факты, устанавливающие сходство событий и подтверждающих научным обоснованием. В связи с этим, выделим общие черты в обоих подходах:

Понимание библейского дня как иной хронологической единицы, а также к самому библейскому слову «йом» (день) [1], которое в еврейском языке означает не только сутки, но и вообще некоторый ограниченный промежуток времени восходит к христианской традиции рассматривать шесть дней творения как шесть основных эпох становления мироздания [5, 2, 12].

Представление о длительных периодах творения, в противовес дням, является базисом теории эволюции, ведь при шести днях (кратких периодах) творения теория эволюции полностью рушится.

#### Основные выводы:

1. Анализируя **первый день** творения и научный подход к сотворению мира мы наблюдаем абсолютное сходство в том, что наш мир имел конкретное время своего начала. И если ученые пока не находят обоснования, что послужило тем механизмом или «толчком», который запустил образование и развитие мира, то с духовной стороны мы знаем, «Бог есть любовь» (1 Ин. 4:8), как говорит нам евангелист Иоанн и опираясь на Святоотеческие труды мы точно можем назвать причину и цель сотворения мира – Любовь. В трудах Дионисия Ареопагита говорится о том, что Божественная любовь экстатична, – это означает, что она находится вне Него. Бог сотворил мир, поскольку любовь его «разливается». Без этой проливающейся любви мир никогда не стал бы существовать. И вместо того, чтобы говорить о сотворении ex nihilo (из ничего), правильнее было бы говорить о сотворении ex amore (из любви) [8].

С духовной точки зрения в первый день творения происходит появление света и также первоматерии, как начала жизни; а с научной точки зрения – зарождение вселенной и первоматерии.

2. **Второй день** творения с духовной точки зрения повествует о разделении воды на ту, что над землей и на ней. Аналогичные этапы развития планеты выделяют и ученые в ранний Архейский период, в котором основным этапом формирования жизни планеты были: формирование гидросферы, увеличения кислорода, появление озонового слоя и климатических условий. Поэтому, можно заключить, что второй день творения и научный подход развития планеты имеют общий взгляд.

С духовной точки зрения во второй день творения происходит разделение водных масс и образование земли как места, для формирования жизни; а с научной точки зрения – формирование звезд и планет, охлаждение поверхности и формирование климатических условий.

3. Рассматривая **третий день** и развитие планеты в период Палеозоя мы снова находим общие черты в обоих подходах, где особое место имеет формирование водоемов, повышение содержания кислорода, который способствует развитию обширной растительности, т.к. вода – это не просто основной источник жизни на земле, это и есть сама биологическая жизнь.

С духовной точки зрения в третий день творения происходит отделение поверхности земли от морей и океанов, начало развития растительности; а с научной точки зрения – сокращение площадей океанов, очищение воды появление первых признаков жизни и активное развитие растительности.

4. Сравнивая **четвертый день** творения с выделением светил, для управления днем и ночью, как указывают Святые Отцы, не говорится об их отсутствии до данного момента, а поясняется более четкое проявление действия для «управления днем и ночью». Рассматривая Палеозойскую эру развития планеты, мы наблюдаем периоды, когда после сформировавшихся водоёмом и обширной растительности, травянистых лесов, покрывавших всю поверхность, начинается их гибель от проявившейся активности солнечных лучей. Происходит постепенное охлаждение планеты и формирование климатических полосов. Исходя из этого можно заключить, что духовное знание и научные исследования подтверждают факт проявления активности светил в данном периоде.

С духовной точки зрения в четвёртый день творения происходит выделение светил, для управления суточным кругом на земле; а с научной точки зрения – формируется теплый тропический климат, идёт развитие крупных растений и накопление высокой влажности, затем – начало охлаждения планеты и формирование каменноугольных залежей.

5. К **пятому дню** земля благоухала в зелени и была наполнена водами морей и рек, как повествует Писание первыми живыми существами, наполнившими её стали рыбы и птицы. В научном обосновании формирования жизни на земле также особое место выделено появлению первых живых существ, зародившихся в Мезозойской эре, когда наблюдалась эволюция морских обитателей и первых птиц. Поэтому, как видно из сравнения духовного знания и научных фактов о сотворении Мира обе стороны имеют общий взгляд на развитие данного этапа.

С духовной точки зрения в пятый день творения происходит сотворение рыб и птиц; а с научной точки зрения – экспансия позвоночных и появление первых пернатых птиц.

6. Книга Бытия повествует о том, что животные были сотворены в **шестой день**, а «венцом» его стало появление человека как царя этого мира, задачей которого было улучшаться и совершенствоваться в процессе общения с Богом. Сравнивая это утверждение с научным подходом мы находим абсолютное соотношение с этапом развития планеты в Кайнозойскую эру, в период которой происходило формирование животного мира и факты подтверждающие отсутствия эволюционного происхождения человека от обезьян, а развитие его как отдельного вида.

С духовной точки зрения в шестой день творения происходит сотворение животных и человека; а с научной точки зрения – развитие всех форм животного мира и человека.

7. В **седьмом дне** мы находим понимание, что мир имеет не только бытие, но и задание, и цель: стать богоподобным, достойным Божественной славы и блаженства. Некоторые Учителя Церкви поясняют, что высшая красота есть песнь Божественной любви, и что мир сотворен, чтобы стать такою песнью, – некоторой божественной симфонией, хвалой Богу. Но, поставленный во главе творения, человек впал в грех и, тем самым, отдал мир во власть лукавого духа. Таким образом, мир стал ареной борьбы между добром и злом. Добро, красота и истина были восстановлены крестными страданиями и смертью Господа нашего Иисуса Христа. Бог ждет теперь, чтобы человек вернулся свободно к Нему, следуя по пути Христа, в Котором восстанавливается всё истинное первоначальное назначение мира. По словам Апостола Павла “вся тварь совокупно стенает и мучится донныне... в надежде, что и она сама будет освобождена от рабства тлению в свободу славы детей Божиих” (Рим. 8, 19–22).

С духовной точки зрения в седьмом дне творения происходит грехопадение человечества и реализуется промысел Божий о спасении людей; а с научной точки зрения – развитие цивилизации в антропоцене и формирование социально-экологического и нравственно-ответственного мировоззрения для устойчивого и безопасного развития общества.

Таким образом, систематизация опыта соотношения методологии духовного и естественнонаучного познания позволяет устранить противоречия религиозного мировоззрения и научного знания с целью укрепления позиций христианских конфессий в современном государстве и социуме, для реализации миссии социального служения Русской Православной Церкви и её взаимодействия с государственными органами, способствуя стабилизации общественно-политических отношений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Библия. Книги Священного Писания Ветхого и Нового Завета. Российское библейское общество. М., 2004. 1296 с.
2. Василий, Великий свят. Беседы на Шестоднев. / Святитель Василий Великий. Издательство: Московское Подворье Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, 2001. 224 с.
3. Вернадский В. И. О научном мировоззрении / Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2008. С. 184-241.
4. Горелов А. А. Концепции современного естествознания. М.: Высшее образование, 2006. С. 27.
5. Дамаскин, Иоанн преп. Точное изложение православной веры. Глава VII. «О свете, огне, светилах, как о солнце, так о луне и звездах.» / Преподобный Иоанн Дамаскин. Издательство: Благовест, 2014. 512 с.
6. Зеньковский В., прот. Апологетика. прот. В. Зеньковский. Издательский Дом «Грааль», 2001. С. 60-61.
7. Иларион (Алфеев), митр. Богословие и светские науки. Выступление митрополита Волоколамского Илариона на открытии XI ежегодной научной конференции «Богословие и светские науки: традиционные и новые взаимосвязи» в Казанской духовной семинарии 5 ноября 2011 г. / митр. Иларион (Алфеев) / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.patriarchia.ru/db/text/1666688.html>.
8. Максим, Исповедник, преп. О различных недоумениях у святых Григория и Дионисия (Амбигвы) / преподобный Максим Исповедник. М., 2006. С. 177 (LXI (V, 58)).

9. Мумриков Олег, иерей. Концепции современного естествознания: христианско-апологетический аспект. Учебное пособие для духовных учебных заведений. Сергиев Посад; М.: Паломник, 2013. 704 с.
10. Осипов А. И. Путь разума в поисках истины. СПб.: Сатис, 2007. С. 100-146.
11. Полкинхорн Дж. Вера глазами физика: богословские заметки мыслителя «снизу – вверх». М.: Библейско-богословский институт св. ап. Андрея, 2001. С. 34-38.
12. Сирин, Ефрем преп. «Толкование на первую книгу, то есть на книгу Бытия, 1». Православная электронная библиотека PRAVMIR.RU / Преподобный Ефрем Сирин / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lib.pravmir.ru/library/readbook/1080>.
13. Чудо // Большой энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gatchina3000.ru/brockhaus-and-efron-encyclopedic-ilulionary/l14/114165.htm>.
14. Яки С. Л. Шестоднев: космогенезис, соблазн конкордизма / С. Л. Яки / Библия о творении и бытии мира / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.spbda.ru/theology/corit/six-day.php>.

#### REFERENCES

1. The Bible. Books of the Holy Scriptures of the Old and New Testaments. Russian biblical society. M., 2004. 1296 p.
2. Basil, the Great is holy. Conversations on the Six Days. / St. Basil the Great / Publisher: Moscow Compound Holy Trinity Sergius Lavra; 2001. 224 s.
3. Vernadsky V. I. On the scientific worldview / Biosphere and noosphere. M.: Iris-press, 2008. p. 184-241.
4. Gorelov A. A. Concepts of modern natural science. M.: Higher Education, 2006. P. 27.
5. Damascus, John the Prep. Exact statement of the Orthodox faith. Chapter VII "About light, fire, luminaries, how about the sun, about the moon and the stars." / Rev. John Damaskin / Publisher: Blagovest, 2014. 512 p.
6. Zenkovsky V., prot. Apologetics. M.: prot. V. Zenkovsky / Graal Publishing House, 2001. p. 60-61.
7. Hilarion (Alfeyev), Met. Theology and secular science. The speech of the Metropolitan of Volokolamsk Hilarion at the opening of the XI Annual Scientific Conference "Theology and Secular Sciences: Traditional and New Relationships" in the Kazan Theological Seminary on November 5, 2011 / Met. Hilarion (Alfeyev) / [Electronic resource]. Access mode: <http://www.patriarchia.ru/db/text/1666688.html>.
8. Maxim, the Confessor, prep. On the various perplexities among the saints Gregory and Dionysius (Ambigva). / Rev. Maxim the Confessor / M., 2006. P. 177 (LXI (V, 58)).
9. Mumrikov Oleg, priest. Concepts of modern science: a Christian-apologetic aspect. The manual for spiritual educational institutions. / Priest Oleg Mumrikov / Sergiev Posad; M.: Palomnik, 2013. 704 p.
10. Osipov A. I. The Path of Reason in Search of Truth. SPb.: Satis, 2007. P. 100-146.
11. Polkinhorn, J. Vera through the eyes of a physicist: the theological notes of the thinker "from the bottom up" / J. Polkinhorn. M.: Biblical Theological Institute of St. ap. Andrew, 2001. pp. 34-38.
12. Sirin, Efrem prep. "Interpretation of the first book, that is, of the book of Genesis, 1." Orthodox electronic library PRAVMIR.RU. / Rev. Ephraim Sirin / [Electronic resource]. Access mode: <https://lib.pravmir.ru/library/readbook/1080>.
13. The Miracle // The Brockhaus and Efron Encyclopedic Dictionary. / [Electronic resource]. Access mode: <http://gatchina3000.ru/brockhaus-and-efron-encyclopedic-ilulionary/l14/114165.htm>.
14. Yaki, S. L. Shestodnev: Cosmogogenesis, the Temptation of Concordism / S. L. Yaki / Bible on the Creation and Existence of the World. / [Electronic resource]. Access mode: <http://www.spbda.ru/theology/corit/six-day.php>.

#### ОБ АВТОРЕ

**Емельянов Сергей Александрович**, кандидат биологических наук, доктор технических наук, профессор кафедры Прикладной биотехнологии, магистр теологии. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». E-mail: [sergemelyan@mail.ru](mailto:sergemelyan@mail.ru); 8-928-810-52-81  
 Emelyanov Sergey Aleksandrovich, Doctor in Technical Sciences, Professor of the Department of Applied Biotechnology, Magister of Theology. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North Caucasus Federal University". E-mail: [sergemelyan@mail.ru](mailto:sergemelyan@mail.ru); 8-928-810-52-81

Дата поступления в редакцию 09.10.2018

И. С. Миллер [I. S. Miller]

УДК 321.7  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-217-223

## КОРРЕЛЯЦИЯ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕННОСТЕЙ И ОЦЕНКИ ПОЛИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ: В ПОИСКАХ «ПРАВИЛЬНОГО ИНДЕКСА ДЕМОКРАТИИ»

THE CORRELATION BETWEEN THE DATA OF GLOBAL VALUES SURVEYS AND THE ASSESSMENTS OF POLITICAL REGIMES: IN SEARCH OF THE «THE CORRECT INDEX OF DEMOCRACY»

ФГБУО ВО «Пятигорский государственный университет», г. Пятигорск, Россия;  
 E-mail: is@miller.si

**Аннотация.** *Статья представляет собой промежуточный результат размышлений над решением теоретической и прикладной политологической задачи, предполагающей поиск (насколько это возможно объективного) «индекса демократии».*

**Материалы и методы.** *Использован метод верифицирования корректности моделей индекса демократии и качество полученных этим методом оценок посредством привлечения глобальных исследований ценностей и практик. Анализируются корреляции как внутри моделей, так и кросс-модельные корреляции.*

**Результаты и заключения.** *Иллюстрируется возможность вывода, что культурные факторы могут задавать границы демократизации, возможной в конкретном социально-историческом контексте, и резкий выход за эти границы нежелателен.*

**Ключевые слова:** модели демократии, индекс демократии, политическая культура, ценности и практики.

*Abstract. The Article is an intermediate result of reflection on the solution of theoretical and applied political science problem, involving the search (as far as possible objective) "index of democracy".*

*Materials and methods. The method of verification of correctness of models of democracy index and quality of the estimations received by this method by means of attraction of global researches of values and practices is used. Correlations both within models and cross-model correlations are analyzed.*

*Results and conclusions. The possibility of concluding that cultural factors can set the boundaries of democratization possible in a particular socio-historical context is illustrated, and a sharp exit beyond these boundaries is undesirable.*

**Key words:** democracy models, index of democracy, political culture, values and practices.

**Введение.** Данная статья появилась как промежуточный результат размышлений над решением теоретической и прикладной политологической задачи, предполагающей поиск (насколько это возможно объективного) «индекса демократии». Несмотря на достаточно распространенное мнение, что все такие индексы и рейтинги являются нестрогими или даже «утопическими измышлениями» (в силу невозможности свести к цифре и четко измерить институты, процедуры и ценности), сравнительная политология не только ставит, но и успешно решает задачи операционализации неочевидных для измерения фактов политической жизни [4]. Однако имеются как минимум три серьезные проблемы, которые связаны с существующими межстрановыми рейтингами демократии: высокая ангажированность (очевидно, что по своей природе любой такой рейтинг может сам по себе служить политическим инструментом) – по сути, она тождественна низкому качеству методологии; методологическая непрозрачность (как вследствие сказанного выше, так и в силу ориентированности на «массового потребителя», мало интересующегося научной подоплекой демонстрируемых цифр), неполнота или «аспектность» (то есть концентрация на отдельных характеристиках или процедурах, а не на политическом режиме в целом). В разных индексах эти проблемы выражены в различной мере, но даже попытки построить «рейтинг рейтингов» здесь пока единичны и те, по признанию авторов, носят скорее публицистический характер [4].

Вместе с тем, снять значительную часть указанных проблем может помочь обращение к такому научному направлению как «глобальные исследования ценностей», которое (по своим методам и инструментам) развивалось скорее как социологическое, культурологическое, психологическое и управленческое, но не политологическое. Его функциональный генезис (ориентированность на решение прикладных задач международного менеджмента и кросс-культурной коммуникации) в определенном смысле служил страховкой от «подгонки результатов» в целях политических манипуляций, при этом по объему накопленных данных и длительности

развития исследования ценностей вполне могут конкурировать с транзитологией. Здесь есть и богатая традиция «внутренней критики» [9] (которой не избежали и «отцы-основатели», включая Г. Хофстеда [5]), и «рейтинги рейтингов» [3] (попарное и групповое сравнение конкурирующих внутри направления исследовательских методик) [4, 9]. Общим элементом и исследовательским объектом, позволяющим предиктивно утверждать о полезности синтеза, выступает политическая культура (как частный случай культуры в исследованиях ценностей и как один из системообразующих факторов политического режима в исследованиях демократического транзита).

Более того, идея заимствования эмпирических данных исследований ценностей при построении индексов демократии уже частично реализована. В явном виде это сделано, например, в Индексе демократии исследовательского подразделения журнала «The Economist» (Economist Intelligence Unit democracy index), где Всемирный обзор ценностей выступает альтернативным и предпочтительным источником данных в расчете ряда параметров не только «профильного» раздела «Демократическая политическая культура», но и других разделов («Политическое участие», «Гражданские свободы», «Деятельность правительства») [8]. Вместе с тем, нам пока не встречались исследования, ставящие своей специальной задачей рефлексию о спектре возможностей такого заимствования. В настоящей статье предпринята попытка на нескольких примерах выделить такие возможности.

В качестве источников методик и эмпирических данных выступают пока лишь два исследования из разных «лагерей»: уже ставший классикой исследования ценностей проект GLOBE (Исследование эффективности глобального лидерства и организационного поведения) [7] и упомянутый выше «Индекс демократии» журнала «The Economist». Используемые данные относятся примерно к одному периоду (2004-2006 годы), а сам выбор источников для первого приближения к постановке гипотез мог бы быть и иным, но в то же время не случаен. Проект GLOBE, при всех своих недостатках (в том числе касающихся нерепрезентативности относительно популяции в целом – в опросе принимали участие только менеджеры, относительно малой выборки стран, статичности среза), обладает одним важным достоинством, принципиальным в плане разнообразия исследовательских выводов. Так, это первое и единственное системное исследование, инструментарий которого сознательно построен на противопоставлении и раздельном анализе ценностей («как должно быть») и практик («как есть сейчас»). Сам факт и характер «разрывов» между ценностями и практиками – крайне интересный предмет, поскольку такие противоречия – и источник, и инструмент политики. Индекс демократии выбран как пионерный проект, демонстрирующий «мостики» между «культурологическим» и «политологическим» подходами и при этом в первом приближении политически не ангажированный. Кроме того, его достаточно скудная (и недостаточно содержательная) типология политических режимов, оставляет большое пространство для многочисленных уточнений даже при касательном, поверхностном взаимодействии с массивом данных GLOBE.

**Структура используемых моделей и методы анализа.** В опроснике GLOBE выделены девять групп факторов, формирующих модель культуры общества: *избегание неопределенности* (мера, в которой социум и группы полагаются на нормы и правила, чтобы избежать непредвиденных событий); *нацеленность в будущее* (мера вовлеченности индивидов в долгосрочные процессы – планирование, долгосрочное инвестирование, отложенное вознаграждение); *дистанция власти* (мера, в которой общество принимает и поощряет властные различия и статусные привилегии); *институциональный коллективизм* (степень, в которой организационные и общественные институциональные практики поощряют совместное распределение ресурсов и коллективные действия); *гуманистическая ориентация* (мера общественной поддержки практик индивидуальной честности, щедрости, альтруизма и заботы о других); *ориентированность на достижения* (мера вознаграждения коллективом членов группы за рост результативности и повышение качества деятельности); *внутригрупповой коллективизм* (степень, в которой индивиды выражают гордость от принадлежности к организациям и семьям, лояльность и сплоченность с ними), *гендерное равенство* (мера, в которой коллектив минимизирует гендерное неравенство), *напористость* (степень, в которой индивиды конфликтны, агрессивны и напористы в отношениях с другими). По каждой из этих шкал респонденты дают две группы оценок (обозначая сложившиеся в обществе практики, с одной стороны, и «идеальные модели», с другой). Оценки проводятся по каждому фактору отдельно (респондентам предлагается семибальная шкала вариантов ответов на вопросы), а некоей интегральной количественной характеристики культуры не предусмотрено.

В свою очередь, Индекс демократии «The Economist» построен на выделении пяти групп факторов: избирательный процесс и плюрализм, деятельность правительства, политическое участие, демократическая поли-



тическая культура, гражданские свободы. Полученные по каждой группе оценки (с использованием десяти-балльной шкалы) интегрируются в итоговый количественный показатель. В зависимости от его значения анализируемые страны делятся на 4 группы: «полностью демократичные», «недостаточно демократичные», «гибридные режимы» и «авторитарные режимы».

Изучение данных, полученных с применением обоих инструментов, проводилось с использованием методов статистического анализа (включая корреляционный анализ, ранжирование), активно использовалась графическая визуализация. Логика исследования предполагала предварительное рассмотрение результатов каждой из моделей, взятых изолированно (даже так они создают богатую почву для наблюдения полезных в плане дальнейшего моделирования закономерностей), на примере совпадающего перечня из шестидесяти одной культуры/государства, и их последующее сравнение. Приведем некоторые примеры таких наблюдений.

**Внутренние корреляции факторов в моделях.** Корреляционный анализ по Пирсону позволяет выявить в GLOBE ярко выраженные взаимосвязи нескольких факторов (речь идет о сильных корреляциях со значениями >0,6, значимых на уровне 0,01 – далее это специально не оговаривается). Так, на уровне практик наиболее сильно прямо связаны факторы избегания неопределенности и нацеленности в будущее (0,760), а последняя максимально коррелирует с ориентированностью на достижения (0,625). Объяснение представляется вполне тривиальным – чем сильнее регламентирована и нормирована деятельность, чем меньше неожиданностей, тем больше возможностей инвестировать в будущее; в свою очередь, сама постановка цели постоянного самосовершенствования для достижения максимальной производительности тем более органична, чем больше уверенность в том, что среда позволяет долгосрочное планирование. При этом сильная обратная корреляция (-0,601) обнаруживается между избеганием неопределенности и внутригрупповым коллективизмом. Гипотетически можно интерпретировать это так - предсказуемый и строго регламентированный «большой социум» уменьшает потребность в «ближнем круге», снижает практическую важность принадлежности к семье и другим микрогруппам и зависимость от них. Интересно, что в отличие от уровня практик, на уровне ценностей последняя корреляция хотя и имеет место, но не может считаться сильной. Здесь по сути единственной сильной (0,674) и достоверной связью может считаться первая из упомянутых.

В свою очередь, изучение внутренних взаимосвязей факторов в Индексе демократии позволяет заметить, что все они положительно коррелируют между собой. С одной стороны, это может быть маркером целостной и внутренне непротиворечивой теоретической модели, лежащей в основе индекса. С другой же, такая «монотонность» может стать и ее эвристической проблемой: почти все корреляции – очень сильные (на уровне 0,7 и более). Тем важнее обратить внимание на исключения. В обеих имеющихся более слабых связях «виновата» демократическая политическая культура (ДПК), существенно менее, чем остальные факторы, связанная с избирательным процессом и плюрализмом (ИПП) (0,367), а также с гражданскими свободами (ГС) (0,481). К такому рассогласованию могут привести несколько ситуаций. Сведем их в таблицу, предварительно разбив страновые данные на терцили, чтобы наполнить ее конкретными примерами (табл. 1). При этом с учетом крайне высокого уровня корреляции между параметрами ИПП и ГС (0,869), рассмотрим их недифференцировано (оговорившись лишь про Гонгконг с очень низким уровнем ИИП и очень высоким – ГС).

Таблица 1

Сегментация стран по уровню демократической политической культуры и наиболее слабо коррелирующих с ней факторов

	Высокий уровень ДПК	Средний уровень ДПК	Низкий уровень ДПК
Высокий уровень ИПП и ГС	-	Венгрия, Коста Рика	Бразилия, Индия, Тайвань
Средний уровень ИПП и ГС	США, Италия	-	Эквадор, Боливия, Колумбия, Мексика
Низкий уровень ИПП и ГС	Сингапур, Малайзия	Замбия, Египет, Китай, Индонезия	-

Данные полученной таблицы допускают следующую интерпретацию. В ее верхнем правом сегменте собраны случаи, когда демократические институты внедрялись на недостаточно подготовленную почву, в отсутствие веры в ценности демократии, при высоком спросе на «сильную руку» и т.п., но при этом реализация самой демократической модели находилась на достаточно высоком уровне. В левом нижнем углу – напротив, случаи, когда имеющее место низкое качество обеспечения плюрализма и гражданских свобод слишком сильно

контрастирует с желанием их приобрести – общество желает этих ценностей. При таком рассмотрении становится понятно, что речь в параметре ДПК идет именно о ценностях, а не о практиках, как во всех других факторах индекса (и по сути, это единственный заложенный в данный инструмент способ установить «ценностные разрывы» – в отличие от GLOBE, где это можно сделать по каждой шкале). Понимая этот факт и структуру вопросов, касающихся ИПП (где средние значения соответствуют ответам вида «можно, но не всем», «формально можно, а по факту нет»), нетрудно квалифицировать и группы стран, находящиеся в клетках на среднем уровне. Это в той или иной мере «имитирующие» демократии (с той разницей, что справа факты такой имитации вызывают намного меньшее общественное отторжение).

**Ценностные разрывы, консенсусы и «закон убывающей предельной полезности».** Построение двумерных графиков на основе GLOBE, на одном из которых государства были расположены по возрастанию оценки респондентами практик, а на втором – по значениям соответствующим этим практикам ценностей, позволили обнаружить, что по большинству параметров наблюдается то, что можно считать аналогом закона убывающей предельной полезности. Ниже – такой график для фактора «нацеленность в будущее» (рис. 1). Полный перечень стран, чьи порядковые номера указаны на рисунке, здесь не приводится, но там, где это необходимо, их позиции будут комментироваться. Заметим, что на данном рисунке под номером 1 закодирована Россия (с самым низким уровнем практик долгосрочного планирования), а под номером 61 – Сингапур. Построив линии тренда, можно увидеть, что в целом соблюдается такая зависимость: чем меньше практических возможностей, тем выше ценность «ориентированности в будущее»; напротив, по мере роста значений оценок «как есть сейчас» постепенно снижается и ценность таких возможностей, уменьшается разрыв между желаемым и действительным. Происходит своего рода насыщение благом.

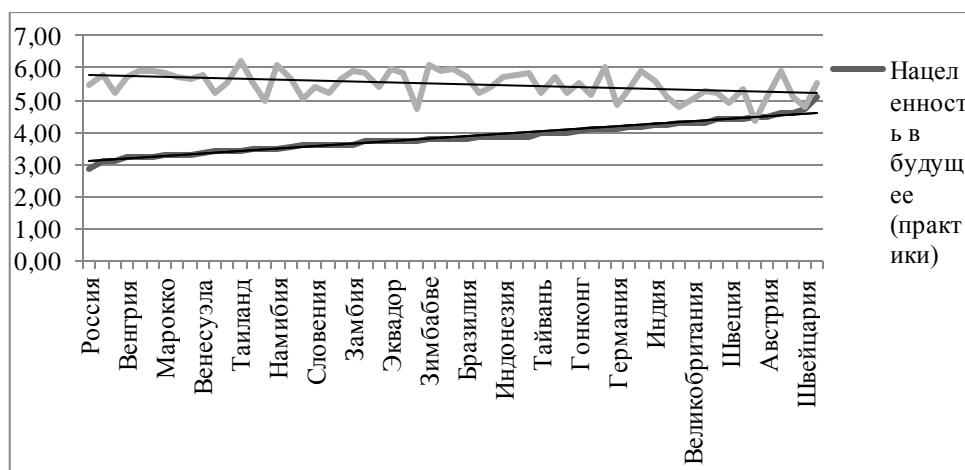


Рис. 1. Нацеленность в будущее (по данным GLOBE) – практики и ценности

Эти выводы подтверждаются и значительной отрицательной корреляцией между практиками и ценностями по всем факторам, кроме внутригруппового коллективизма и гендерного равенства. Что касается первого, то можно заметить, что культуры, где он находится на низком уровне (в основном это «страны победившей модернизации»), демонстрируют «тоску об утраченных традиционных ценностях», но при этом в обществах, где он на среднем и даже высоком уровне, наблюдается большой разброс позиций о векторе желаемых изменений. Гендерное равенство – это фактор, по которому сформирован консенсус – «все хотим больше, но без фанатизма»: здесь усредненные графики практик и ценностей пусть и не параллельны, но сходятся в очень далекой перспективе, то есть желаемые изменения в подавляющем большинстве случаев сообразны «ранее накопленным» уровням равенства (рис. 2). Кстати, минимальный ценностный разрыв (максимальная «ценностная удовлетворенность практикой»), который наблюдается в точке 60 – данные России, а единственная страна в выборке, уже выполнившая «план по равенству» (точка 43) – Катар.

Консенсус такого же вида, но с обратным знаком («все хотим меньше») наблюдается в отношении еще одного фактора – дистанции власти. При этом, хотя здесь нет вообще ни одного пересечения, эффект убывающей предельной полезности все же наблюдается: по мере уменьшения дистанции власти в практиках ее дальнейшее сокращение становится все меньшей ценностью. Что же касается наблюдаемых «высоких планок», ду-

мается, в этом случае, как и в предыдущем, можно говорить о наличии у респондентов сильных «глобально одобряемых» выборов, «правильных ответов». Вспоминая о характере выборки, предположим, что здесь влияют популярные в управленческом образовании тезисы о важности делегирования, горизонтальных структур управления, усвоенность повсеместно распространенных норм трудового законодательства, запрещающих дискриминационные практики.

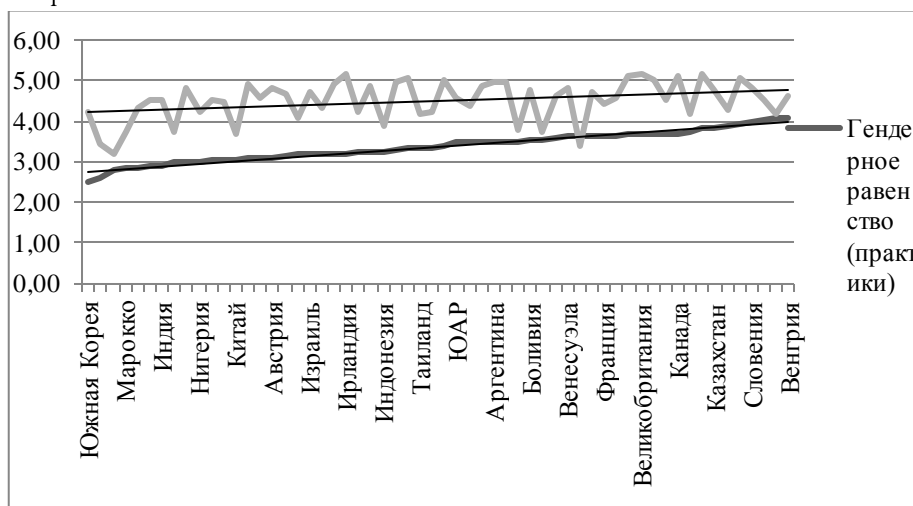


Рис. 2. Гендерное равенство (по данным GLOBE) – практики и ценности

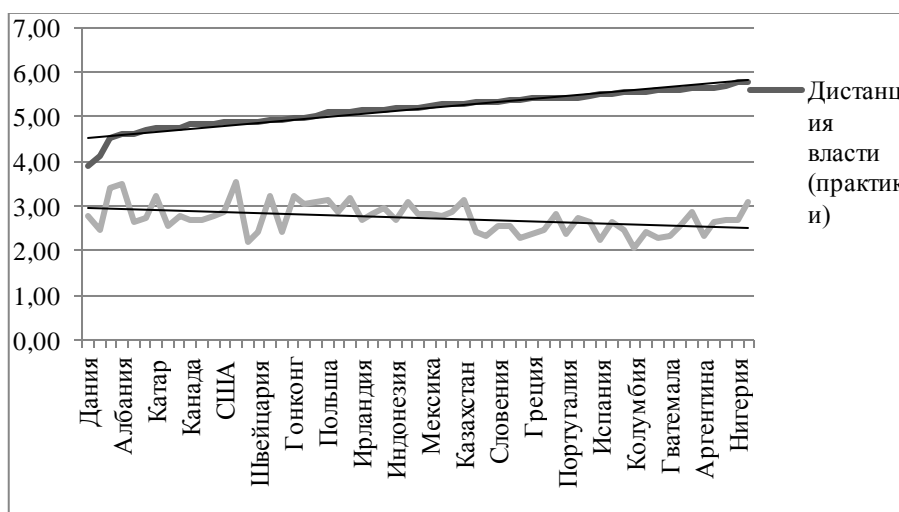


Рис. 3. Дистанция власти (по данным GLOBE) – практики и ценности

Наибольший интерес в плане дальнейших рассуждений представляет следующий график, на котором соотнесены ценностные и практические значения по показателю избегания неопределенности (рис. 4).

**Результаты.** Вынесем из него три основных наблюдения. Во-первых, обратим внимание, что здесь наряду с «недоразвитием» характеристики имеется и ее «переразвитие». Общества с высоким уровнем избегания неопределенности с радостью «обратили бы время вспять», уменьшив свойственные их социальной жизни зарегулированность и предсказуемость. По сути, это требования «Меньше порядка!», «Меньше инструкций!». Во-вторых, здесь есть небольшой «континуум довольных» и большой «континуум недовольных» по обе стороны от точки пересечения трендовых линий. Пусть это недовольство несоответствием реальной жизни ценностным ориентациям далеко не всегда приводит к практическим изменениям, но оно точно является их необходимой и важной предпосылкой. Напротив, соответствие практик ценностям подрывает мотивы к дальнейшей их трансформации. По каждому из параметров, исходя из дистанций ценностных разрывов можно, таким образом, поделить страны на «культурно-стабильные» и «культурно-конфликтные», спрогнозировав как точки потенциальных изменений, так и места, где изменения вряд ли будут востребованы. В-третьих, уточнив, какие именно

социумы оказались в числе «культурно-конфликтных» по причине максимального «переразвития практик» по параметру избегания неопределенности, обнаружим перечень, очень схожий с представленным в верхней части группы «full democracies» («полностью демократии») Индекса демократии (Швеция, Нидерланды, Швейцария и т.д.). Единичные недемократические вкрапления в эту компанию (Сингапур) не меняют картины в целом.

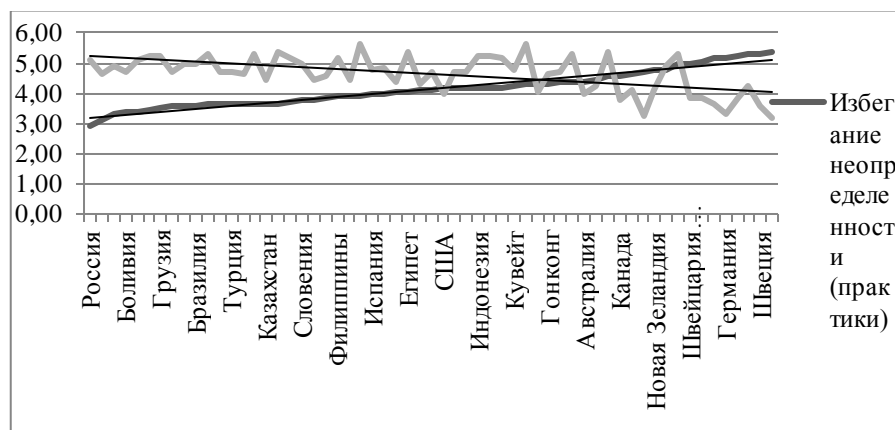


Рис. 4. Избегание неопределенности (по данным GLOBE) – практики и ценности

**Корреляции между моделями и «формула демократии».** В попытке объяснить последнее наблюдение проведем «кросс-модельный» корреляционный анализ. Это позволит обнаружить, что максимально сильная корреляция итогового рейтинга в Индексе демократичности с факторами модели GLOBE – это именно корреляция с избеганием неопределенности (-0,685). Подчеркнем – как с ценностью, а не как с практикой (с последней наблюдается несколько менее сильная положительная корреляция). Еще одна сильная «ценностная» корреляция обобщающего индекса – с фактором гендерного равенства (0,679), а единственная сильная «практическая» – с фактором внутригруппового коллективизма (-0,675). Велико искушение сформулировать тезис, больше похожий на заголовок «желтой прессы»: «Лидеры рейтинга демократизации – это социумы, изрядно уставшие от порядка и совмещающие тоску об утраченных семейных ценностях с превознесением гендерного равенства».

Возникают сомнения – верно ли «взята» в Индексе сама модель демократии? Верно ли интерпретирована? Или мы действительно наблюдаем тот самый «кризис демократии» и демонстрацию в качестве образца для подражания ущербной по многим параметрам конструкции социума, в которой его ценностное удовлетворение возможно только путем серьезной трансформации? Если последнее – предмет гораздо более широкой дискуссии, то, что касается характера интерпретации связей, отметим, что многие менее сильные корреляции, освещение которых осталось за рамками этого текста, несомненно, внесут свою лепту в окрашивание этой конструкции в более позитивные тона. Вместе с тем, пока результаты разочаровывают.

**Заключение.** Сформулируем *завершающие соображения*. Происшедшие в XXI в. события заставляют переосмыслить прежнее понимание политической стабильности и конфигурации обеспечивающих ее факторов [2]. Индексная модель могла бы измениться в лучшую сторону. Для того чтобы понять, каким именно образом, вспомним об обнаруженном в классе «full democracies» подклассе, который можно не без иронии маркировать как ««I'm full»-democracies» («пресыщенные» демократии). Если мы признаем, что подспудная и неизбежная функция любого подобного индекса – не только измерять, но и формировать стандарты, образцы для подражания, то гармоничность политического режима относительно ценностей социума не может не приниматься во внимание (то есть, «пресыщенные» не получают высшего балла). Более того, она не может приниматься во внимание только в том ключе, в каком это заложено в индекс сейчас (чем меньше демократия укоренена в политической культуре, тем хуже позиции социума в индексе, и наоборот).

Тогда следует допустить, что культурные факторы могут задавать границы демократизации, возможной в конкретном социально-историческом контексте, и резкий выход за эти границы нежелателен (причем как «вниз», так и «вверх»). Этот тезис совсем не тождествен другому: «некоторые культуры принципиально не подходят для демократии». Скорее здесь применима логика ценности поступательного развития; пользуясь терминологическим заимствованием, предложенным А. Аузаном, скачки из архаики в авангард минув модерн [1] не

более полезны для социума, чем дальнейшее пребывание в архаике. Это позволит нам принять идею, что при выходе практик «вверх» за рамки некоего порогового значения по тому или иному фактору (где пороги соотносены с «ценностными разрывами») может и должно начинаться вычитание. Не вполне ясно, как быть в ситуациях «обратного движения», когда практики стали менее демократичными, но при этом более сообразными «не успевающим» за ними ценностям? Должны ли «штрафы за откат» в этом случае быть меньшими (и если да, то насколько), чем если откат не сокращает ценностного разрыва? Эти и многие другие вопросы оставляют широкое пространство для дальнейших исследований, однако сама по себе потребность в интеграции в индексный инструментарий попарных шкал «практики-ценности» представляется все более актуальной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аузан А. Культурные факторы модернизации. URL: [http://www.intelros.ru/pdf/kulturnye\\_factory\\_modernizacii.pdf](http://www.intelros.ru/pdf/kulturnye_factory_modernizacii.pdf)
2. Данилова Е. С., Боташева А. К. Политической стабильность: параметры, коннотации, конфигурация обеспечивающих факторов // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2015. № 2. С. 358-362.
3. Латова Н., Латов Ю. Этнометрические подходы к сравнительному анализу хозяйственно-культурных ценностей // Вопросы экономики. 2008. №5. С.80-102.
4. Лебедева Н. М., Татарко А. Н. Культура как фактор общественного прогресса. М., 2009.
5. Токарев А. Рейтинги демократии: от ангажированности к науке. URL: <http://www.perspektivy.info/print.php?ID=266367>
6. Conceptualizing and measuring cultures and their consequences: a comparative review of GLOBE's and Hofstede's approaches. URL: [http://intersci.ss.uci.edu/pdf/Javidan\\_etal2006.pdf](http://intersci.ss.uci.edu/pdf/Javidan_etal2006.pdf)
7. GLOBE. URL: [https://globeproject.com/study\\_2004\\_2007](https://globeproject.com/study_2004_2007)
8. Laza Kekic. The Economist Intelligence Unit's index of democracy. URL: [https://www.economist.com/media/pdf/DEMOCRACY\\_INDEX\\_2007\\_v3.pdf](https://www.economist.com/media/pdf/DEMOCRACY_INDEX_2007_v3.pdf)
9. Ng S., Lee J. A., Soutar G. N. Are Hofstede's and Schwartz's Value Frameworks Congruent? // International Marketing Rev. 2007. Vol. 24. N. 2.
10. Taras, V., Steel, P., & Kirkman, B. L. (October 01, 2010). Negative practice-value correlations in the GLOBE data: Unexpected findings, questionnaire limitations and research directions. Journal of International Business Studies, 41, 8, 1330-1338.

#### REFERENCES

1. Auzan A. Kul'turnye factory modernizacii. URL: [http://www.intelros.ru/pdf/kulturnye\\_factory\\_modernizacii.pdf](http://www.intelros.ru/pdf/kulturnye_factory_modernizacii.pdf)
2. Danilova E. S., Botasheva A. K. Politicheskoy stabil'nost': parametry, konnotacii, konfiguraciya obespechivayushchih faktorov // Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. 2015. № 2. S. 358-362.
3. Latova N., Latov Yu. Etnometricheskie podhody k sravnitel'nomu analizu hozyajstvenno-kul'turnyh cennostej // Voprosy ehkonomiki. 2008. №5. S.80-102;
4. Lebedeva N. M., Tatarko A. N. Kul'tura kak faktor obshchestvennogo progressa. M., 2009.
5. Tokarev A. Rejtingi demokratii: ot angazhировannosti k nauke. URL: <http://www.perspektivy.info/print.php?ID=266367>

#### ОБ АВТОРЕ

**Миллер Ирина Сергеевна**, кандидат политических наук, доцент кафедры конфликтологии, связей с общественностью и журналистики Пятигорского государственного университета; тел.: 89280069236; E-mail: [is@miller.si](mailto:is@miller.si)

Miller Irina Sergeevna, Candidate of Political Sciences, Associate Professor of the Department of conflictology, public relations and journalism, Pyatigorsk state University; tel.: 89280069236; E-mail: [is@miller.si](mailto:is@miller.si)

Дата поступления в редакцию 01.10.2018

И. И. Болотина [I. I. Bolotina]

УДК 009  
 DOI 10.33236/2307-910X-  
 2019-25-1-224-229

**ЭТНОПОЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЩЕСТВА:  
 К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ**

ETHNOPOLITICAL SYSTEM OF SOCIETY: TO THE DEFINITION  
 OF THE CONCEPT

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия  
 email: innok1706@mail.ru

**Аннотация.** Национальные государства – форма политической организации нации в современном мире, в рамках которого образуются уникальные типы политической, социальной и экономической культуры.

**Материалы и методы, результаты.** В статье рассматривается целесообразность введения и определение категории «этнополитическая система» для анализа политических процессов с участием этнических групп. Также автором раскрываются структурные элементы этнополитической системы и принципы работы с данной исследовательской моделью. Предложена модель этнополитической системы, позволяющую через анализ функций и дисфункций её основных структурных элементов определять степень адаптивности политической системы национального государства в условиях актуализации этнического фактора. Согласно классической теории политической системы, её существование и развитие зависит от когерентности политических решений требованиям политических субъектов.

**Заключение.** Сутью модели этнополитической системы является изучение взаимодействия этнических субъектов с государственными политическими институтами по принципу «требование - решение». В случае существования данной связи можно констатировать о наличии потенциалов политической системы к адаптации. Однако нежелание этнических субъектов предъявлять требования к существующим властным структурам свидетельствует о разбалансировке политической системы национального государства, которая ведёт либо к глубоким трансформационным процессам.

**Ключевые слова:** политическая система, этническая группа, исследовательская модель анализа, этнополитическая система.

*Abstract. National States – a form of political organization of the nation in the modern world, within which unique types of political, social and economic culture are formed.*

*Materials and methods, results. The article discusses the feasibility of introducing and defining the category “ethnopolitical system” for analyzing political processes with the participation of ethnic groups. The author also reveals the structural elements of the ethnopolitical system and the principles of working with this research model. A model of the ethnopolitical system is proposed, which allows to determine the degree of adaptability of the political system of the national state in the conditions of actualization of the ethnic factor through the analysis of the functions and dysfunctions of its main structural elements. According to the classical theory of the political system, its existence and development depends on the coherence of political decisions to the requirements of political subjects.*

*Conclusion. The essence of the model of the ethnopolitical system is the study of the interaction of ethnic subjects with state political institutions on the principle of “demand - solution”. In the case of the existence of this connection it is possible to state the existence of potentials of the political system to adapt. However, the reluctance of ethnic actors to demand the existing power structures indicates an imbalance in the political system of the national state, which leads either to deep transformation processes.*

*Key words:* political system, ethnic group, research model of analysis, ethnopolitical system.

**Введение.** Национальные государства как одна из форм политической организации нации в современном виде существуют довольно длительное время. В рамках национального государства образуются уникальные типы политической, социальной и экономической культур, которые определяют специфику политических и социальных отношений, а также формы хозяйствования. Кроме того, национальное государство обеспечивает меньшинствам народам условия для сохранения их культурной самобытности и реализации социально-политических интересов.

Глобальные процессы вносят изменения в сложившиеся социально-политические и экономические отношения внутри государств, в результате чего политическая элита вынуждена искать новые идеологические концепты для дальнейшего развития национальных политических систем. В частности, распространение массовой культуры и увеличение роли транснациональных компаний в экономиках национальных государств имеют не только положительные, но и отрицательные последствия, которые привели к актуализации этнического фак-

тора в политических процессах. Это происходит вследствие того, что быстрые изменения в социокультурном, экономическом и политическом пространствах, характерные для мировых политических процессов, не отвечают природе этнических групп, которые, напротив, обеспечивают преемственность сложившегося культурного, социально-экономического и политического уклада жизни.

Стоит отметить, что мировые политические процессы сегодня отмечены явлениями, когда общемировая политическая нестабильность оказывается благоприятной средой для «восстановления исторической справедливости». Например, проведение референдума о независимости Шотландии в сентябре 2014 г. и создание автономного сообщества Каталония в октябре 2017 г. являются свидетельствами того, что этнический фактор может актуализироваться не только вследствие изменения мировой политической ситуации, но и в связи с наличием тяжелого латентного противоречия внутри самого национального государства.

Этнический фактор проявляется в современных политических процессах в двух направлениях: в стремлении граждан национального государства защитить и сохранить сложившиеся социально-политические и культурные основы своего развития (Германия, Франция, Англия); в требованиях этнических групп сохранить свою социокультурную самобытность и предоставить более широкие политические права. В сложившихся условиях политические системы национальных государств испытывают двойной кризис, порождённый её внутренними элементами (этническими субъектами) и внешней средой. В результате этого в рамках национального государства есть потребность в выработке такой национальной политики, которая позволит адаптироваться к изменяющимся мировым социально-политическим условиям и адекватно реагировать на политические требования этнических акторов.

Таким образом, этнический фактор является важной детерминантой в развитии и эволюционировании политических систем национальных государств. Учитывая всё возрастающую актуальность данной темы для анализа мировых и внутригосударственных политических процессов, существует необходимость разработки категориального аппарата для дальнейших научных изысканий в указанной области.

**Материалы и методы.** В научной литературе для описания процессов, протекающих под влиянием этнического фактора, используются рамочные конструкции, заключенные в категориях «политическая система» и «этническая система». Первая введена и подробно операционализирована классиками политической науки Д. Истоном и Г. Алмондом. По определению Д. Истома, «политические взаимодействия в обществе представляют собой систему» [5, с.152], находящуюся в определенном взаимодействии со внешней средой. Он отмечал, что система подвергается большому числу воздействий, и предложил сводить это множество к ограниченному числу индикаторов при помощи использования термина «вход», при этом термин «выход» фиксирует совокупность политических решений и действий властей.

Другая категория, применяемая для описания социально-политической активности титульных и меньшинственных этнических групп в политическом пространстве, имеет название «этническая система». Первая её трактовка видится нам довольно поверхностной: согласно данному определению, этническая система представляет собой совокупность этнических общностей, проживающих в пределах одного государства и вступающих между собой в комплекс сложных взаимоотношений [7, с. 163]. Иная интерпретация этнической системы принадлежит Л. Н. Гумилёву. Исследователь ставит знак равенства между категориями «этническая система» и «этнос», а структурными элементами здесь выступают люди: пассионарии (наиболее талантливые и целеустремлённые представители этнической группы, носители высшей миссии), субпассионарии (обделённые энергией и умениями члены социума) и гармонические люди (способные реализовать свои интересы, хорошо адаптироваться в предложенных условиях жизни, но не имеющие достаточной энергии для восприятия и претворения в жизнь великой идеи).

Существующие в политической науке категории «политическая система» и «этническая система» применимы в тех случаях, когда политическое и этническое являются для исследователя отдельными единицами анализа, но изучение сферы их пересечения предполагает гносеологическую деятельность, оперирующую иным категориальным аппаратом. Потребность в категории, способной воплотить некую модель пространства взаимодействия этнических групп в политических процессах, способствовала возникновению категории «этнополитическая система», которая введена в научный оборот исследователем Л.Л. Хопёрской. Данную категорию она трактует как совокупность «властных структур различных уровней и акторов, позиционирующих себя как этнических» [12, с. 73].

В отечественной политической науке некоторые исследователи предпринимали попытки использования категории «этнополитическая система» в научном дискурсе. Например, политологи А. Н. Асаул, М. А. Джаман и П. В. Шуканов [8, с. 7] склоняются к точке зрения, согласно которой этнополитические системы есть цивилизации как объекты пространства политического.

Перечисленные трактовки этнополитической системы имеют свои очевидные достоинства. Л. Л. Хопёрская делает акцент на структурах, которые отстаивают интересы той или иной этнической группы в поле политики. Во втором определении этнический фактор выступает в качестве отправной точки развития государства и цивилизации в целом. Однако данные интерпретации этнополитической системы имеют и некоторые недостатки. Сама идея введения новой категории принадлежит Л.Л. Хопёрской, однако в её трактовке она применима, скорее, для описания этнополитической системы региона, но не государства в целом, хотя бы по причине того, что в реальной политической практике на федеральном уровне не так много властных структур, открыто позиционирующих себя в качестве этнических, таковые имеют место быть как раз на уровне административных субъектов (франко- и англоязычные провинции Канады, Шотландия как автономный субъект Великобритании, национальные республики РФ и др.) Кроме того, этнополитическая система едва ли состоит только из неких структур, скорее, она имеет более сложное содержание.

Определение А. Н. Асаула, М. А. Джамана и П. В. Шуканова, безусловно, видится нам любопытным с точки зрения изучения значимости этнополитического фактора в политических процессах в исторической ретроспективе. Однако с точки зрения общей теории систем система обладает несколько иными характеристиками, которые важно отразить в её определении. В частности, один из разработчиков данного подхода А. Н. Аверьянов [4, с. 197] выделяет следующие характеристики системы:

- наличие системообразующих элементов;
- установление структуры как формы взаимосвязи элементов;
- определение функционала элементов и системы в целом;
- наличие цели существования системы;
- анализ законов и тенденций развития системы.

Сообразуясь с вышесказанным, для анализа современным политическим процессам с участием этнических групп предлагаем несколько иную интерпретацию категории «этнополитическая система» – это модель политологического анализа, которая включает в себя все этнические группы, проживающие в конкретном государстве; специфику взаимодействия между ними и государственными политическими институтами; потенции этнической группы при реализации своих интересов в политическом и социально-экономическом пространстве. Этнополитическая система имеет следующие компоненты:

- институциональный – институты, в рамках которых протекают этнополитические процессы;
- нормативно-регулятивный – правовые и моральные нормы, а также неформальные практики взаимодействия;
- культурно-идеологический – политическая идеология и культура, каналы и формы взаимодействия участников процесса;
- внешняя среда.

Придерживаясь указанной выше логики, опишем элементы этнополитической системы. Институциональный компонент этнополитической системы представлен совокупностью политических институтов, регулирующих различные виды деятельности актора в политике. Политические институты целесообразно рассматривать на уровне институтов государственной власти (с учётом их федеральной, региональной и субрегиональной специфики) и на уровне институтов гражданского общества.

Уровень институтов государственной власти включает в себя институты президентства и исполнительной власти, институт парламентаризма, институт судебной власти. Далее следует уровень институтов гражданского общества. Сюда входят ассоциации, союзы, некоммерческие и общественные организации, национально-культурные автономии, включающие в свой функционал отстаивание в политическом пространстве политических, социокультурных или экономических интересов соответствующей этнической группы.

Институциональный компонент немислимо рассматривать в отрыве от нормативно-правовой составляющей этнополитической системы. Правовое регулирование этнополитических отношений тесно связано с использованием власти в качестве важнейшего инструмента легального и легитимного принуждения. В демократическом государстве регулирование базируется на конституционных принципах, определяющих правовые



полномочия органов государственного управления, их институциональную иерархию, управленческий характер, предметно-отраслевые ориентиры, персонификационные параметры, системную соразмерность и сбалансированность [6, с. 83]. Нормативно-правовое регулирование осуществляется только при наличии государства как гаранта закреплённых правовых норм и означает способ осуществления государственной деятельности, направленной на реализацию органами исполнительной власти функций по оказанию населению государственных услуг в сферах экономики и культуры, социального обеспечения и здравоохранения, охраны общественного порядка, обороны страны и т.д. в соответствии с установленными административными процедурами и регламентами [11, с. 368].

Стоит отметить, что сфера деятельности этнических групп в поле политики довольно сложна с точки зрения анализа её нормативно-правовой составляющей. Среди международных правовых актов возможно отметить Всеобщую декларацию прав человека 1948 г. [1] и Европейскую конвенцию о защите прав человека и основных свобод 1950 г. [2] В данных документах установлены общие стандарты осуществления государствами политики в области прав человека, закрепляется неотъемлемость этих прав независимо от расы, национальности, вероисповедания и т.д. Впоследствии в международном праве появились документы, обеспечивающие правовое регулирование межнациональных отношений, как, например, Декларация о правах лиц, принадлежащих к национальным или этническим, религиозным или языковым меньшинствам, принятой Генеральной Ассамблеей ООН 18 декабря 1992 г. [3] В результате ратификации данного Документа получили закрепление права национальных меньшинств на развитие собственной культуры, сохранение традиций и обычаев, на пользование и обучение родному языку. В соответствии с этими нормативно-правовыми актами государства-участники обязаны создавать все условия для реализации этническими группами своих прав и, кроме того, всеми законными способами осуществлять защиту их интересов от противоправных посягательств. Кроме того, защита прав этнических групп предусмотрена положениями законодательных актов национальных государств.

Перейдём к следующему системообразующему элементу этнополитической системы – культурно-идеологическому. Большинство современных государств являются полиэтничными. Неравновесные состояния во взаимодействии между этническими группами могут приводить этнополитическую систему к разбалансированности, что потенциально является угрозой для её существования. В связи с этим современные государства ориентированы на построение политической культуры, базирующейся на принципах толерантности в межэтнических отношениях. Важно укреплять данные принципы именно на уровне этнического сознания. Это связано с тем, что сохранение сложившихся политических культур, а вместе с ней ценностных и поведенческих паттернов, возможно благодаря их межпоколенному воспроизводству. Наиболее стабильными межпоколенными единицами являются, прежде всего, этносы [9, с. 121], несмотря на кажущиеся тенденции к их ослаблению, они имеют существенное значение в процессе социализации политического актора.

Важное место в культурно-идеологическом элементе этнополитической системы занимает аспект культуры межэтнического общения. В культуре межэтнического общения, согласно А. С. Кармину, можно выделить два взаимосвязанных аспекта: внешний (ритуальный) и внутренний (социально-психологический). Первый аспект – это то, что называют «внешней культурой». Он выражается в выполнении общепринятых правил общения и этикета. Характер этих отношений образует второй, более глубокий слой культуры общения – её социально-психологический аспект, когда речь идет о «внутренней культуре» человека. Существуют некоторые общие нормы человеческих отношений, сложившиеся исторически и ставшие общепринятыми в современном обществе. Они не всегда и не всеми в действительности выполняются, но поведение в соответствии с ними считается желательным, заслуживает общественное одобрение [10, с. 89].

Культурный компонент этнополитической системы важно рассматривать в ракурсе наличия или отсутствия каналов взаимодействия между государственными структурами и этническими группами. Наиболее значимы каналы эффективного обмена информацией на местном и региональном уровнях власти, т.к. именно населённые пункты являются средой обитания этнических групп, а потому профессионализм политических лидеров здесь наиболее заметен и во многом определяет уровень доверия представителей этнических групп к власти. Зачастую подобными каналами взаимодействия власти и этнических групп выступают некоммерческие организации и общественные советы при государственных структурах. Процесс взаимодействия государственных учреждений и некоммерческих организаций в этнополитической сфере связан с урегулированием того или иного вопроса, а эффективность коммуникации в данном случае будет определяться наличием некой положительной динамики.

Последним элементом этнополитической системы выступает внешняя среда. Здесь стоит отметить, что модель этнополитической системы, предложенная в данной работе, является уникальной для каждого конкретного государства. Поэтому внешней средой для неё являются все процессы, протекающие в рамках «своего» государства и в других странах.

Как мы видим, модель этнополитической системы имеет довольно ясную структуру, но закономерным является вопрос, как она позволяет производить анализ влияния этнического фактора на изменение параметров политических систем национальных государств. Рассмотрим этот вопрос более подробно. Мы полагаем, что модель этнополитической системы позволяет производить научный анализ на трёх уровнях:

1. Первый уровень представлен изучением численного состава этнических групп в структуре населения национального государства, а также политических требований, исходящих от этнических субъектов политического процесса в адрес государственных политических институтов.

2. Анализ функциональности / дисфункциональности государственных политических институтов с точки зрения их приспособления к меняющимся социально-политическим реалиям. Согласно позиции Р. Мертона, функциями стоит считать действия, которые способствуют адаптации данной политической системы, а дисфункциями – действия, которые, соответственно, снижают приспособление [13].

3. Оценка функциональности / дисфункциональности этнических субъектов политики в меняющихся условиях. Этнические субъекты могут поддерживать существующие в национальном государстве политические институты, а могут стремиться их видоизменить или образовать собственные. В первом случае этнические акторы делегируют часть своих полномочий политическим институтам, наделяя их легитимным и легальным правом регулирования жизни социума. Во втором случае этнические субъекты намеренно снижают адаптивность политической системы, сложившейся в национальном государстве.

Иными словами, анализ второго и третьего порядка позволяют сформировать мнение относительно того, есть ли функциональный обмен между политическими институтами и этническими субъектами. В случае его нарушения политическая система испытывает кризис, который способен вывести политическую систему на новый виток своего развития, либо привести к её распаду.

**Заключение.** В данной работе мы предложили модель этнополитической системы, позволяющую через анализ функций и дисфункций её основных структурных элементов определять степень адаптивности политической системы национального государства в условиях актуализации этнического фактора. Согласно классической теории политической системы, её существование и развитие зависит от когерентности политических решений требованиям политических субъектов. Сутью модели этнополитической системы является изучение взаимодействия этнических субъектов с государственными политическими институтами по принципу «требование - решение». В случае существования данной связи можно констатировать о наличии потенциалов политической системы к адаптации. Однако нежелание этнических субъектов предъявлять требования к существующим властным структурам свидетельствует о разбалансировке политической системы национального государства, которая ведёт либо к глубоким трансформационным процессам в её структуре, либо к её окончательному разрушению.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Всеобщая декларация прав человека (принята Генеральной Ассамблеей ООН 10 декабря 1948 г.) // Нормативно-правовая база «КонсультантПлюс».
2. Конвенция о защите прав человека и основных свобод (заключена в г. Рим 04 ноября 1950 г.) // Нормативно-правовая база «КонсультантПлюс».
3. Декларация о правах лиц, принадлежащих к национальным или этническим, религиозным или языковым меньшинствам (18 декабря 1992 г.) // Нормативно-правовая база «Гарант».
4. Аверьянов А.Н. Системное познание мира. М.: Политиздат, 1985. 250 с.
5. Истон Д. Антология политической мысли: в 5 т. М.: Мысль, 1997. Т. 2. 256 с.
6. Тихомиров Ю. А. Теория компетенции. М.: Юстицинформ, 2001. 152 с.
7. Яценко Н. Э. Толковый словарь обществоведческих терминов. СПб.: Лань, 1999. 528 с.
8. Асаул А. Н., Джаман М. А., Шуканов П. В. Цивилизационные аспекты развития этнополитических систем // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 4(25). С. 5-15.
9. Кузина С. И., Федан М. А. Этническая идентичность как фактор самокатегоризации групп в политической системе России // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2012. № 3. С. 121.

10. Новикова И. А. Сущностные характеристики культуры межнационального общения // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 4(7). С. 89.
11. Тонков Е. Е. Современные проблемы правового регулирования межнациональных отношений // Научные ведомости БелГУ. Серия Философия. Социология. Право. 2012. № 8(127). Выпуск 20. С. 368.
12. Хопёрская Л. Л. Модели конфликтности этнополитической системы // Вестник российской нации. 2013. Том 6. № 6 (32). С. 67-84.
13. Р. Мертон: создание парадигмы структурного функционализма в версии теории среднего уровня. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ecsocman.hse.ru/data/337/641/1219/t15.pdf> (Р. Мертон: создание парадигмы структурного функционализма в версии теории среднего уровня).

#### REFERENCES

1. Vseobshchaya deklaratsiya prav cheloveka (prinyata General'noi Assambleei OON 10 dekabrya 1948 g.) // Normativno-pravovaya baza «Konsul'tantPlyus».
2. Konventsiya o zashchite prav cheloveka i osnovnykh svobod (zaklyuchena v g. Rim 04 noyabrya 1950 g.) // Normativno-pravovaya baza «Konsul'tantPlyus».
3. Deklaratsiya o pravakh lits, prinadlezhashchikh k natsional'nym ili etnicheskim, religioznym ili yazykovym men'shinstvam (18 dekabrya 1992 g.) // Normativno-pravovaya baza «Garant».
4. Aver'yanov A. N. Sistemnoe poznanie mira. M.: Politizdat, 1985. 250 s.
5. Iston D. Antologiya politicheskoi mysli: v 5 t. M.: Mysl', 1997. T. 2. 256 s.
6. Tikhomirov Yu. A. Teoriya kompetentsii. M.: Yustitsinform, 2001. 152 s.
7. Yatsenko N. E. Tolkovy slovar' obshchestvovedcheskikh terminov. SPb.: Lan', 1999. 528 s.
8. Asaul A. N., Dzhaman M. A., Shukanov P. V. Tsivilizatsionnye aspekty razvitiya etnopoliticheskikh sistem // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2010. № 4(25). S. 5-15.
9. Kuzina S. I., Fedan M. A. Etnicheskaya identichnost' kak faktor samokategorizatsii grupp v politicheskoi sisteme Rossii // Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS. 2012. № 3. S. 121.
10. Novikova I.A. Sushchnostnye kharakteristiki kul'tury mezhnatsional'nogo obshcheniya // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. 2007. № 4(7). S. 89.
11. Tonkov E. E. Sovremennyye problemy pravovogo regulirovaniya mezhnatsional'nykh otnoshenii // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Filosofiya. Sotsiologiya. Pravo. 2012. № 8(127). Vypusk 20. S. 368.
12. Khoperskaya L. L. Modeli konfliktnosti etnopoliticheskoi sistemy // Vestnik rossiiskoi natsii. 2013. Tom 6. № 6 (32). S. 67-84.
13. R. Merton: sozdanie paradigmy strukturnogo funktsionalizma v versii teorii srednego urovnya. [Elektronnyi resurs] – rezhim dostupa: <http://ecsocman.hse.ru/data/337/641/1219/t15.pdf> (R. Merton: sozdanie paradigmy strukturnogo funktsionalizma v versii teorii srednego urovnya).

#### ОБ АВТОРЕ

**Болотина Инна Ивановна**, ассистент кафедры социологии и политологии Тульского государственного университета, email: [innok1706@mail.ru](mailto:innok1706@mail.ru)

Bolotina Inna Ivanovna, Assistant, Department of Sociology and Political Science, Tula State University, email: [innok1706@mail.ru](mailto:innok1706@mail.ru)

Дата поступления 02.02.2019

А. К. Магомедов [A. K. Magomedov]<sup>1</sup>  
 Д. Г. Мирзаханов [D. G. Mirzakhanov]<sup>2</sup>

**МЕЖДУ ГЛОБАЛИЗАЦИЕЙ И АНТИ-ТЕРРОРОМ: ТРАНСФОРМАЦИЯ  
 ДАГЕСТАНСКОГО ИСЛАМСКОГО СООБЩЕСТВА В ПОСТСОВЕТСКИЙ  
 ПЕРИОД**

BETWEEN GLOBALIZATION AND ANTI-TERROR: TRANSFORMATION  
 OF THE DAGHESTAN ISLAMIC COMMUNITY IN THE POST-SOVIET PERIOD

УДК 322.261.7  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-230-  
 236

<sup>1</sup>Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия,

<sup>2</sup>Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, россия

**Аннотация.** *Постсоветское развитие ислама в Дагестане проходило в специфических политических условиях, нежели, например, в другой крупной мусульманской республике – Татарстане. Отличия были обусловлены особенностями развития Северного Кавказа и, самое главное, сложившейся в 1990-е годы политической обстановкой в регионе.*

**Материалы и методы.** *В статье исследуется совокупность факторов, которые определили изменение облика дагестанского ислама в постсоветский период. Авторы преодолевают застарелый стереотип, согласно которому исламо-политическая ситуация в постсоветском Дагестане оценивается как бесконечная борьба между вооружёнными салафитами (которых иначе называют "ваххабитами") и государством (в лице светских властей, силовиков и "официального" ислама). Важной особенностью трансформации мусульманской политики в постсоветском Дагестане можно подчеркнуть безоговорочную трансформацию от религиозно-политической поляризации, которая наблюдалась в 1990-е гг., к политизации ислама и усложнению региональной политики в 2000–2010 гг.*

**Результаты.** *Thus, our study proves the heuristic value and productivity of the concept "constellation of actors" used in the work, involved in the uncontrolled politicization of Islam in the Republic. Unlike another major Muslim Republic, Tatarstan, where secular political leadership (which can be conceptualized as a "dominant institution") has become a key subject politicizing religion, Dagestan has developed a multi-factor system of politicization of Islam (which can be conceptualized in the concept of "constellation of actors").*

**Заключение.** *Трансформацию от религиозно-политического противостояния к усложнению исламо-политических взаимоотношений в республике можно уместить в следующих сменяющихся друг друга этапах, которые стали отдельными процессами: 1) 2006–2010 гг. – создание вышеупомянутой "лесной темы" – мобилизация военно-полицейских и пропагандистских ресурсов для силового подавления "лесных" вооруженных формирований радикал-исламистов (2006-2010гг.); 2) 2010–2013 гг. – попытка реализации "мягкой" линии борьбы с терроризмом, которая сменила прежнюю репрессивную парадигму местной политики. Частью "мягкой стратегии" стал гражданский диалог, ключевым элементом которого стали усилия, направленные на поддержку лиц, решившим "выйти из леса" и покончить с подпольной деятельностью; 3) с 2013 г. – отказ от "мягкой стратегии" и возврат к жёстким методам борьбы с терроризмом, диктуемый необходимостью обеспечить безопасность сочинской олимпиады 2014 г. В дальнейшем жесткий курс был продолжен в связи с ростом влияния ИГИЛ в мире. 4) стабилизации элементов всех этих составляющих в "новом курсе" очередного главы Дагестана В. Васильева (с 2015 г. по настоящее время).*

**Ключевые слова:** Ислам в Дагестане, глобализация, антитеррор, поляризация ислама.

**Abstract.** *Post-Soviet development of Islam in Dagestan took place in specific political conditions than, for example, in another large Muslim Republic – Tatarstan. The differences were due to the peculiarities of the development of the North Caucasus and, most importantly, the political situation in the region in the 1990s.*

**Materials and methods.** *The article studies a combination of factors which identified the change in appearance of Dagestan Islam in post-Soviet period. The authors overcome the old stereotype, according to which Islam-Politics situation in post-Soviet Dagestan is evaluating as an endless battle between armed Salafis (who are otherwise called "Wahhabis") and state (in the face of secular authorities, security forces and "official" Islam). An important feature of the transformation of Muslim politics in post-Soviet Dagestan can emphasize the unconditional transformation from religious-political polarization which took place at 1990s to politicization of Islam and complication of regional policy at 2000–2010.*

**Conclusion.** *The transformation from the religious-political opposition to the complication of the Islamo-political relations in the Republic could be written in the following successive stages, which were separate processes: 1) 2006–2010 – the creation of the aforementioned "forest theme" – the mobilization of the military police, and advocacy resources for the violent suppression of the "forest" of*

*armed groups of radical Islamists (2006–2010); 2) 2010 to 2013 – attempt to implement "soft" lines of the fight against terrorism, which has replaced the former repressive paradigm of local politics. Part of the "soft strategy" was the civil dialogue, a key element of which was the efforts to support those who decided to "get out of the forest" and end the underground activities; 3) since 2013 – the rejection of the "soft strategy" and a return to tough methods of combating terrorism, dictated by the need to ensure the security of the Sochi Olympics in 2014. In the future, the hard course was continued due to the growing influence of ISIS in the world. 4) stabilization of elements of all these components in the "new course" of the next head of Dagestan Vladimir Vasiliev (with 2015. at the present time).*

Key words: Islam in Dagestan, globalization, anti-terror, polarization of Islam.

**Введение.** Постсоветское развитие ислама в Дагестане проходило в специфических политических условиях, нежели, например, в другой крупной мусульманской республике - Татарстане. Отличия были обусловлены особенностями развития Северного Кавказа и, самое главное, сложившейся в 1990-е годы политической обстановкой в регионе. Общество оказалось в атмосфере множественного кризиса: атмосфера болезненных социально-экономических изменений в стране дополнялась на Северном Кавказе условиями военно-силовой эскалации двух чеченских войн в сочетании со стремительной политизацией ислама<sup>1</sup>. **Цель исследования заключается в том, чтобы** выявить и проанализировать ключевые особенности трансформации дагестанского мусульманского сообщества для осмысления рисков и деструктивных последствий данного процесса. Мы исследуем факторы, которые определили изменение облика дагестанского ислама в постсоветский период и превращение борьбы с терроризмом в элемент внутренней политики республики. В основе исследования положена методология неoinституционализма, которая позволила выявить характеристики и интересы республиканских акторов, политизирующих ислам. В рамках данной методологии использование концепта "конstellация акторов" дало возможность раскрыть разрушительную роль многочисленных субъектов, вовлеченных в исламо-политическую трансформацию Дагестана. **Работа должна ответить на следующие вопросы:** Насколько глобализация локального дагестанского ислама, с одной стороны, и политика анти-террора, проводимой российским государством с 2000 по 2014гг., с другой, изменили природу постсоветского дагестанского мусульманского сообщества? Насколько продуктивной может быть использование в работе вышеуказанного концепта "конstellация акторов", втянутых в неуправляемую политизацию ислама в республике?

Вначале полезно отметить основные характеристики мусульманской трансформации в регионе. Многие исследователи, как отечественные, так и зарубежные, неоднократно подчёркивали, что Дагестан является наиболее исламизированным ареалом России<sup>2</sup>. Южный дагестанский город Дербент стал местом, куда ранний ислам пришел еще в 7–8 веках и откуда он начал распространяться по всему Северному Кавказу. Постсоветские десятилетия стали для республики периодом стремительного мусульманского развития. Следующие факты свидетельствуют о том, насколько впечатляющим было это развитие: до 80 % паломников, 2245 мечетей (более 80 % всех культовых исламских объектов в России), множество мусульманских вузов и медресе приходится на республику, где проживают лишь 7 % российских мусульман. Шафиитский характер ислама, который установился в Дагестане, а также в Чечне и Ингушетии, стал результатом ранней исламизации региона. Это давало основание многим местным религиозным и общественным активистам говорить о самобытности и локальной чистоте дагестанского ислама, принятого чуть ли не от соратников самого пророка Мухаммеда<sup>3</sup>. Однако два постсоветских десятилетия буквально изменили характер мусульманского развития, и в целом облик ислама в республике.

Здесь необходимо сделать еще одно важное замечание. На наш взгляд, для лучшего понимания проблем новейшей отечественной мусульманской трансформации большое значение имеет переоценка термина «исламское возрождение», который стал общепринятым в научной литературе. Мы считаем принципиально необходимым рассматривать данное определение как сугубо условное или метафоричное. Мы исходим из того, что современное исламское сообщество, которое сложилось за постсоветские десятилетия, мало напоминает собой

<sup>1</sup> Макаров Д. Официальный и неофициальный ислам в Дагестане. М.: ЦСиПИ, 2000.

<sup>2</sup> Малашенко А. В. Исламские ориентиры Северного Кавказа. Москва: Гендальф, 2001; Абдулагатов З. М. Северокавказский мусульманин: между законами государства и нормами ислама // Дагестанский социологический сборник. Махачкала: Алеф, 2013. С. 25–38.

<sup>3</sup> Ibragimov M.-R., Matsuzato K. Islamic Politics at the Subregional Level of Dagestan: Tarika Brotherhoods, Ethnicities, Localism and the Religious Administration // Europe-Asia Studies. 2005. No. 5. P. 753-779; Магомедов А. К., Мацузато К., Викторин В.М. Ислам и политика в современной России: "ядро" и "периферия" мусульманского пространства. Ульяновск: УлГУ, 2006. С. 23-24.

дореволюционный мусульманский образец, который должен "возродиться", согласно логике данного понятия. Можно полностью согласиться с мнением дагестанского исламоведа А. Р. Шихсаидова, который заметил, что исламские институты конца 19 – начала 20 века являются тенью от тех знаменитых мусульманских учреждений, которые сделали Дагестан центром кавказского ислама еще в 18 веке<sup>4</sup>. Аналогичный вывод был сделан известным российским историком В. О. Бобровниковым<sup>5</sup>. Это говорит о том, что на самом деле имеет место не столько «возрождение ислама», сколько появление постсоветского мусульманского сообщества как нового явления со своими особыми признаками.

\* \* \*

Первое постсоветское десятилетие характеризовалось нарастающей конфронтацией между различными частями дагестанской уммы. Во многом это было связано с тем, что в атмосфере фрагментации отечественного ислама, в российском мусульманском сообществе началось распространение салафизма, а в Дагестане были созданы влиятельные салафитские общины. Именно в этот период в Дагестане развернулась активность лидеров радикального ислама, таких как бывший в начале 1990-х главой Партии исламского возрождения Ахмедкади Ахтаев (умер в 1998 г.), идеолог строительства на Северном Кавказе исламского государства шейх Багаутдин Кебедов (находится в федеральном розыске), руководитель «Союза мусульман России» Надиршах Хачилаев (убит в 2003 г.). Драматичным продолжением данного процесса стало то, что именно в Дагестане возобладали идеи исламской социальной и политической альтернативы существующему тогда социально-политическому порядку. В республике на базе сел так называемой "кадарской зоны" (на базе сёл Кадар, Карамахи, Чабанмахи и Чанкурбе) был сформирован мощный, как было принято тогда называть, "ваххабитский джамаат". Этот анклав был объявлен лидерами джамаата "исламской территорией" (с соответствующим самоуправлением и попытками установления законов шариата), которая просуществовала до своего военного разгрома в 1999 г. В указанный период многие мусульмане Дагестана начали ставить перед властями острые социальные вопросы. Данный процесс сопровождался расколом мусульманского сообщества республики на различных уровнях: на уровне районов, джамаатов и даже населенных пунктов. Если говорить коротко и схематично, то внутримусульманская конфронтация проходила по линии противостояния агрессивного салафитского меньшинства и довольно инертного "традиционалистского" (суфийского) большинства<sup>6</sup>. Местное официальное духовенство (в лице Духовного управления мусульман Дагестана – ДУМД) в союзе со светскими властями выработали на данном этапе свой исламо-политический дискурс, в рамках которого охотно называли салафитов "террористами". Подобная характеристика была убедительна для подавляющего большинства дагестанцев. Главным образом потому, что параллельным эффектом начала второй чеченской войны в 1999–2000 гг. стал разгром вышеописанного кадарского "ваххабитского анклава", который оказался тесно связан с деятельностью печально известных чеченских полевых командиров Басаева и Хаттаба.

**Глобализация дагестанского мусульманского сообщества и усложнение исламской политики.** В 2000-е гг. начался новый поворот в развитии дагестанской исламской политики. Ключевой характеристикой данного поворота можно назвать глобализацию и интернационализацию местного мусульманского сообщества. Глобализация ислама и количественные изменения в мусульманском сообществе Дагестана (в виде увеличения количества мечетей, роста численности паломников, развития исламской инфраструктуры и т.д.) в сочетании с кризисом политических институтов и незавершенным характером постсоветской трансформации привели к тому, что Дагестан начал превращаться в один из эпицентров не только российского, но и мирового мусульманского подъема. Здесь необходимо отметить качественную характеристику описываемого поворота. Он заключался в том, что, начиная примерно с 2006 г. начал размываться и терять свою убеждающую силу официальный политический дискурс, в котором противопоставлялся так называемый "традиционный" (в смысле "хорошего" и "правильного") ислам салафитскому (в смысле "плохому" и "неправильному") исламу.

Что лежало в основе указанного поворота?

<sup>4</sup> Шихсаидов А. Ислам в Дагестане // Центральная Азия и Кавказ. Лулео, 1999. № 4. С. 110.

<sup>5</sup> Бобровников В. Археология строительства исламских традиций в дагестанском колхозе // Ab Imperio. 2004. №3. С. 564, 582.

<sup>6</sup> Акаев В. Конфликты между традиционным и нетрадиционным направлениями в исламе: причины, динамика и пути преодоления (на материалах Северного Кавказа) // Центральная Азия и Кавказ. Лулео, 2008. №2 (56). С.127-134.

Первая – интернационализация дагестанского ислама, которая выражалась в активных международных контактах дагестанских мусульман. Здесь необходимо отметить следующие факты. Подавляющее большинство российских паломников, совершающих Хадж в Мекку, являются жителями Дагестана. Так, ежегодно из республики в Саудовскую Аравию ежегодно выезжают в Хадж от 12 до 15 тысяч человек<sup>7</sup>. Между тем официальной религией королевства является учение Мухаммеда ибн Абд аль Ваххаба – то, что называют "ваххабизмом". К этому нужно добавить, что по состоянию на 2010 год более трёх тысяч дагестанцев обучалось в исламских учебных заведениях в арабских странах, несмотря на противодействие светских властей, официального духовенства и силовых структур<sup>8</sup>. По сути дела, целые армии дагестанских мусульман ежегодно имели возможность расширять свой религиозный уровень, приобщаясь к глобальным исламским знаниям и практикам.

Помимо вышеуказанных непосредственных контактов местных мусульман с зарубежными единоверцами, глобализации дагестанского ислама способствовало также то, что в современных условиях каждый желающий имеет доступ к тому, чего прежде не имели предки нынешних молодых верующих: интернет-сайты, материалы научных конференций, электронные библиотеки в разных уголках мира. Важнейшей чертой интернационализации и глобализации ислама можно считать появление сетевых форм мусульманской активности и коммуникаций, реализуемых мусульманской молодёжью в течение 2000-х гг. Как пишет А. Ярлыкапов, данная форма ислама "получила на Северном Кавказе название "нового ислама" – в противовес так называемому "старому исламу" в лице местной суфийской разновидности<sup>9</sup>. Суть столкновения локального дагестанского ислама с глобальным мусульманским миром хорошо описал в интервью махачкалинской газете "Черновик" Хаджимурад Дамадаев – молодой человек, получивший исламское образование в Сирии и поработавший в сельской мечети в горном Шамильском районе Дагестана. Драматизм ситуации, по его словам, заключался в том, что "если одни приезжали в Сирию за знаниями, то другие - чтобы найти доказательства своим убеждениям, пытались загнать океан ислама в узкий дагестанский тарикат"<sup>10</sup>. Противопоставление по линии "нового" и "старого" ислама стало одной из важнейших линий исламо-политической конфронтации в России. Глобализация ислама, сетевые формы мусульманской активности, развиваемые исламской молодёжью, и меняющийся облик дагестанского исламского сообщества, были чужды и неприемлемы для лидеров местного тарикатизма, что создавало дополнительное поле для конфликтов. Тем не менее, эти перемены, которые вели к контактам дагестанских мусульман с зарубежными единоверцами, начали подрывать вышеупомянутый доминирующий дискурс, противопоставляющий, как уже было сказано, "традиционный" (т. е. хороший) ислам "фундаменталистскому" (т. е. плохому) исламу<sup>11</sup>. А сетевая активность и сетевые практики определили продвижение новых исламских знаний в самые разные регионы и сообщества. Это был момент, когда узкий дагестанский тарикат оказался перед лицом "океана ислама". Как результат, все указанные процессы привели к интернационализации и глобализации дагестанского ислама. По мнению вице-министра правительства Дагестана по национальной политике Расула Гаджиева, высказанного им в интервью М.-Р. Ибрагимову и К. Мацузато, примерно половина участников пятничной молитвы в центральной мечети Махачкалы не практикуют традиционные дагестанские обряды. Вместо этого они используют обряды, которые усвоили во время Хаджа и других международных контактов<sup>12</sup>. В итоге мусульманское количество начало переходить в качество: произошла глобализация дагестанского ислама и изменение его облика через преодоление его локальной самобытности. Всё это привело к тому, что местных мусульман стало всё труднее убеждать в том, что ваххабизм является угрозой региональной стабильности. Активные дагестанские мусульмане, как было показано, начали понимать, что дагестанский ислам, который они воспринимали как

<sup>7</sup> Ibragimov M.-R., Matsuzato K. Contextualized Violence: Politics and Terror in Dagestan // Nationalities Papers. 2014. Vol. 42. No. 2. P. 288, 302.

<sup>8</sup> Абдулагатов З. М. Проблема умеренности в дагестанском салафизме // Дагестанский социологический сборник. Махачкала: Алеф, 2011. С. 88.

<sup>9</sup> Ярлыкапов А. Ислам и конфликт на современном Северном Кавказе // Кавказ и Глобализация. 2012. Т. 6. № 3. С. 4.

<sup>10</sup> "Бросайте вахабистов в реку... я за это отвечу". URL: <http://chernovik.net/content/religiya/brosayte-vahabistov-v-reku-ya-za-eto-otvechu>

<sup>11</sup> Сулейманова Ш. С. Политический дискурс ислама в XXI веке // Ислам в современном мире. 2015. Т. 11. № 3. С. 155-162.

<sup>12</sup> Ibragimov M.-R., Matsuzato K. Islamic Politics at the Subregional Level of Dagestan: Tarika Brotherhoods, Ethnicities, Localism and the Religious Administration // Europe-Asia Studies. 2005. No. 5. P. 753-779.

традиционный и "чистый в мире", был не более чем локальным вариантом и историческим казусом. Это осознание начало разрушать прежде поляризованное восприятие исламской политики по линии "хороших" тарикатистов и "плохих" салафитов. Светские власти и ДУМД оказались в сложной ситуации, поскольку, как уже было сказано, их тезис о том, что салафиты являются "террористами", начал терять убеждающую силу.

Второй причиной стало растущее недоверие местного населения к властям – как к республиканским, так и федеральным в атмосфере напряженной социально-экономической ситуации в регионе. Что касается региональных и местных властей, то они дискредитировали себя в глазах народа коррупцией и неэффективностью в решении повседневных вопросов. Если говорить о федеральных структурах власти, то они подрывали свой авторитет произволом силовиков в рамках громко заявленной "борьбы с терроризмом". Именно в этот период в дагестанский политический лексикон вошла зловещая аббревиатура КТО ("контр-террористическая операция"), которая стала прочно ассоциироваться у жителей республики с похищениями людей, бессудными расправами и прочими акциями устрашения как в отношении отдельных людей, так и в отношении целых сёл<sup>13</sup>. Данная политика закономерно вызывала разочарование простых дагестанцев. Разочарование было особенно сильным от того, что дагестанские мусульмане помнили, как в 1999 г. они, рискуя своими жизнями, сражались за единство России, выступив против вторжения из Чечни отрядов Хаттаба и Басаева. Именно эти обстоятельства привели к тому, что народ начал весьма прохладно относиться к официальной пропаганде о "ваххабитской угрозе", которая прежде эффективно работала.

**Ислам и политика в Дагестане в логике анти-террора (2000–2014 гг.).** В 2000-е гг. характер исламополитической жизни Дагестана во многом стала определять пресловутая "лесная тема". Термин "лес" вошел в дагестанский политический лексикон в 2006 г. и имел несколько значений. На языке официальной власти и силовых структур им обозначали "радикал-исламистское подполье". Если говорить в терминах политики, то это понятие подразумевало перевод исламо-политических отношений в политику антитеррора, которая почти на целое десятилетие определила природу республиканского политического процесса. Наконец, это явление породило новый политический дискурс, который превратил тему "борьбы с терроризмом" и проблему насилия не только в часть регионального политического процесса, но стал важным фактором гражданской жизни Дагестана; Важнейшим аспектом данной темы можно считать конфигурацию политических акторов, вовлечённых в данный процесс. Эта комбинация имеет сложное устройство и представляет собой систему взаимоотношений между следующими субъектами: 1) светские власти республики; 2) силовые структуры в лице МВД-ФСБ-Национальный антитеррористический комитет (НАК); 3) Духовное управление мусульман Дагестана (ДУМД); 4) умеренные салафиты; 5) радикальные салафиты ("лесное" подполье). Другой уникальной особенностью Дагестана стал выход исламских лидеров в публичную политику, бросивших вызов официальной власти через электоральное выдвижение официальных мусульманских лидеров на парламентских выборах 2016 г.

Таким образом, наше исследование доказывает эвристическую ценность и продуктивность используемого в работе концепта "конstellация акторов", втянутых в неуправляемую политизацию ислама в республике. В отличие от другой крупной мусульманской республики – Татарстана, где ключевым субъектом, политизирующими религию, стало светское политическое руководство (которое можно концептуализировать как "доминирующий институт"), в Дагестане образовалась многоакторная система политизации ислама (которую можно концептуализировать в понятии "конstellация акторов"). Трансформацию от религиозно-политического противостояния к усложнению исламо-политических взаимоотношений в республике можно уместить в следующих сменяющихся друг друга этапах, которые стали отдельными процессами: 1) 2006–2010 гг. – создание вышеупомянутой "лесной темы" – мобилизация военно-полицейских и пропагандистских ресурсов для силового подавления "лесных" вооруженных формирований радикал-исламистов (2006–2010 гг.); 2) 2010–2013гг. – попытка реализации "мягкой" линии борьбы с терроризмом, которая сменила прежнюю репрессивную парадигму местной политики. Частью "мягкой стратегии" стал гражданский диалог, ключевым элементом которого стали усилия, направленные на поддержку лиц, решившим "выйти из леса" и покончить с подпольной деятельностью; 3) с 2013 г. – отказ от "мягкой стратегии" и возврат к жёстким методам борьбы с терроризмом, диктуемый необходимостью обеспечить безопасность сочинской олимпиады 2014 г. В дальнейшем жесткий

<sup>13</sup> Джемаль О., Полонский В. Здесь был дом или КТО в Гимрах. Ч. 1-2// Черновик. 2014. 14 декабря. URL: [chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byi-dom-ili-kto-v-gimrakh](http://chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byi-dom-ili-kto-v-gimrakh)



курс был продолжен в связи с ростом влияния ИГИЛ в мире. 4) стабилизации элементов всех этих составляющих в "новом курсе" очередного главы Дагестана В. Васильева (с 2015 г. по настоящее время).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулагатов З. М. Проблема умеренности в дагестанском салафизме // Дагестанский социологический сборник. Махачкала: Алеф, 2011. С. 82-98.
2. Абдулагатов З. М. Северокавказский мусульманин: между законами государства и нормами ислама // Дагестанский социологический сборник. Махачкала: Алеф, 2013. С. 25–38.
3. Акаев В. Конфликты между традиционным и нетрадиционным направлениями в исламе: причины, динамика и пути преодоления (на материалах Северного Кавказа) // Центральная Азия и Кавказ. Лиле, 2008. №2 (56). С.127-134.
4. Бобровников В. Археология строительства исламских традиций в дагестанском колхозе // Ab Imperio. 2004. №3. С. 563-593.
5. "Бросайте вахабитов в реку... я за это отвечу". URL: <http://chernovik.net/content/religiya/brosayte-vahabistov-v-reku-ya-za-eto-otvechu>
6. Джемаль О., Полонский В. Здесь был дом или КТО в Гимрах. Ч. 1-2// Черновик. 2014. 14 декабря. URL: [chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byil-dom-ili-cto-v-gimrakh](http://chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byil-dom-ili-cto-v-gimrakh)
7. Ibragimov M.-R., Matsuzato K. Islamic Politics at the Subregional Level of Dagestan: Tarika Brotherhoods, Ethnicities, Localism and the Religious Administration // Europe-Asia Studies. 2005. No. 5. P. 753-779.
8. Ibragimov M.-R, Matsuzato K. Contextualized Violence: Politics and Terror in Dagestan // Nationalities Papers. 2014. Vol. 42. No. 2. P. 286-306.
9. Магомедов А. К., Мацузато К., Викторин В.М. Ислам и политика в современной России: "ядро" и "периферии" мусульманского пространства. Ульяновск: УлГУ, 2006. 72 с.
10. Малашенко А. В. Исламские ориентиры Северного Кавказа. Москва: Гендальф, 2001. 180 с.
11. Макаров Д. Официальный и неофициальный ислам в Дагестане. Москва: ЦСИПИ, 2000. 84 с.
12. Сулейманова Ш.С. Политический дискурс ислама в XXI веке // Ислам в современном мире. 2015. Т. 11. № 3. С. 155-162.
13. Шихсаидов А. Ислам в Дагестане // Центральная Азия и Кавказ. Лиле, 1999. № 4. С. 108-115.
14. Ярлыкапов А. Ислам и конфликт на современном Северном Кавказе // Кавказ и Глобализация. 2012. Т. 6. № 3. С. 115-128.

#### REFERENCES

1. Abdulagatov Z. M. Problema umerennosti v dagestanskom salafizme // Dagestanskii sotsiologicheskii sbornik. Makhachkala: Alef, 2011. S. 82-98.
2. Abdulagatov Z. M. Severokavkazskii musul'manin: mezhdz zakonami gosudarstva i normami islama // Dagestanskii sotsiologicheskii sbornik. Makhachkala: Alef, 2013. S. 25-38.
3. Akaev V. Konflikty mezhdz traditsionnym i netraditsionnym napravleniyami v isleme: prichiny, dinamika i puti preodoleniya (na materialakh Severnogo Kavkaza) // Tsentral'naya Aziya i Kavkaz. Luleo, 2008. № 2 (56). S. 127-134.
4. Bobrovnikov V. Arkheologiya stroitel'stva islamskikh traditsii v dagestanskom kolkhoze // Ab Imperio. 2004. №3. S. 563-593.
5. "Brosajte vahabistov v reku... ya za eto otvechu". URL: <http://chernovik.net/content/religiya/brosayte-vahabistov-v-reku-ya-za-eto-otvechu>
6. Dzhemal' O., Polonskii V. Zdes' byl dom ili KTO v Gimrakh. Ch. 1-2 // Chernovik. 2014. 14 dekabrya. URL: [chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byil-dom-ili-cto-v-gimrakh](http://chernovik.net/content/inye-smi/zdes-byil-dom-ili-cto-v-gimrakh)
7. Ibragimov M.-R., Matsuzato K. Islamic Politics at the Subregional Level of Dagestan: Tarika Brotherhoods, Ethnicities, Localism and the Religious Administration // Europe-Asia Studies. 2005. No. 5. P. 753-779.
8. Ibragimov M.-R, Matsuzato K. Contextualized Violence: Politics and Terror in Dagestan // Nationalities Papers. 2014. Vol. 42. No. 2. P. 286-306.
9. Magomedov A. K., Matsuzato K., Viktorin V.M. Islam i politika v sovremennoi Rossii: "yadro" i "periferii" musul'manskogo prostranstva. Ulyanovsk: UIGU, 2006. 72 s.
10. Malashenko A. Islamskie orientiry Severnogo Kavkaza. Moskva: Gendal'f, 2001. 180 s.
11. Makarov D. Ofitsial'nyi i neofitsial'nyi islam v Dagestane. Moskva: ZSIPI, 2000. 84 s.
12. Suleimanova Sh. S. Politicheskii diskurs islama v XXI veke // Islam v sovremennom mire. 2015. T. 11. № 3. S. 155-162.
13. Shikhsaidov A. Islam v Dagestane // Tsentral'naya Aziya i Kavkaz. Luleo, 1999. № 4. S. 108-115.
14. Yarlykapov A. Islam i konflikt na Severnom Kavkaze // Kavkaz i Globalizatsiya. 2012. T. 6. № 3. S. 115-128.

**ОБ АВТОРАХ**

**Магомедов Арбахан Курбанович**, доктор политических наук, профессор, заведующий кафедрой связей с общественностью, рекламы и культурологии, декан факультета культуры и искусства Ульяновского государственного университета. г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42. e-mail armagomedov@gmail.com, +7 905 183 0282

Magomedov Arbakhan Kurbanovich, Doctor of Political Sciences, Professor, Head of the Department of PR, Dean of Faculty of Culture and Arts of the Ulyanovsk State University. Ulyanovsk, ulitsa Lva Tolstogo, 42. e-mail armagomedov@gmail.com, +7 905 183 0282

**Мирзаханов Джабраил Гасанович**, кандидат философских наук, доцент кафедры философии Дагестанского государственного технического университета. г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70. e-mail: mirzakhanov1962@mail.ru, +7 989 669 8380

Mirzakhanov Dzhabrail Gasanovich, Candidate of Philosophy, Associate Professor of Department of Philosophy of the Dagestan State Technical University. Makhachkala, Imam Shamil Avenue, 70. 70. e-mail: mirzakhanov1962@mail.ru, +7 989 669 8380

Дата поступления 23.01.2019

Д. Х. Халкечев [D. Kh. Khalkechev]

УДК 323.2  
DOI 10.33236/2307-910X-2019-25-1-237-242

**ТЕРРОРИЗМ КАК КАНАЛ ТРАНСЛЯЦИИ ИНТЕРЕСОВ ТЕНЕВЫХ СУБЪЕКТОВ В ПОЛИТИКЕ В УСЛОВИЯХ ГЕОСТРАТЕГИИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО ОБЩЕСТВА**

TERRORISM AS A CHANNEL OF TRANSLATION OF INTERESTS OF SHADOW SUBJECTS IN POLICY IN THE CONDITIONS OF A GEOSTRATEGY OF A UNEVEN DEVELOPMENT OF THE WORLD SOCIETY

Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия,  
г. Черкесск, Карачево-Черкесская республика, Россия,  
e-mail: : ab-ww@mail.ru

**Аннотация.** Распад СССР стал мощным детонатором глобальных изменений: окончание биполярной конфигурации геополитических сил, падение Берлинской стены, положившее конец жесткому разделению мира на два противоположных лагеря, по времени совпали с началом качественных изменений не только в геостратегической структуре, сложившейся в послевоенные десятилетия, но и в самом евроцентристском (или точнее, евроамериканоцентристском) миропорядке Нового и Новейшего времени.

**Материалы и методы.** Статья посвящена анализу парадигмального кризиса всего мирового цивилизационного жизнеустройства, который особенно затронул интересы теневых субъектов в политике в условиях геостратегии неравномерности развития мирового общества.

**Результаты.** Аморфно-люмпенизированное население, (доминирующую массу которой составляет молодежь), образует необъятный социальный резерв, готовый воспринять любую идеологию, в том числе и замешанной на радикальных религиозных идеях. Сказанное дает возможность рассматривать деятельность теневых субъектов в политике в перечне негативных аспектов глобализации.

**Заключение.** Рост на мировой арене проявлений терроризма – это проявление симптомов несовместимости картины мира между субъектами мировой политики, когда терроризм представляет собой организованное движение на международной арене, тесно связанное с политическими целями и действиями.

Подобные тенденции развития глобализации дают основания утверждать, что терроризм превратился в долгосрочный фактор. Соответственно, он требует совместных усилий всего мирового сообщества по выявлению негативных факторов глобализации, детерминирующих угрозу терроризма.

**Ключевые слова:** глобализация, неравномерность развития, международные террористические организации.

*Abstract. The collapse of the USSR became a powerful detonator of global changes: the end of the bipolar configuration of geopolitical forces, the fall of the Berlin wall, which put an end to the rigid division of the world into two opposing camps, coincided with the beginning of qualitative changes not only in the geostrategic structure that developed in the postwar decades, but also in the most Eurocentric (or rather, euroamericanocentric) world order of the New and Modern times.*

*Materials and methods. The article is devoted to analysis of the paradigmatic crisis of the global civilization of living arrangement, which particularly affected the interests of the shadow actors in the policy in terms of the geopolitics of uneven development of world society.*

*Results. The amorphous and lumpenized population (the dominant mass of which is young people) forms an immense social reserve, ready to accept any ideology, including those involved in radical religious ideas. This makes it possible to consider the activities of shadow actors in politics in the list of negative aspects of globalization.*

*Conclusion. The growth of manifestations of terrorism on the world stage is a manifestation of the symptoms of the incompatibility of the world picture between the subjects of world politics, when terrorism is an organized movement in the international arena, closely linked to political goals and actions.*

*Such trends in globalization suggest that terrorism has become a long-term factor. Accordingly, it requires the joint efforts of the entire world community to identify the negative factors of globalization that determine the threat of terrorism.*

**Key words:** globalization, uneven development, international terrorist organization.

**Введение.** Существование на протяжении длительного исторического отрезка биполярного мирового порядка было в определенной мере гарантом равновесия в мире. Как и следовало ожидать, нестабильность од-

нополярного мира как геополитической системы была продемонстрирована с распадом СССР. Как пишет И. А. Василенко, в политике, как и в природе, стабильность обеспечивается, как минимум двумя точками опоры, поэтому, если центр силы один, необходимы дополнительные меры для придания равновесия и устойчивости системе. Дополнительные факторы устойчивости закладывались в «новый мировой порядок» его архитекторами изначально, и именно этим современная «Pax Americana» отличается от стихийно сложившихся империй прошлого [6, 251].

**Методы анализа.** Методологическую базу исследования составили методы познания различных классов и уровней, используемых современной наукой. В качестве общенаучных методологических универсалий обозначим, в частности, использование анализа и синтеза, метода моделирования, сравнения и т.д. Для уточнения базовых категорий и уяснения современных проблем применялись такие научные принципы, как историзм, преемственность, диалектичность протекания политических конфликтов.

**Основная часть исследования.** Во-первых, в качестве основополагающей гипотезы исследования мы рассматриваем экономические противоречия глобализирующегося мира. Так, разрыв между верхней 1/5 частью и нижней 1/5 частью населения в Великобритании (или странах одного с ней уровня развития) составляет примерно 5,5:1. А разрыв между средним доходом в Великобритании, с одной стороны, и, например, государством Бангладеш – с другой составляет 100:1. Децильный коэффициент соотношения доходов населения этих стран еще выше. При этом обращает на себя внимание возрастающая социальная и экономическая дифференциация в рамках отдельных регионов. Так, Север генерирует свой собственный внутренний Юг, а Юг в свою очередь формирует тонкую прослойку общества, которая полностью интегрировалась в экономику Севера. В результате социальный центр и социальная периферия пересекают внутренние границы [8, 101].

Особенно ярко противоречия глобализирующегося мира проявились в экономической сфере мировой хозяйственной системы, процессы которой сопровождаются гигантским ускорением эксплуатации трудовых и природных ресурсов всей планеты. Так, за десять лет с 1990 г. по 2000 г. мировой ВВП возрос в сопоставимых ценах примерно в 19 раз, а население мира – в 4 раза (с 1,6 до 6,3 млрд человек). Но если в 1900 г. среднедушевой ВВП стран Африки составлял 1/9 аналогичного показателя стран Западной Европы и США, то в 2000 г. разрыв увеличился более чем вдвое, до 1/20. Пропасть же между доходами разных стран разрастается пропорционально скорости научно-технического прогресса: в 1965 г. разрыв был 30:1, тогда как к концу XX в. он измерялся соотношением уже 60:1 [1, 31].

При этом более половины самых богатых и мощных экономических систем планеты, равно как и аккумулярованный финансовый капитал, контролируют наднациональные экономические образования, что позволяет им выстраивать свою стратегию развития и новых всевозможных экспансий не в соответствии с национальными интересами, а по своим планам, которые определяются исходя из интересов глобального финансового рынка. Как справедливо полагают исследователи, «происшедшие в XXI в. события заставляют переосмыслить прежнее понимание политической стабильности и конфигурации обеспечивающих ее факторов» [11, 358].

Для организаторов «неожиданных актов агрессии» эпоха глобализации невольно сама дает в руки, благодаря достижениям науки и техники, новинки биофизики, биохимии, микробиологии, нейропрограммирования, миниатюризации средств нападения и т. д. – возможность управления техническими процессами и информационными системами. Опасность выхода из-под социального, государственного, межгосударственного контроля последних результатов научно-технологических разработок возросла во много раз. Усиление поражающей способности террористических актов качественно повышает разрушительный потенциал массового уничтожения, увеличивает их эффективность, что и было продемонстрировано миру 11 сентября 2001 г.

О. В. Зотов отмечает, что вышеперечисленные проблемы осложняются, так как на статус мирового руководства претендуют три начала. Одно начало – транснациональное, в лице финансово-экономических наднациональных образований, которое не имеет конкретной территориальной и национальной привязки, а другое – национал-империалистическое в лице США. С другой стороны, в конце XX века появляется «гибрид глобализации и терроризма», с опосредующим их звеном в виде глобальной организованной преступности на паях с ТНК, узурпирующей прерогативы легитимной государственной власти, ранее подконтрольной обществу [14, 45]. При этом ежегодная прибыль транснациональных преступных организаций составляет баснословные суммы – от 30 млрд до 50 млрд долл. [13, 101].

А. Ш. Жвиташвили справедливо предполагает, что современное развитие терроризма и процессов глобализации свидетельствуют о сложившемся симбиозе трех квазигосударственных претендентов на управле-

ние обществом, отдельными странами и миром – ТНК, транснациональная мафия (в первую очередь наркомафия и неофашизм) и локальный или международный терроризм, главным объектом которого, в отличие от первых двух акторов мировой политики, является общественная безопасность. Одновременно общество, ослабленное, дезориентированное и дестабилизированное проявлениями терроризма, само становится неизменным источником сверхдоходов ТНК и мафии любого рода [13, 102].

Ученые отмечают, что в современных исследованиях международных отношений важное место занимают вопросы, касающиеся того, какие феномены, процессы и силы детерминируют внешнюю политику государств. Без этого невозможно объяснить и спрогнозировать многие политические события, а также построить концепцию поведения отдельных элементов международной системы. Исследование внешней политики того или иного государства неотделимо от исследования факторов, ее детерминирующих [12, 259].

Вследствие обозначенных нами факторов многие государства вынуждены максимально открывать свои ресурсы и рынки развитым странам, которые паразитируют на них, усугубляя их тяжелое социально-экономическое положение. Данные 2001 года свидетельствовали, что «Бразилия в среднем за последние пять лет платила по внешнему долгу 41 млрд долл. (6 % ВВП), Турция – 16 млрд долл. (7,5 % ВВП), Таиланд – 11 млрд долл. (8,5 % ВВП), Аргентина – 27 млрд долл. (9 % ВВП), Мексика – 43 млрд долл. (10 % ВВП), Индонезия – 26 млрд долл. (18,6 % ВВП), Венгрия – 11 млрд долл. (20 % ВВП). Вполне ожидаемо, что первыми в списке стоят США, Великобритания, Германия и Канада, - концентрация капитала в этих странах увеличилась за последние четверть века на 12–15 % [17, 48].

В 2012 году внешний долг Бразилии составлял 14 % от ВВП, Турции – 45 % от ВВП, Таиланда – 42 % от ВВП, Аргентины – 35 % от ВВП, Мексики – 20 % от ВВП, Индонезии – 28 % от ВВП, Венгрии – 90 % от ВВП. Через два года, в 2014 году, долг Бразилии составляет уже 30,4 % от ВВП, Турции 50,4 %, Таиланда – 43,2 %, Аргентины – 28,2 %, Мексики – 32,9 %, Индонезии – 33 %, Венгрии – 23 % от ВВП [7].

Согласимся, что сегодня «эффективное присвоение практически любой территории наиболее передовым, информатизированным обществом состоит не с целью оздоровления и развития находящегося на ней общества, но, напротив, в обособлении внутри него с последующим изъятием из него основной части здоровых и прогрессивных элементов, т.е. людей – носителей финансов и интеллекта. При таком освоении прогресс более развитого, «осваивающего» общества если и не целиком и полностью, то во всяком случае в весьма значительной степени идет за счет нарастающей деградации «осваиваемого» [5, 123].

В результате современный Запад, имея менее 15 % населения Земли, контролирует свыше 70 % мировых объемов производства, торговли и потребления, 20 % наиболее богатых жителей планеты обладают 86 % мирового ВВП, а 20 % наиболее бедных – только 1 %. Около 30 % населения Земли обеспечено менее чем на 1 доллар в день [10, 103]. По другим источникам, население 30 государств в мире обладает доходом 30 тыс. долл. в год на одного жителя (это – «золотой миллиард»), остальные 5,5 млрд населения Земли имеют в среднем 1 тыс. долл. в год на каждого человека. И разрыв только увеличивается, составляя в предельных значениях для ряда наиболее бедных и наиболее богатых стран мира отношение 1:100, и понятно, что сохранение status quo обречет их на отсталость навсегда.

Перечисленное делает своевременным исследование в первую очередь политико-экономических аспектов межстрановых отношений. На наш взгляд, все другие аспекты глобализации, – такие как социологическая, военно-стратегическая, этнонациональная, культурологическая, этическая и др. – выступают вторичными, производными от основной глобальной парадигмы развития, а их поведение – рост или спад - зависит от состояния мировой геэкономике. Более того, в глобальном перделе экономических и политических сфер влияния стали использоваться методы латентных войн, когда применяются не широкие полномасштабные военные действия, а экономический шпионаж, информационные войны, экономическая блокада, вплоть до террористических актов, что делает актуальным исследование геополитических аспектов проблемы. Таким образом, процесс глобализации подразумевает не только социокультурные и/или природные изменения, но в большей мере экономические и информационные. Они происходят в ситуации кризиса «баланса сил», в условиях однополярного мира.

Рассматривая общий вектор воздействия глобализационных тенденций на трансформационные процессы в постсоветской России, большинство ученых отмечает возросшую угрозу национальной безопасности страны, а большинство аналитиков с полным основанием характеризуют ситуацию в современной России как системный кризис: «Россия вступила в длительный период социально-политической неустойчивости порой весьма близкой к состоянию хаоса и потери управляемости. Трудности поиска новых форм государственности

и достижения политической стабильности усугублялись влиянием глобализационных тенденций, ставящих под вопрос саму концепцию национальных государств и даже само понятие национально-государственного суверенитета» [9, 451]. Нереализованность в полной мере позитивного потенциала глобализации и заданность вектора ее развития в сторону усиления поляризации мира и обострения общественных противоречий привели к резкой активации на международной арене субъектов религиозно-политического терроризма как ответного контрнасилия, что дает возможность рассматривать терроризм как протестный противовес глобализации [18, 199].

В условиях глобальной экономики одна из проблем заключается в том, что страны, например, ближневосточного региона зачастую соперничают друг с другом вместо того, чтобы сотрудничать. Вместе с тем они должны быть заинтересованы в формировании собственного экономического пространства для того, чтобы адекватно противостоять вызовам глобализации [20, 350]. Ученые предполагают, что это и есть - глобализм, непрерывно порождающий конфликты, ставящий мир на грань войны. Следовательно, для того, чтобы контролировать процессы глобализации, нужно, в первую очередь, контролировать направление и темпы экономического и технического развития. Структурную нестабильность в мире, вызванную проблемами глобализации мирового хозяйства, надо рассматривать как один из факторов, детерминирующих международный терроризм [3, 84].

Таким образом, человечество переживает важнейший переломный момент своего развития, парадигмальный кризис планетарного масштаба, когда появляются в противовес качественно новым уровням интегрированности и взаимозависимости мирового сообщества, развитию экономической и политической взаимозависимости стран и регионов качественно новые уровни рисков и угроз национальной и глобальной безопасности, дошедшие до такого уровня, на котором становится возможной и необходимой постановка вопроса о создании единого правового поля и мировых органов политического и экономического управления.

Протесты антиглобалистов, выраженные в адрес глобальных игроков глобализируемого общества, активно дискредитируются лидерами односторонней глобализации, чтобы движение не вызывало активную солидарность со стороны мирового сообщества. Ученые отмечают, что движению антиглобалистов не хватает научных, организационных и финансовых возможностей, чтобы громко заявить о проблемах глобализируемого общества, таких как: [2]

- вытеснение политической самостоятельности государств наднациональными экономическими и военными образованиями;
- дифференциация современного мира на страны, резко отличающиеся по уровню благосостояния;
- возможность узурпации странами-локомотивами глобализации права решать, какие страны изгой, а какие надо поощрять;
- наличие многочисленных террористических угроз со стороны политико-криминального интернационала, что позволяет говорить о современном терроризме как о следствии и специфике перечисленных проблем процессов глобализации и т.д. в итоге «проблемы борьбы с терроризмом встают особенно остро в современном обществе рисков и угроз. Необходимы новые комплексные меры в сфере безопасности по профилактике терроризма. ...» [4, 69].

Итак, «Свойство непредсказуемости все более становится свойством политики на всех уровнях и масштабах событийного поля» [5, 142]. Как верно выразился по этому поводу А. И. Неклесса, именно для эпохи глобализации характерна ожесточенная, часто тайная, борьба на полигоне полифоничных замыслов, так как она предоставила возможность объединиться транснациональным корпорациям, транснациональной оргпреступности и криминальному терроризму с политическим, и совместно выступить в глобальных масштабах, где у глобалистов и террористов цели однотипны – сверхдоходы и сверхвласть. «...Для неформальной, но влиятельной элиты, выстраивающей смысловые коридоры, находящей чреваточины в среде стратегической неопределенности, характерны синергичная комбинаторика умножающихся активнов... Действуя поверх социоконструкций (подчас самой конструктивности), неклассические операторы отличаются произвольным толкованием закона, прямым пренебрежением им, тягой к точечному, акупунктурному усилию, дискретному героизму, системному и хаососложному («эффект бабочки») терроризму» [16, 80].

**Результаты исследования.** В свете перечисленных основных проблем глобализации в ракурсе детерминирующих факторов поляризации современного мира на основе цивилизационного подхода можно предположить, что именно нереализованность в полной мере позитивного потенциала глобализации и заданность вектора ее развития в сторону усиления поляризации мира и обострения общественных противоречий привели к резкой активации на

международной арене теневых субъектов в политике, в том числе и обращающихся к методам религиозно-политического терроризма. Аморфно-ломпенизированное население, (доминирующую массу которой составляет молодежь), образует необъятный социальный резерв, готовый воспринять любую идеологию, в том числе и замешанной на радикальных религиозных идеях. Сказанное дает возможность рассматривать деятельность теневых субъектов в политике в перечне негативных аспектов глобализации.

**Заключение.** Рост на мировой арене проявлений терроризма – это проявление симптомов несовместимости картины мира между субъектами мировой политики, когда терроризм представляет собой организованное движение на международной арене, тесно связанное с политическими целями и действиями. Более того, терроризм может являться управленческим и пусковым механизмом запланированных социально-политических потрясений в различных государствах и регионах посредством революций и гражданских войн, перехвата стратегических коммуникаций и устранения конкурентов, провоцирования этнической и религиозной розни, латентных войн и т.д.

Подобные тенденции развития глобализации дают основания утверждать, что терроризм превратился в долговременный фактор. Соответственно, он требует совместных усилий всего мирового сообщества по выявлению негативных факторов глобализации, детерминирующих угрозу терроризма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулгамидов Н., Губанов С. Глобализация: трактовки и действительность // Экономист. 2001. № 9. С. 31-56.
2. Боташева А. К. Политический терроризм: детерминация и формы проявления: автореф. дис. ... канд. полит. наук / Ставроп. гос. ун-т. Ставрополь, 2004. 26 с.
3. Боташева А. К. Основные проблемы глобализации мировой экономики как детерминирующие факторы современного терроризма // Право и политика. 2009. №1. С. 84-89.
4. Боташева А. К. Эскалация государственного терроризма // Власть. 2009. №4. С. 69-72.
5. Боташева А. К. Теория хаоса и политический анализ: взгляд сквозь призму непредсказуемости политических событий // Современная наука и инновации. 2018. №2 (22). С. 142-145.
5. Брагимов О. В., Горский Ю. М., Деягин М. Г., Коваленко А. А. Практика глобализации: игры и правила новой эпохи. М.: Инфра-М, 2000. 344 с.
6. Василенко И. А. Геополитика современного мира. М.: Юрайт, 2015. 420 с.
7. Внешние долги стран [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://7696724.mobi/debt/>
8. Гаджиев К. С. Введение в геополитику. М., 2003. 590 с.
9. Грани глобализации. М.: Альпина Паблишер, 2003. 592 с.
10. Глобализация общей, организованной и коррупционной преступности (материалы «круглого стола» // Государство и право. 2001. №12. С. 103.
11. Данилова Е. С., Боташева А. К. Политической стабильность: параметры, коннотации, конфигурация обеспечивающих факторов // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2015. № 2. С. 358-362.
12. Демченко Д. А., Алимуратов О. А., Боташева А. К. Внешняя политика современного государства: теоретико-методологический анализ современных подходов к исследованию // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2017. № 4. С. 259-261.
13. Жвйтиашвили А. Ш. Проблемы терроризма в российской и западной политической социологии: анализ основных подходов / Терроризм в современном мире: истоки, сущность, направления и угрозы. М., 2003. С. 101-127.
14. Зотов О. В. Глобализация и международный терроризм // Терроризм – угроза человечеству в XXI веке. М.: Институт востоковедения РАН. Изд-во «Крафт», 2003. 272 с.
15. Иноземцев В. Л., Кузнецова Е. С. Глобальный конфликт XXI в. Размышления об истоках и перспективах межцивилизационных противоречий // Политические исследования. 2001. № 6. С. 138-145.
16. Неклесса А. И. Будущее и грядущее: кризис современного мира // Политические исследования. 2012. № 2. С. 70-84.
17. Проскурин С. А. Глобализация как фактор поляризации современного мира // Социально-гуманитарные знания. 2001. № 4. С. 48-56.
18. Сайханова Х. И., Боташева А. К. Современный терроризм как политическая компонента глобализации // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2016. № 3. С. 199-202.
19. Суверенный ВВП и внешний долг стран ТОП-20 в 2014 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matveychev-oleg.livejournal.com/3056995.html>
20. Худяков И. Ф., Боташева А. К., Миргород Д. А., Дегоев В. В. Внешняя политика США на Ближнем Востоке в контексте политической трансформации региона // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. 2013. № 4. С. 350-353.

## REFERENCES

1. Abdulgamidov N., Gubanov S. Globalizatsiya: traktovki i dejstvitel'nost' // *Ekonomist*. 2001. № 9. S. 31-56.
2. Botasheva A. K. Politicheskij terrorizm: determinatsiya i formy proyavleniya: avtoref. dis. ... kand. polit. nauk / Stavrop. gos. un-t. Stavropol', 2004. 26 s.
3. Botasheva A. K. Osnovnye problemy globalizatsii mirovoj ehkonomiki kak determiniruyushchie faktory sovremennogo terrorizma // *Pravo i politika*. 2009. №1. S. 84-89.
4. Botasheva A. K. EHskalatsiya gosudarstvennogo terrorizma // *Vlast'*. 2009. №4. S. 69-72.
5. Botasheva A. K. Teoriya haosa i politicheskij analiz: vzglyad skvoz' prizmu nepredskazuemosti politicheskikh sobytij // *Sovremennaya nauka i innovatsii*. 2018. №2 (22). S. 142-145.
5. Bragimov O.V., Gorskij YU.M., Delyagin M.G., Kovalenko A.A. *Praktika globalizatsii: igry i pravila novoj ehpoi*. M.: In-fra-M, 2000. 344 s.
6. Vasilenko I. A. *Geopolitika sovremennogo mira*. M.: YUrajt, 2015. 420s.
7. Vneshnie dolgi stran [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://7696724.mobi/debt/>
8. Gadzhiev K. S. *Vvedenie v geopolitiku*. M., 2003. 590 s.
9. *Grani globalizatsii*. M.: Al'pina Pabliher, 2003. 592 s.
10. Globalizatsiya obshchej, organizovannoj i korruptsionnoj prestupnosti (materialy «kruglogo stola» // *Gosudarstvo i pravo*. 2001. №12. S. 103.
11. Danilova E. S., Botasheva A. K. Politicheskoy stabil'nost': parametry, konnotatsii, konfiguratsiya obespechivayushchih faktorov // *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2015. № 2. S. 358-362.
12. Demchenko D. A., Alimuradov O. A., Botasheva A. K. Vneshnyaya politika sovremennogo gosudarstva: teoretiko-metodologicheskij analiz sovremennykh podhodov k issledovaniyu // *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2017. № 4. S. 259-261.
13. ZHvitiashvili A. Sh. Problemy terrorizma v rossijskoj i zapadnoj politicheskoy sociologii: analiz osnovnykh podhodov / *Terrorizm v sovremennom mire: istoki, sushchnost', napravleniya i ugrozy*. M., 2003. S. 101-127.
14. Zotov O. V. Globalizatsiya i mezhdunarodnyj terrorizm // *Terrorizm – ugroza chelovechestvu v XXI veke*. M.: Institut vostokovedeniya RAN. Izd-vo «Kraft», 2003. 272 s.
15. Inozemcev V. L., Kuznecova E.S. Global'nyj konflikt XXI v. Razmyshleniya ob istokah i perspektivah mezhsivili-zatsionnykh protivorechij // *Politicheskie issledovaniya*. 2001. № 6. S. 138-145.
16. Neklessa A. I. *Budushchee i gryadushchee: krizis sovremennogo mira* // *Politicheskie issledovaniya*. 2012. № 2. S. 70-84.
17. Proskurin S. A. Globalizatsiya kak faktor polyarizatsii sovremennogo mira // *Sotsial'no-gumanitarnye znaniya*. 2001. № 4. S. 48-56.
18. Sajhanova H. I., Botasheva A. K. Sovremennyy terrorizm kak politicheskaya komponenta globalizatsii // *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2016. № 3. S. 199-202.
19. Suverennyj VVP i vneshnij dolg stran TOP-20 v 2014 godu [EHlektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://matveychev-oleg.livejournal.com/3056995.html>
20. Hudyakov I. F., Botasheva A. K., Mirgorod D. A., Degoev V. V. Vneshnyaya politika SSHA na Blizhnem Vostoke v kontekste politicheskoy transformatsii regiona // *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2013. № 4. S. 350-353.

## ОБ АВТОРЕ

**Халкечев Дахир Ханафиевич**, аспирант кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии (369001, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36.; +7 (8782) 29-36-35, [kchgta@mail.ru](mailto:kchgta@mail.ru)); E-mail: [Dakhir.Khalkechev@mail.ru](mailto:Dakhir.Khalkechev@mail.ru)

Khalkechev Dakhir Khanafiyevich, Postgraduate of the Department of philosophy and Humanities the North-Caucasus Humanities and technology state Academy (369001, Cherkessk, Stavropol str., 36.; +7 (8782) 29-36-35, [kchgta@mail.ru](mailto:kchgta@mail.ru)); E-mail: [Dakhir.Khalkechev@mail.ru](mailto:Dakhir.Khalkechev@mail.ru)

Дата поступления в редакцию 02.02.2019



УДК 32.001:323  
DOI 10.33236/2307-910X-  
2019-25-1-243-248

А. А. Эбзеев [A. Ebzeev]  
Ф. А. Шебзухова [F. A. Shebzukhova]

**НЕИНСТИТУИРОВАННЫЙ ПОЛИТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС:  
СУЩНОСТЬ, ОСОБЕННОСТИ**

NON-INSTITUTIONAL POLITICAL PROCESS: THE ESSENCE, FEATURES

РГБУ ДПО «Карачаево-Черкесский Республиканский институт повышения квалификации работников образования», Россия, КЧР, Черкесск,  
email: fatima1956@list.ru

**Аннотация.** В любом современном обществе политические решения принимаются в рамках политического процесса, в котором задействованы самые различные процедуры и самые различные институты и/или факторы, как формальные, так и неформальные. Именно поэтому он привлекает огромное и неуклонно растущее исследовательское внимание политологов, считающих его одной из главных категорий своей дисциплины. Общая теория политического процесса служит методологической базой самых разнообразных исследований, касающихся как отдельных аспектов собственно процесса, так и других политологических задач. Политический процесс – череда событий, влияющих на выработку политического курса

**Материалы и методы, результаты.** В настоящей статье рассматриваются формальные и неформальные факторы неинституированного политического процесса. Автор исследует стадийные модели политического курса, далекий от реального мира с его влиятельными политическими агентами, идеологиями, турбулентностью и комплексностью. В статье представлен метод артикуляции, цель которой добиться от соответствующего органа власти совершения некоторых значимых действий.

**Заключение.** Сформулировано определение «неинституированного процесса», при котором не конвенциональное политическое участие и неформальная практика распределения политических благ придают тому или иному процессу неинституированную форму.

**Ключевые слова:** неинституированный политический процесс, потоковая модель, стадийная модель, стадия, турбулентность, комплексность, артикуляция интересов, не конвенциональное политическое участие, праксисологическая процедура.

*Abstract. In any modern society, political decisions are made within the framework of a political process, which involves a variety of procedures and a variety of institutions and/or factors, both formal and informal. That is why it attracts a huge and undiminished research attention of political scientists, who consider it one of the main categories of their discipline. The General theory of the political process serves as a methodological basis for a wide variety of studies concerning both individual aspects of the process itself and other political science problems. The political process – a series of events that affect the development of the political course*

*Materials and methods, results. This article examines the formal and informal factors of the non-institutional political process. The author explores the stadiational models of the political course, far from the real world with its influential political agents, ideologies, turbulence and complexity. The article presents the method of articulation, the purpose of which is to achieve from the relevant authority the Commission of some significant actions.*

*Conclusion. Definition of "non-institutionalized process", in which conventional political participation and the informal practice of distributing political benefits attach to a particular process non-institutionalized form.*

*Key words: non-institutionalized political process, flow model, stage model, stage, turbulence, complexity, interest articulation, non-conventional political participation, praxisological procedure.*

**Введение.** В потоковой модели, в частности, модели Дж. Кингдона [1], политический процесс рассматривается как череда событий, которые оказывают влияние на выработку политического курса. Дж. Кингдон выделяет в массе этих событий три русла или потока: поток проблем, поток решений и поток убеждений. Поток проблем – это события, которые привлекают внимание политиков и требуют от них политической реакции. Далеко не все обстоятельства становятся проблемами. В обычных условиях каждый вопрос имеет свою собственную степень важности или значения, однако какие-либо изменения способны нарушить сложившееся отношение и, следовательно, активировать интерес и внимание. Поток решений – это события, связанные с разработкой и выбором альтернатив политического курса. Каждый день в правительственных структурах обсуждаются конкурирующие друг с другом идеи, но только одна из них трансформируется в политическое решение. Преимуществом, как правило, обладают те идеи, которые, во-первых, технически выполнимы (экономическая

возможность реализации), во-вторых, ценностно приемлемы (совместимость с ценностями членов политического сообщества) и, в-третьих, вызывают минимальное сопротивление (отсутствию необходимости использования принуждения для реализации). Поток убеждений – это события, связанные с формированием взглядов политических деятелей. Бесспорно, что взгляды политиков оказывают влияние на их восприятие окружающего мира, интерпретацию возникающих перед ними проблем и решений этих самых проблем. Когда какие-либо события из трех различных потоков приобретают в один момент «общий знаменатель», то они порождают политический курс, открывая «окно возможностей» для системных трансформаций, которым могут воспользоваться политические предприниматели.

**Материалы и методы, результаты.** Поточковые модели не лишены недостатков, вызывая критические отклики. Так, П. Сабатге отмечал, что потоковые модели не полностью описывают процесс принятия решений, оставляя в стороне множество важных аспектов [2].

В стадийных моделях политического процесса он изображается как совокупность последовательно сменяющих друг друга форм активности (стадий), необходимых для формирования политического курса. Термин «стадия» появился еще в первых работах, посвященных анализу политического процесса. Авторы тех работ выделяли различное количество стадий, давая им собственные названия в зависимости от характера проводимых исследований и избранной терминологической структуры. Например, Г. Лассуэлл выделял семь стадий (сбор информации, активизацию, предписание, призыв, применение, завершение и оценку) [3], а Г. Брюэр – шесть (инициацию, расчет, реализацию, оценку и завершение) [4]. Позже, чтобы подчеркнуть безостановочное течение политического процесса, в политологический дискурс был введен термин «цикл» [5], который указывал, что за одним рядом стадий следует аналогичный ряд стадий и т.д. Стадийные модели послужили методологической основой для бесчисленного числа политологических работ, при этом подвергаясь и справедливой критике. Так, некоторые критики отмечали, что стадийные модели рисуют идеализированный образ формирования политического курса, далекий от реального мира с его влиятельными политическими агентами, идеологиями, турбулентностью и комплексностью [6].

Наиболее признанной стадийной моделью считается модель, предложенная Г. Алмондом и его коллегами. Их модель включает в себя четыре стадии, составляющих отдельный цикл политического процесса: артикуляцию интересов, агрегацию интересов, выработку политического курса и его осуществление [7]. Политический процесс начинается, когда индивиды и группы обозначают свои желания и интересы, надеясь реализовать их посредством политики. Артикуляция интересов происходит не только в индивидуальной, но и в коллективной форме, когда индивиды объединяются в разнообразные группы – неупорядоченные и институциональные, ассоциативные и неассоциативные. Для выражения требований касательно политического курса могут использоваться три основных метода, отличающихся среди прочего силой давления на политические элиты: непосредственное обращение к чиновнику или депутату, голосование на выборах или референдуме и участие в мирных и насильственных акциях протеста.

Обращение в органы власти представляет метод артикуляции, цель которой добиться от соответствующего органа власти совершения некоторых значимых действий. Как отмечает К.В. Подъячев, оно всегда осознанно и основано на компромиссе, взаимодействии. Обращение – это осознанный акт, ибо тот, кто не преследует никакой цели, вряд ли стал бы обращаться в органы власти. Обращение приходит во властные структуры от гражданина или группы, из сферы социального, основанного на логике компромисса, а не иерархии. Автор обращения может выступать и как проситель, и как партнер, но он ни в коем случае не является ни «начальником», ни «подчиненным» по отношению к тому, кому он направляет обращение. Здесь налицо не подчинение, а взаимодействие [8]. Обращение является наиболее слабой по степени своего давления формой артикуляции интересов.

Вторым методом артикуляции интересов выступает голосование на выборах или референдуме. Голосование позволяет высказать пожелания широким слоям населения. Оно сильнее в уровне давления на политические элиты, чем непосредственное обращение, но уступает в этом акциям протеста, и поэтому рассматривается как умеренное средство. В ходе голосования затрагивается слишком широкий круг разнообразных проблем. Требования конкретных индивидов и социальных групп «теряются» в масштабности проблем и остаются без политического внимания. Кроме того, в период между голосованиями должностные лица часто отклоняются от курса, обозначенного изначально. Временной фактор существенно снижает бремя ответственности элиты перед обществом за выполнение данных обещаний.

Методы выражения интересов и требований нередко могут выходить за общепринятые политические рамки, приобретая форму протеста. Протест представляет собой наиболее сильное из указанных средств воздействия на политические элиты, гарантируя практически стопроцентную фокусировку ее внимания благодаря своей «выразительности». Как отмечает Г. Алмонд и др., стимулом к участию в политическом протесте могут выступать два совершенно разных обстоятельства. С одной стороны, к акциям протеста прибегают индивиды, которые лишены (или которым кажется, что они лишены) доступа к альтернативным политическим каналам выражения своих интересов. С другой стороны, протест используется гражданами упрочившихся демократий в качестве нормального или обыденного средства влияния на политику [9]. Выделяется два вида политического протеста: мирный протест и протест с применением насилия. Если первый разрешен законом во многих государствах, составляющих демократический лагерь, то второй запрещен повсеместно независимо от характера политического режима.

Политический процесс продолжается агрегацией интересов, в ходе которой требования индивидов и групп объединяются в политические программы. В современных демократических системах агрегация обеспечивается, главным образом, политическими партиями. В авторитарных системах агрегация тоже находится в ведении партий, однако широкие слои населения не принимают участия в этом процессе. В одних случаях агрегация происходит вообще без учета требований граждан, которые подменяются всеобъемлющей идеологией. В других случаях агрегация происходит на основе интересов лишь некоторых групп, тогда как деятельность других подавляется или полностью запрещается. Агрегация интересов сменяется выработкой политического курса, представляющей собой выбор одного единственного варианта из массы альтернатив. Цикл политического процесса завершается осуществлением политического курса, его реализацией, включающей извлечение ресурсов, их распределение, а также регулирование человеческого поведения. Извлечение предполагает получение правительством ресурсов (денег, товаров, людей и услуг) из внешней и внутренней среды, тогда как распределение – предоставление правительством отдельным лицам и общественным группам денег, товаров, услуг и возможностей. Уровень расходов в значительной степени зависит от уровня экономического развития той или иной страны. Под регулированием понимается осуществление контроля над поведением отдельных членов и групп общества.

Придерживаясь стадияльной модели, мы можем попытаться сформулировать определение неинституированного процесса, которое будет использоваться нами далее. Стадияльные модели, а также множество комбинированных моделей, совмещающих в себе положения стадияльных и потоковых моделей [10], отводят особое место артикуляции интересов и реализации политического курса. Именно поэтому параметры этих subprocessов, как нам представляется, могут служить базовыми критериями для разведения институированных и неинституированных политических процессов. Неконвенциональное политическое участие и неформальная практика распределения политических благ придают тому или иному процессу неинституированную форму. Таким образом, неинституированный процесс – это разновидность политического процесса, при которой артикуляция интересов и распределение политических благ осуществляется в основном без посредничества институтов, а именно через неконвенциональное политическое участие и неформальную практику распределения политических благ соответственно.

С. Верба и Н. Най одними из первых подвергли глубокой концептуализации политическое участие, оказав огромное влияние на все последующие работы, так или иначе касающиеся данного термина. По их мнению, политическое участие – это «та деятельность обычных граждан, которая прямо направлена на оказание влияния на выбор правительственного персонала и/или их действий, связанных с этим» [11]. По сути, С. Верба и Н. Най, как и другие ученые в то время [12], акцентировали свое внимание на электоральном поведении и политическом рекрутировании, оставляя другие формы участия, такие как, например, гражданское неповиновение, на заднем плане исследовательского мейнстрима. Такой подход объяснялся тем, что до конца 1970-х гг. иные формы политического участия просто считались иррациональными, разрушительными актами, не имеющими никакой связи с предметом политической науки [13]. С течением же времени ассоциация политического участия исключительно с голосованием и электоральной сферой все больше утрачивала связь с реальностью, которая предоставляла значительно больше примеров.

Как следствие, произошло первое расширение концепта политического участия, который теперь охватывал и другие формы, получившие научное признание. В своей работе С. Барнс и др. сделали акцент на неэлекторальном политическом участии, что отражало всплеск протестной активности в западных демократиях в

1960-х гг. [14] С их работой появилось крайне важное различие между конвенциональным и неконвенциональным участием. С тех пор это различие признается практически всеми авторами, что видно по предлагаемым ими довольно широкими определениям политического участия. Г. Перри, Д. Мойзер и Н. Дэй считают политическим участием «деятельность граждан, нацеленную на оказание влияния на решения, которые в большинстве случаев принимаются окончательно общественными представителями и чиновниками» [15]. В 1980-х гг. политическое участие, как правило, подразделялось на демократическое и агрессивное [16], позже появились и другие дихотомии: бросающее вызов элитам и не затрагивающее их ключевые интересы, легальное и нелегальное, формальное и неформальное [17]. Для целей нашего исследования достаточно различия между конвенциональным и неконвенциональным участием. Если конвенциональное участие – это конституционный процесс презентации интересов, в котором посредником служат политические институты, то неконвенциональное участие – это неконституционный процесс презентации интересов, протекающий без посредничества этих самых институтов. Репертуар неконвенционального участия шире, чем репертуар конвенционального. Неконвенциональное политическое участие может включать действия, направленные не только на оказание влияния на представителей государственного, но и частного сектора. Так, демонстрации часто служат средством противостояния правительственным решениям, например, решению сократить социальные пособия. Не реже они служат средством воздействия на общественное мнение и поведение частных компаний. Здесь можно вспомнить акции антиглобалистов и защитников окружающей среды.

К настоящему моменту в научной среде практически достигнут консенсус относительно того, какие же конкретно виды деятельности относятся к политическому участию. Еще в 1970-е гг. С. Верба и Н. Най, Л. Милбрет и М. Л. Гоэль выделили четыре вида участия: голосование, участие в избирательных кампаниях, общественную деятельность и отдельные контакты с политиками [18]. Г. Перри, Д. Мойзер и Н. Дэй расширили этот список, добавив неконвенциональные виды политического участия, которые ранее упомянули С. Барнс и др. [19]: прямое действие и политическое насилие [20]. Однако в настоящее время наибольшее признание получила классификация Я. Теореля, М. Торкаля и Х. Р. Монтеро, включающая голосование, партийную активность, политический консьюмеризм и протестную активность [21]. Как видно из последних классификаций, протестная активность заняла равнозначное место среди видов политического участия.

При этом необходимо подчеркнуть, что протестная активность может характеризоваться довольно различной степенью экстремизма, как предполагать применение насилия, так и нет. Так, П. Борн называет самые крайние формы неконвенционального участия неортодоксальными [22]. В свою очередь, неконвенциональное политическое участие или протестная активность может быть подразделена на три вида, изображенных в иерархическом порядке. Первый вид составляют акции протеста, разрешенные законом (например, подписание петиции или санкционированная демонстрация). Ко второму виду относятся неразрешенные законом, но мирные акции протеста (например, забастовка или несанкционированная мирная демонстрация). Наконец, третий вид включает акции протеста, предполагающие применение насилия (например, демонстрация с причинением вреда здоровью и нанесением материального ущерба гражданам).

Второе расширение концепта политического участия произошло в конце 1990-е гг., когда исчезла граница между политической и неполитическими сферами современного общества. В результате сегодня концепт включает не только влияние на власть, но и на гражданское общество. П. Норрис отмечает, что политическое участие есть «активность любого рода, направленная либо на оказание прямого влияния на правительственные органы и политический процесс, либо на оказание косвенного влияния на гражданское общество» [23].

Не вызывает сомнений, что ареной политического участия выступает политическая сфера жизнедеятельности общества. Однако многие события и процессы, наблюдаемые в мире, расширяют арену политического участия. Даже беглый взгляд на историю развития современных обществ в течение последних десятилетий показывает поразительное расширение деятельности правительств, заставляющее исчезать границу политической сферы. Хотя пространственные и временные различия сохраняются, произошло усиление позиций центрального правительства в социальной, экономической и культурной жизни. Рост доходов государства влечет за собой и рост расходов в перечисленных выше областях. Традиционные задачи государства не исчезают, а лишь дополняются новыми. С ростом правительственных расходов и увеличением числа правительственных задач возрастает и число интересов, обусловленных укрепляющимся правительством. А. Алесина и Р. Вачиарг отмечают, что «чем больше правительства становятся распределительными машинами, тем больше они порождают прямых конфликтов между победителями и проигравшими, затрудняя дальнейшее распределение» [24].

Ранее К. Веббер и А. Вилдавски описали этот феномен еще наглядней: «Большие правительства вызывают большое давление. Каждая новая программа создает новую группу интересов вокруг себя. Все больше людей начинают предъявлять требования к политикам. Должно приниматься больше решений для их удовлетворения, которые, ко всему прочему, должны как-то сочетаться с прежними политическими курсами» [25].

Сталкиваясь с политизацией частной, культурной и других сфер жизни, проистекающей от растущих интервенций правительства, граждане проявляют все больший интерес к политике, тем самым повышая вероятность политических конфликтов. Когда от трети до половины национального продукта создается в государственном секторе, то нет необходимости в сильных и убедительных аргументах для участия в политической жизни. Расширение правительственных функций и исчезновение границы между политическими и неполитическими видами деятельности приводит некоторых ученых к выводу, что политическое участие не может ограничиваться исключительно политической ареной. В свое время Р. Каттнер заметил, что в современных обществах невозможно избежать политики [26]. Если это так, то разница между политическим участием и другими видами деятельности исчезает. По словам Я. Теочариса и Я. ван Дета, если политика не может быть отграничена от других процессов, то любая активность граждан может быть названа политическим участием [27].

**Заключение.** Хотя концепция расширения концепта политического участия нашла признание в научной среде, сама дефиниция политического участия по-прежнему остается предметом дискуссий. Проблема заключается в том, что исследователи делают различные акценты, пытаясь разработать универсальную дефиницию. Одни делают акцент на прагматической составляющей, т.е. на процедурах, охватываемых политическим участием. С. Райли, К. Гриффин и И. Морей считают политическим участием формально организованную гражданско-политическую активность, обеспеченную набором прав и обязанностей (например, голосование или вступление в политическую партию) [28]. М. Димер относится к политическому участию как к участию в жизни политической системы посредством традиционных механизмов, таких как голосование на выборах или вступление в политические организации [29]. Другие ученые делают акцент на теологической составляющей, т.е. на целях, которым служит политическое участие. Например, С. Хантингтон и Д. Нельсон определяют политическое участие как деятельность отдельных граждан, направленную на оказание влияния на принятие решений правительством [30]. С. Верба, К. Шлозман и Г. Брейди характеризует ее как деятельность, имеющей своей целью влияние на поведение правительства – либо прямое влияние на процесс разработки и реализации государственной политики, либо косвенное влияние на выбор лиц, утверждающих такую политику [31].

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Kingdon J. W. *Agendas, Alternatives and Public Policies*. New York: Harper Collins, 1995.
2. Sabatier P. A. *Political Science and Public Policy // PS: Political Science and Politics*. 1991. Vol. 24. № 2. P. 144-147.
3. Lasswell H. D. *The Decision Process: Seven Categories of Functional Analysis*. College Park: University of Maryland Press, 1956.
4. Brewer G.D. *The Policy Sciences Emerge: To Nurture and Structure a Discipline // Policy Sciences*. 1974. Vol. 5. № 3. P. 239-244.
5. Wildavsky A. *Speaking Truth to Power: The Art and Craft of Policy Analysis*. New Brunswick: Transaction Books, 1987.
6. Sabatier P. A. *Toward Better Theories of the Policy Process // PS: Political Science and Politics*. 1991. Vol. 24. № 2. P. 147-156.
7. Алмонд Г. и др. *Сравнительная политология сегодня: Мировой обзор*. М.: Аспект Пресс, 2002. С. 81.
8. Подъячев К. В. *Институт обращений граждан в органы власти в России: возможности возникновения нового канала влияния // Полис*. 2007. № 5. С. 73.
9. Алмонд Г. и др. *Сравнительная политология сегодня: Мировой обзор*. М.: Аспект Пресс, 2002. С. 127.
10. Howlett M., McConnell A., Perl A. *Streams and Stages: Reconciling Kingdon and Policy Process Theory // European Journal of Political Research*. 2015. Vol. 54. № 3. P. 419-434.
11. Verba S., Nie N. H. *Participation in America: Political Democracy and Social Equality*. New York: Harper & Row, 1972. P. 2.
12. Lane R. E. *Political Life: Why People Get Involved in Politics*. Glencoe: The Free Press, 1959; Milbrath L.W. *Political Participation: How and Why Do People Get Involved in Politics?* Chicago: Rand McNally, 1965.
13. Quaranta M. *Political Protest in Western Europe: Exploring the Role of Context in Political Action*. Springer, 2015. P. 22.
14. Barnes S. H. et al. *Political Action: Mass Participation in Five Western Democracies*. Beverly Hills: Sage Publications, 1979.

15. Parry G., Moyser G., Day N. Political Participation and Democracy in Britain. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. P. 16.
16. Muller E. N. An Explanatory Model for Differing Types of Participation // European Journal of Political Research. 1982. Vol. 10. № 1. P. 1-16.
17. Marsh A. Political Action in Europe and the USA. London: Macmillan, 1990; Lavric M. et al. Youth 2010: The Social Profile of Young People in Slovenia. Maribor: Aristej Publishing House, 2011; Henn M., Foard N. Young People, Political Participation and Trust in Britain // Parliamentary Affairs. 2012. Vol. 65. № 1. P. 47-67.
18. Verba S., Nie N. H. Participation in America: Political Democracy and Social Equality. New York: Harper & Row, 1972. P. 44; Milbrath L.W., Goel M.L. Political Participation: How and Why Do People Get Involved in Politics? Chicago: Rand McNally, 1977. P. 20.
19. Barnes S.H. et al. Political Action: Mass Participation in Five Western Democracies. Beverly Hills: Sage Publications, 1979. P. 538-555.
20. Parry G., Moyser G., Day N. Political Participation and Democracy in Britain. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. P. 55.
21. Teorell J., Torcal M., Montero J.R. Political Participation: Mapping the Terrain // Citizenship and Involvement in European Democracies: A Comparative Analysis / Ed. by J.W. van Deth, J.R. Montero, A. Westholm. Abingdon: Routledge, 2007. P. 341.
22. Bourne P. A. Unconventional Political Participation in a Middle-Income Developing Country // Current Research Journal of Social Sciences. 2010. Vol. 2. № 3. P. 196-203.
23. Norris P. Count Every Voice: Democratic Participation Worldwide. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. P. 16.
24. Alesina A., Wacziarg R. The Economics of Civic Trust // Disaffected Democracies: What's Troubling the Trilateral Countries? / Ed. by S.J. Pharr, R.D. Putnam. Princeton: Princeton University Press, 2000. P. 163.
25. Webber C., Wildavsky A. A History of Taxation and Expenditure in the Western World. New York: Simon and Schuster, 1986. P. 493.
26. Kuttner R. Everything for Sale: The Virtues and Limits of Markets. Chicago: The University of Chicago Press, 1999. P. 329.
27. Theocharis Y., van Deth J.W. Political Participation in a Changing World: Conceptual and Empirical Challenges in the Study of Citizen Engagement. Abingdon: Routledge, 2018. P. 44-61.
28. Riley S.C.E., Griffin C., Morey Y. The Case for «Everyday Politics»: Evaluating Neo-tribal Theory as a Way to Understand Alternative Forms of Political Participation, Using Electronic Dance Music Culture as an Example // Sociology. 2010. Vol. 44. № 2. P. 345-363.
29. Diemer M.A. Fostering Marginalized Youths' Political Participation: Longitudinal Roles of Parental Political Socialization and Youth Sociopolitical Development // American Journal of Community Psychology. 2012. Vol. 50. № 1-2. P. 246-256.
30. Huntington S. P., Nelson J. M. No Easy Choice: Political Participation in Developing Countries. Cambridge: Harvard University Press, 1976. P. 3.
31. Verba S., Schlozman K. L., Brady H. Voice and Equality: Civic Voluntarism in American Politics. Cambridge: Harvard University Press, 1995. P. 38.

#### ОБ АВТОРАХ

**Эбзеев Ахмат Аскербиевич**, кандидат политических наук, доцент, депутат Народного Собрания (Парламента) КЧР V созыва, тел.: 8906-468-33-80, email: ebze1@yandex.ru

Ebzeev Akhmat Askerbievich, Candidate of Political Sciences, Associate Professor, Deputy of the National Assembly (Parliament) of the KCR of the V convocation, tel.: 8906-468-33-80, email: ebze1@yandex.ru

**Шебзухова Фатима Айсовна**, доктор философских наук, профессор, зав.кафедрой истории, обществознания и политологии РГБУ ДПО «Карачаево-Черкесский Республиканский институт повышения квалификации работников образования», тел: 8928-294-53-91, email: fatima1956@list.ru  
Shebzukhova Fatima Aisovna, Doctor of Philosophy, Professor, Head of the Department of History, Social Studies and Political Sciences of the "Karachay-Cherkess Republican Institute for Advanced Studies of Educators", tel: 8928-294-53-91, email: fatima1956@list.ru

Дата поступления 20.01.2019

# ДИСКУССИОННЫЕ СТАТЬИ

Е. Ю. Щедрина [E. Yu. Shchedrina]  
 А. Г. Моисеева [A. G. Moiseeva]  
 А. Н. Гончаров [A. N. Goncharov]  
 В. В. Хубулова [V. V. Khubulova]

УДК 338.48  
 DOI 10.33236/2307-  
 910X-2019-25-1-249-  
 255

## ЦИФРОВОЙ ТУРИЗМ: КАК ИНДУСТРИЯ 4.0 ПОВЛИЯЕТ НА ТУРИСТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ РЕГИОНА

DIGITAL TOURISM: HOW INDUSTRY 4.0 WILL AFFECT THE TOURIST  
 INDUSTRY IN THE REGION

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске, Россия,  
 e-mail: kaf-tppt@pfncfu.ru

**Аннотация.** Перспективы создания персонализированного информационного пространства туристских ресурсов, рассмотрены основания для цифровых преобразований в области туризма в региональном спектре.

**Цель исследования.** Рассмотреть вопросы оптимизации использования программного обеспечения Туризм 4.0 для создания беспрепятственных путешествий в условиях нашего региона

**Материалы и методы.** В настоящее время в России и, в частности, в регионах Северо - Кавказского федерального округа наблюдается активное развитие рынка туристских услуг. Туризм создает беспрепятственные путешествия, используя четыре основные технологии Индустрии 4.0, такие как искусственный интеллект, Интернет информации, анализ больших данных и облачные вычисления, чтобы сделать поездки более эффективными, безопасными, экологичными при оптимизации времени поездки и минимизация затрат для путешественников.

**Заключение.** В статье рассмотрены вопросы новых требований к формированию отраслевых структур региона, которые направлены на формирование и реализацию различных сфер жизнедеятельности в качестве цифровых платформ

**Ключевые слова:** туризм, туристские дестинации, Индустрия 4.0, цифровизация, Туризм 4.0.

*Abstract. Prospects for the creation of a personalized information space of tourist resources, considered the basis for digital transformations in the field of tourism in the regional spectrum.*

*Purpose of the study. Consider optimizing the use of Tourism 4.0 software to create smooth travels in our region*

*Materials and methods. Currently in Russia and, in particular, in the regions of the North Caucasus Federal District, there is an active development of the market of tourist services. Tourism creates seamless travel using the four core technologies of Industry 4.0, such as artificial intelligence, Internet information, big data analysis and cloud computing, to make trips more efficient, safer, greener while optimizing travel times and minimizing costs for travelers.*

*Conclusion. The article discusses the issues of new requirements for the formation of sectoral structures in the region, which are aimed at the formation and implementation of various spheres of life as digital platforms.*

*Key words: tourism, tourist destinations, industry 4.0, digitalization, tourism 4.0.*

**Введение.** Процессы модернизации охватывают все отраслевые структуры в глобальном контексте, как следствие современные тенденции развития различных сфер деятельности приравниваются к процессам цифровизации и автоматизации. В зарубежной и отечественной практике в основание развития туризма заложили новую концепцию, основанную на механизмах Индустрии 4.0 – Туризм 4.0. Туризм 4.0- это наименование современной концепции обработки больших данных, собранных в результате исследования различных туристских дестинаций, для создания персонализированного информационного пространства туристских ресурсов. Она основана на разнообразных современных высокотехнологичных компьютерных технологиях. Термин происходит от новой парадигмы в промышленности, известной как Индустрия 4.0.

Концепция Туризм 4.0 – создать экосистему, в которой физическое и цифровое пространство, инфраструктура, персонал и технологии объединяются в единый опыт множества различных туристических услуг и продуктов. Чтобы достичь этого, становится необходимым разработать новые системы совместной работы, в которых специалисты из различных отраслей, связанных между собой, разработают эффективно функционирующий механизм, направленный на продвижение туристского продукта

Условия для развития туризма и рекреации на какой-либо территории определяются общественно-географической ситуацией, при анализе которой учитываются: рекреационно-географическое положение, общим уровнем социально-экономического развития территории; доступностью территории потребителем туристско-рекреационных услуг; местом туристско-рекреационного комплекса в хозяйственном комплексе территории; наличием общехозяйственной инфраструктуры, включая социальную; атмосферой гостеприимства.

Для реализации концепции Туризм 4.0 в качестве пилотных регионов, следует рассматривать регионы, которые обладают богатым ресурсным потенциалом, но в виду определенных барьеров, развитие туристской индустрии стагнирует. В данной работе, в качестве такого региона был обособлен Ставропольский край.

**Материалы и методы.** Ставропольский край – это огромный по площади регион, который содержит на своей территории промышленные и курортные города, сельскохозяйственные угодья, заповедники, горные массивы, целебные нарзаны и источники, которые открыли для всего мира регион Кавказских Минеральных Вод.

Ставропольский край расположен в юго-западной части России. Край граничит: на юге с Республикой Северная Осетия – Алания, Кабардино-Балкарской Республикой, Карачаево-Черкесской Республикой, Чеченской Республикой, на севере – с Ростовской областью и Республикой Калмыкия, на востоке – с Республикой Дагестан, на западе – с Краснодарским краем.

Административным центром Ставропольского края является город Ставрополь.

В Ставропольском крае развиваются и реализуются основные виды туризма:

- лечебно-оздоровительный,
- паломнический,
- экстремально-спортивный,
- событийный,
- рыболовно-охотничий,
- этнографический,
- деловой,
- культурно-познавательный,
- экологический,
- сельский.

Условно регион можно разделить на три основных субрегионов: Ставрополь, Кавказские Минеральные Воды, муниципальные районы и регионы.

Необходимо сделать анализ основных субрегионов для того, чтобы увидеть полный туристско-рекреационный потенциал Ставропольского края. Кавказские Минеральные Воды являются крупнейшим особо-охраняемым курортным регионом России. По богатству и разнообразию бальнеологических ресурсов регион не имеет аналогов на Евроазиатском континенте, т.к. все его ресурсы расположены на сравнительно небольшой территории. Кавказские Минеральные Воды – это рекреационное соединение лечебного типа, включающее города-курорты: Пятигорск, Кисловодск, Ессентуки, Минеральные Воды и Железноводск. [6]

**Результаты.** Регион Кавказских Минеральных Вод является крупнейшим особо-охраняемым курортным регионом России, который составляет 17% от всего объема санаторно-курортных услуг страны.

Условно кластер Кавказских Минеральных Вод следует разделить на следующие уникальные зоны:

1. г. Кисловодск: Кисловодский национальный парк, который не имеет аналогов по своим уникальным особенностям на Евроазиатском континенте, медовые водопады и гора Кольцо.

2. г. Пятигорск: гора Машук и гора Бештау, куда может подняться любой желающий и пройтись по его окрестностям, а также парк Цветник, который содержит в себе большую и уникальную историю создания и большое количество памятников истории, культуры и архитектуры. В городе расположено уникальное озеро Провал, которое представляет собой карстовое озеро минеральной воды чистого голубого цвета.



3. Железноводск: гора Развалка, грот Вечной мерзлоты, в котором температура, вне зависимости от температуры и времени года на улице, всегда держится около нуля градусов. Здесь также расположена гора Железная, а на одном из склонов горы раскинулся прекрасный железноводский Курортный парк.

4. г. Ессентуки: парк Победы, Ессентукский курортный парк, в котором находятся здания, представляющие историческую ценность, а также в парке находятся памятники и бюветы с источниками.

5. г. Минеральные Воды: горы Змейка и Шелудивая, которые расположены недалеко от города.

Все города-курорты региона Кавказских Минеральных Вод обладают определенными, присущими только этому городу-курорту, природными минеральными питьевыми источниками, которые являются главным достоянием региона. В регионе Кавказских Минеральных Вод сосредоточены 14 месторождений минеральных вод различных типов. По химическому богатству и разнообразию источников, качеству и целебным свойствам – источники минеральных вод разнообразны и не имеют аналогов в мире.

Уникальное богатство региона Кавказских Минеральных Вод – это лечебные рапа и грязи Тамбуканского и Лысогорских минеральных озёр. Грязь используется в курортных учреждениях Кавказских Минеральных Вод, преимущественно в городе Ессентуки и городе Пятигорске, а также санаторно-курортных учреждениях Нальчика, Серноводска и Северной Осетии. Лечебная грязь отправляется также в лечебно-оздоровительные учреждения таких городов, как Москва, Ростов, Волгоград и Сочи.

Природные объекты города Ставрополя представлены следующими объектами: холодный родник, Казьминские термальные источники, парк Победы, Гора Стрижамент, Центральный парк, Травентиновый источник, источник Серафима Саровского, река Золка, Сенгилеевское водохранилище, озеро Кравцово.

А природные объекты ставропольских округов и районов включают в себя: Озеро Лысый Лиман, озеро Соленое, Бурукшунские лиманы, озеро Лушниковское, озеро Дадынское, Дундинское водохранилище, Беловский термальный источник, водохранилище Волчьих ворота, Курское водохранилище, источник «Русский», термальный источник ст. Суворовская.

Объекты культурно-исторического наследия очень широко представлены на Кавказских Минеральных Водах. Понятие памятника градостроительства и архитектуры распространяется на очень широкий круг объектов – от отдельных построек до целых градостроительных образований. Таким уникальным образованием можно с полным правом считать города-курорты КМВ. Из 592 объектов культурного наследия Ставропольского края - 348 зафиксировано на КМВ, из них 36 - федерального значения [3]

Архитектурные памятники городов-курорт Кавказских Минеральных Вод имеют свою специфическую черту – полное взаимодействие с окружающим пространством, связь с уникальным ландшафтом, – что предопределило особенности градостроительных композиций.

Так еще, например, города связаны ансамблевыми решениями – это объединение ряда историко-культурных и природных памятников в Пятигорске, Кисловодске, Железноводске, связанных с жизнью и творчеством великого поэта, которые стали объектами государственного музея-заповедника М. Ю. Лермонтова, придающих всем Кавказским Минеральным Водам особую значимость.

Объекты культурно-исторического значения города Ставрополя представлены: Собор Андрея Первозванного, Церковь Успения Пресвятой Богородицы, Крепостная гора, проспект Карла Маркса, Триумфальная арка «Тифлисские ворота», памятник генералу Ермолову, памятник «Хоперская палатка», монумент Ангел-хранитель города, памятник самолету ИЛ-18, памятник генерал-губернатору Никифоруки, мемориал Вечной славы, Немецкий мост.

Объекты развлечений в каждом городе-курорте региона представлены по-разному: питьевая галерея санатория «Виктория», историко-краеведческий музей им В. П. Шпаковского, кинотеатры «Искра» и «Дружба», фермерское хозяйство «Рыбацкая деревня», боулинг-клуб «Экстрим», аквапарк «Город Солнца», боулинг-клуб «Пирамида», городской краеведческий музей, нарзанная галерея, государственная филармония на КМВ, аквапарк в санатории «Долина нарзанов», боулинг-клуб Виктория, кисловодский государственный цирк им. Г. М. Трахтенберга, дельфинарий, историко-краеведческий музей «Крепость», театр-музей «Благодать», концертный зал им. Сафонова, кинотеатр «Октябрь», боулинг-клуб «Макси», музей-заповедник им. М. Ю. Лермонтова, концертный зал «Россия», государственный театр оперетты, боулинг-клуб «Галактика», боулинг-клуб «Спорт», дом-музей Алябьева, зоопарк «Берендеево», кинотеатр «Космос», кинотеатр «Другар», кинотеатр «Родина», торгово-развлекательный центр «Вершина-Плаза», музей насекомых, народный музей боевой славы поста №1, концертный зал «Камертон».

Объекты развлечений в г. Ставрополе представлены: Ставропольский государственный цирк, ансамбль народной песни «ЛЕЛЬ», батутный парк «StavJumpPark», боулинг-клуб «Континент», боулинг-клуб «Триумф», вейк-парк Белкино, детский развлекательный центр «Sgazipark», казачий ансамбль песни и пляски «Вольная степь», кинотеатр «Салют центр», контактный зоопарк, пейнтбольный клуб «Южный фронт», Ставропольская городская капелла «Кантабиле», ТОРК «Галерея».

Объекты развлечений ставропольский округов и районов представлены следующими объектами: авиационно-спортивный клуб сверхлёгкой авиации «Юца», Андроповский музей, боулинг-клуб «М8», историко-краеведческий музей «Наследие», историко-краеведческий музей «Исток», мемориально-краеведческий музей, филиал «Ставропольский краевой музей изобразительных искусств», туристско-этнографический центр «Казачье подворье», СХП «Свободный труд».

Динамика туристических потоков в Ставропольском крае за последние пять лет имеет положительную динамику (рис. 1).

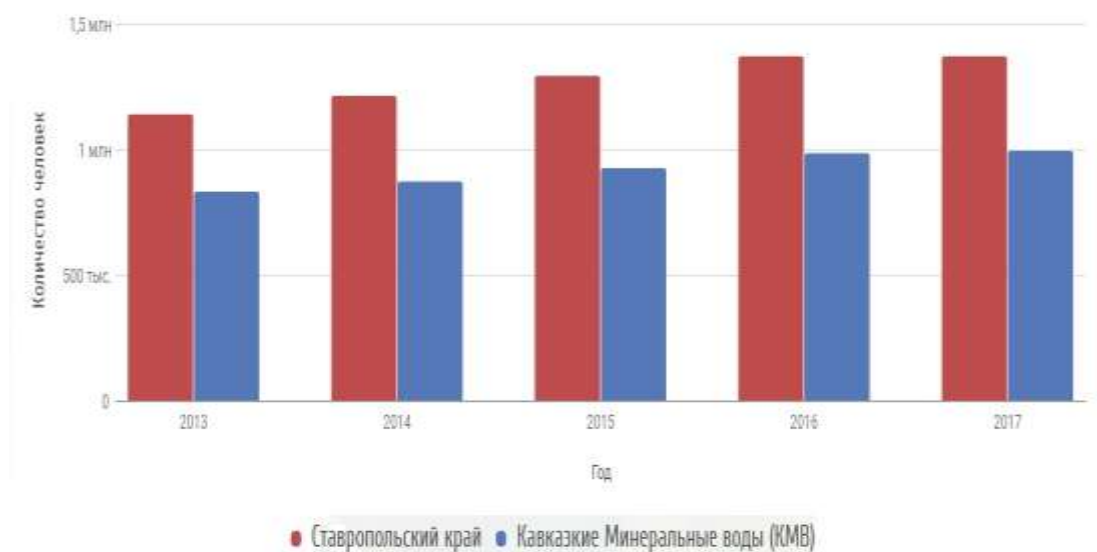


Рис. 1. Туристский поток в Ставропольском крае на период 2013–2017 гг.

Гостиничная сфера имеет межотраслевую специфику. Она служит не только для размещения туристов, но и обеспечения их питанием, транспортом, разными видами развлечений, помогает в проведении культурно-массовых, научно-познавательных, деловых и других мероприятий, производит и реализует большой ассортимент сервисных услуг. Средства размещения представлены, как гостиницы, апартаменты, SPA-отели, ресторанно-гостиничные комплексы, гостевые дома, мини-гостиницы, мотели и хостелы.

Так, наиболее актуальными задачами и приоритетными направлениями развития туристской отрасли в Российской Федерации являются: поддержка субъектов турбизнеса, специализирующихся на предоставлении услуг в сфере внутреннего и въездного туризма. Один из основных критериев предлагаемого типового паспорта туристской дестинации это доля, предоставляемый спектр туристских услуг (в т.ч. гостиничных).

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что большинство муниципальных районов края не имеет средств, полученных от реализации туристского продукта. Это говорит о том, что на территории таких муниципальных образований, как Степновского, Апанасенковском, Арзгирского, Туркменского и т. д., отсутствуют субъекты туристического рынка и соответствующая туристическая инфраструктура, либо они не зарегистрированы или не отчитываются в полном объеме о проведении на территории сельских муниципальных районов туристской деятельности.

Таким образом, неограниченные ресурсные возможности региона для развития туристских дестинаций сталкиваются с проблемой неразвитой инфраструктуры и малой долей участия представителей малого и среднего предпринимательства в туристической индустрии региона.

Таблица 1

Основные финансовые показатели деятельности турфирм в Ставропольском крае на конец 2018 г., тыс. руб.<sup>14</sup>

Наименование муниципальных районов и городов Ставропольского края	Объем средств, поступившие от реализации туристского продукта (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов и аналогичных обязательных платежей), тысяча рублей
Александровский р-н	64,0
Андроповский р-н	1025,7
г. Буденновск	2330,3
г. Георгиевск	1370,0
г. Ессентуки	11708,2
г. Железноводск	29068,1
г. Кисловодск	81439,0
г. Лермонтов	58,6
г. Минеральные Воды	1606,1
г. Невинномысск	10483,9
г. Пятигорск	70290,4
г. Ставрополь	72543,5
Георгиевский р-н	553,0
Кировский р-н	330,1
Петровский р-н	53,2
Предгорный р-н	1743,0
Шпаковский р-н	348,3

Если обратить внимание на распределение гостиничных предприятий по городам и районам Ставропольского края, то можно увидеть, что, несмотря на объем оказываемых туристических услуг, конкуренция на рынке реализации анализируемых услуг незначительна.

Основным инструментом государственного регулирования развития туризма в регионе является типовая долгосрочная целевая программа развития туризма. В контекст данной программы следует ввести подпрограмму, которая будет направлена на реализацию механизмов концепции Туризм 4.0 на территории Ставропольского края, как региона, обладающего масштабной туристской ресурсной базой.

Концепцию Туризм 4.0 следует разделить на четыре блока: инновации, технологии, окружающая среда и приложения, которые условно можно визуализировать в качестве модели, представленной на рис. 2.

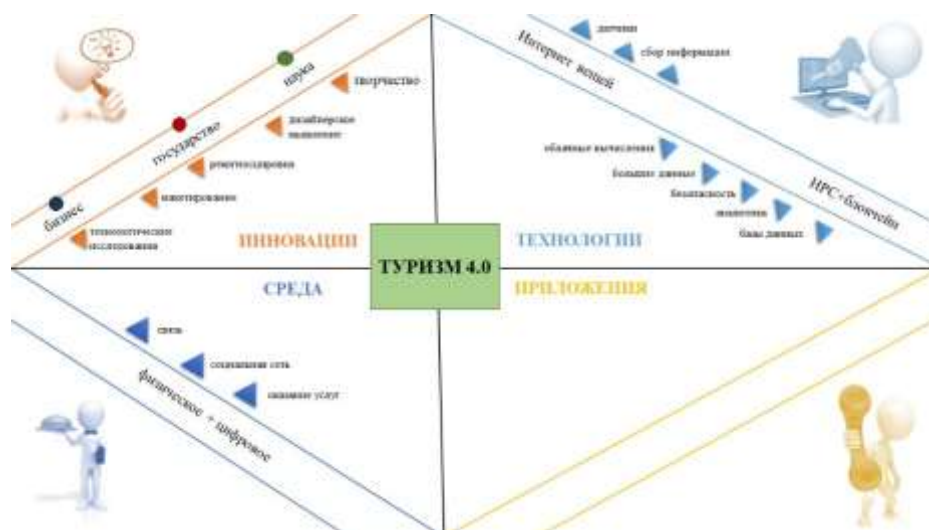


Рис. 2. Структура концепции Туризм 4.0

<sup>14</sup> Составлено автором по материалам Официального сайта: Управления Федеральной службы государственной статистики по Ставропольскому краю, Карачаево-Черкесской Республике и Кабардино-Балкарской Республике. [Электронный ресурс]. URL: <http://stavstat.gks.ru/>

**Заключение.** Таким образом внедрение и реализации новой концепции Туризм 4.0, основанной на механизмах Индустрии 4.0, способствует развитию туристских дестинаций региона и позволяет разработать эффективную туристическую политику по средствам процессов цифровизации и автоматизации. Данная концепция является основой для становления и перехода в новое экономическое пространство, позволяющее взглянуть на сферу услуг с точки зрения технологической платформы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров А. Н., Хубулова В. В. Агротуризм как перспективное направление развития туризма на Северном Кавказе // Экономика и предпринимательство. 2017. № 2-1 (79). С. 205-208.
2. Гончаров А. Н., Хубулова В. В. Пространственное развитие туризма в Ставропольском крае: кластерный подход // Экономика и предпринимательство. 2018. № 2 (91). С. 306-309.
3. Карташева О. А., Сохранение историко-культурного наследия Кавказских Минеральных Вод // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. Спецвыпуск. 2007. С. 83-86.
4. Кружалин В. И., Мироненко Н. С., Зигерн-Корн Н. В., Шабалина Н. В. География туризма: учебник. М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. 336 с.
5. Курченко Э. Б., Хубулова В. В. Спортивно-событийный маркетинг как инструмент развития территории // Экономика и предпринимательство. 2018. № 2 (91). С. 348-352.
6. Моисеева А. Г. Факторы, негативно влияющие на развитие туризма на КМВ // Стратегия развития индустрии сервиса, туризма и дизайна: новые вызовы и практика инноваций. сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 4 томах. 2015. С. 54-57.

#### REFERENCES

1. Goncharov A. N., Khubulova V. V. Agroturizm kak perspektivnoe napravlenie razvitiya turizma na Severnom Kavkaze // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2017. № 2-1 (79). S. 205-208.
2. Goncharov A. N., Khubulova V. V. Prostranstvennoe razvitie turizma v Stavropol'skom krae: klasternyi podkhod // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2018. № 2 (91). S. 306-309.
3. Kartasheva O. A. Sokhranenie istoriko-kul'turnogo naslediya Kavkazskikh Mineral'nykh Vod // Izvesti vuzov. Severo-Kavkazskii region. Obshchestvennye nauki. Spetsvypusk. 2007. S. 83-86.
4. Kruzhalin V. I., Mironenko N. S., Ziger-N Korn N. V., Shabalina N. V. Geografiya turizma: uchebnik. M.: Federal'noe agentstvo po turizmu, 2014. 336 s.
5. Kurchenko E. B., Khubulova V. V. Sportivno-sobytiinyi marketing kak instrument razvitiya territorii // Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2018. № 2 (91). S. 348-352.
6. Moiseeva A. G. Faktory, negativno vliyayushchie na razvitie turizma na KMV // Strategiya razvitiya industrii servisa, turizma i dizaina: novye vyzovy i praktika innovatsii. sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v 4 tomakh. 2015. S. 54-57.

#### ОБ АВТОРАХ

**Щедрина Екатерина Юрьевна**, магистрант, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске  
Shchedrina Ekaterina Yuryevna, master's student, Institute of service, tourism and design (branch) of the Federal state Autonomous educational higher education institutions "North Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

**Моисеева Анна Геннадьевна**, магистрант, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске  
Moiseeva Anna Gennadiyevna, master's student, Institute of service, tourism and design (branch) of the Federal state Autonomous educational higher education institutions "North Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

**Гончаров Андрей Николаевич**, ст. преподаватель кафедры продуктов питания и товароведения, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Goncharov Andrey Nikolayevich, Senior Lecturer of the Department of food and commodity science, Institute of service, tourism and design (branch) of Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "North-Caucasian Federal University" Pyatigorsk

**Хубулова Вероника Васильевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, менеджмента и государственного управления, Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Khubulova Veronika Vasilyevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Economics, Management and public administration, Institute of service, tourism and design (branch) of the Federal state Autonomous educational institution of higher education "North Caucasus Federal University" in Pyatigorsk

Дата поступления в редакцию 28.01.2019

П. Л. Карабущенко [P. L. Karabuschenko]

УДК 94(47).045:(4-15-43)(093)  
 DOI 10.33236/2307-910X-  
 2019-25-1-256-267

**АНАТОМИЯ РУССКОЙ СМУТЫ**

THE ANATOMY OF RUSSIAN THE TIME OF TROUBLES

ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия,  
 E-mail: Pavel\_karabushenko@mail.ru

**Аннотация.** В своей истории Россия пережила две великие смуты (начало XVII и XX столетий), и массу более мелких социально-политических потрясений, которые в разной мере колебали ее политические и социальные устои, заставляя власти и общество искать и находить новые компромиссы, иной баланс сил, другие формы совместного общежития.

**Материалы и методы.** Люди смутного времени обладали целым набором отличительных характеристик, отделяющих их от граждан законопослушного времени. Особенно это касается политических элит, ведущих в это время крайне деструктивный образ жизни. Сама Смута является исторической точкой бифуркации, сменой мировоззренческих парадигм, обновлением устаревших традиций и обнулением актуализации прежних заслуг и привилегий.

**Результаты.** Системный конфликт становится фундаментальным стрессом для процесса элитогенеза, ломая прежние веками отработанные схемы селекции элит и лидеров. Вертикаль власти ослабевает и распадается на фрагменты. Фрагментируется и само общество, раскалываясь на плохо взаимодействующие структуры, переставших воспринимать и понимать других, оценивая их в качестве чужого и враждебного. Такая же фрагментация постигает и историческую личность, которая перестает соответствовать своим прежним культурным кодам, пребывая в состоянии постоянного поиска нового смысла своей жизни. Анатомия Смуты представляет собой систематизацию объективных и субъективных причин, приведших государство к подобному крайне нестабильному состоянию (политической энтропии).

**Заключение.** В настоящей работе раскрывается механизм формирования и существования политики смутного времени, дается компаративистский анализ двух русских смут XVII и XX столетий, их общие и особенные характеристики.

**Ключевые слова:** самодержавие, элита, смута, революция, иерархия, фальсификация, политическая борьба, конфликт, война, «человек смутного времени», «люди смутного времени».

**Abstract.** In its history, Russia has experienced two great turmoil (the beginning of XVII and XX centuries), and a lot of smaller sociopolitical upheavals which degrees shook the its political and social foundations, forcing the authorities and society to find new compromises, a balance of power, other forms of joint common life.

**Materials and methods.** People of turmoil times had a set of distinctive characteristics that differed them from the citizens of peaceful time. This is especially true of the political elites, leading extremely destructive lifestyle at that time. Turmoil is a very historical bifurcation point, the change of philosophical paradigms, updating outdated traditions and zeroing actualization of previous achievements and privileges.

**Results.** Systemic conflict becomes fundamental stress for elitogenesis process, breaking the previous centuries spent elite breeding scheme and leaders. Vertical power weakens and breaks into fragments. The society itself is fragmented splitting a poorly interacting structure ceases to perceive and understand the other, judging them as alien and hostile. The same fragmentation comprehends the historical person who has ceased to fulfill its former cultural codes, in a state of constant search for a new meaning of life.

The anatomy of the Time of Troubles is a systematization of objective and subjective reasons that led to such a state is very unstable state (political entropy). In the present study we reveal the mechanism of formation and existence of the

**Conclusion.** Time of Troubles policy, give Comparative analysis of two Russian troubles of the XVII. and XX. centuries, their general and specific characteristics.

**Key words:** autocracy, elite discord, revolution, hierarchy, falsification, political struggle, conflict, war, "person of troubled times", "people of troubled times."

**Введение.** Анатомия русской Смуты предполагает анализ неадекватного поведения властей и встречные протестные, но тоже деструктивные по своему характеру общественные действия, направленные на нивелировку возникшей угрозы и стремления вернуться к стабильной системе национальной безопасности. Таким образом, анализ природы Смуты начинается с установления диагноза состояния здоровья власти, продолжается анализом общественного состояния и заканчивается вынесением приговора исторической науке, которая оказывается виновна в том, что опять никого ничему не научила.

Основной задачей настоящей работы – выявить общие характерные черты и особенности природы политической Смуты, описать и проанализировать принципы и законы, по которым она развивается, а также каких героев и антигероев она порождает и каким обладает самосознанием (рефлексией) ее главных участников. Исходя из этого в качестве *объекта* нашего исследования мы выделяем сам феномен русской Смуты, представленной конкретными событиями начала XVII и XX столетий, а в качестве *предмета* определяем профессиональные особенности власти (элиты) в условиях полномасштабного системного кризиса. Для раскрытия диалектических связей и установления логики внутреннего развития процессов смутного времени, нам предстоит комплексно использовать методы компаративистики и герменевтики, активно применять исторический метод, а также ценностно-нормативный, системный, структурно-функциональный и психологический методы исследования.

**Материалы и методы.** Настоящей работой мы пытаемся восстановить код смутного времени и анатомию поведения людей во время мятущихся событий. Люди смутного времени – это особый тип, возникающий на изломе эпох и сломе традиций. Его генотип выводится на основе анализа всего массива первоисточников, содержащих свидетельства об мировоззренческих особенностях той эпохи. История по Платону, это попытка припоминание прошлого, путем логического выведение неизвестного из уже известного (*Критий, 108c-118a*). Забытые дела – забвения разума, погружение сознания в мифологию, где красивый вымысел заменяет отсутствующую рациональность (*Критий, 109d*). Именно с целью избежать мифологизации событий смутного времени, мы и пытаемся разобраться в её реальной анатомии, раскрыть кодировку тех событий, утаенную в секретных замыслах и скрытых мотивациях ее основных участников.

В связи с обозначенным предметом, нас в первую очередь интересует не самодеятельность уже революционно настроенных масс, а то, как ведет себя власть и высшее сословие в процессе складывания т.н. «революционной ситуации», как элита своими руками создает и пестует своего «могильщика» и как она затем участвует в своих собственных похоронах. О том, что элиты несут свою вину за складывание революционной ситуации, писали многие авторы прошлого. Так, ещё В.О. Ключевский прямо обвинял в возникновение смуты XVII в. боярские козни и негодное чиновничество [Ключевский, 1988 : 27-29]. Один из теоретиков национального пути русского народа публицист из газеты «Новое время» М.О. Меньшиков (1859 – 1918) отмечал, что «в истории революций нет интереснее той части, где описывается, как сама власть, точно ослепшая, подготовляла бунт, усердно работала над крушением общества, расшатывала устои – и вдруг тысячелетняя почва проседала и в пропасть валились древние установления, пышные титулы и еще недавно твердые, как гранит, законы» [Меньшиков, 2000 : 27] Именно эту сторону власти мы и постараемся осветить на страницах настоящей работы.

Смута возникает тогда, когда наступает всеобщее гражданское помутнение разума и государство оказывается совершенно беспомощным преодолеть возникшее отчуждение власти от народа. Таковыми в России были события 1598–1612 и 1917–1921 гг., получившие в историографии названия «Смутного времени».

**Результаты и обсуждение.** **Люди первого смутного времени (1598–1613 гг.).** Главная цель истории – не столько докопаться до сущности времен Адама и Евы, сколько понять почему мы такие как есть, и что нас сделало таковыми. История представляется процессом поэтапного сотворения национального духа, полученного в наследство от наших предков. Если А.С. Пушкин описывал русскую смуту («Борис Годунов», «Капитанская дочка»), стремясь проникнуть в психологическую ткань этого процесса, то Ф.М. Достоевский мучился предчувствием наступления нового «бесовского времени», и предостерегал тех, кто толкал страну к этой пропасти. И в этом предостережении уже содержится код грядущих революционных потрясений.

Рефлексия участников первого смутного времени фиксируется не только на страницах их официальной переписки и воспоминаний, но также проявляется и в самих мотивах их поступков. Лица, облеченные властью в своих официальных документах порой перестают говорить правду и выдают желаемое за действительное, излагая события в выгодном для них свете. В смутное время прекрасно срабатывает принцип перемешивания достоверной информации с вымышленной, и усиление информационных атак на своих противников в ключевые моменты истории. При этом в зависимости от конъюнктуры меняться местами могут герои и антигерои, переворачивая вокруг себя и все информационное пространство. От того работать с документами этого времени крайне сложно [Памятники Смутного времени, 2001]. Особый интерес представляет сравнительный анализ рефлексии дневниковых записей интервентов (С. Кобежицкий, И. Будило, М. Мнишек и др.) и воспоминания русских участников тех событий (А. Палицын, И. С. Тимофеев, А. И. Хворостинин и др.).

В первую очередь Смута означает *раскол элит* и их неспособность эффективно управлять страной. Понижение профессионального уровня и активности верхов сопровождается усилением нигилистического брожения низов, почувствовавших слабость государственной узды и попытавшихся самоорганизоваться по своему усмотрению. Борьба боярства за сохранение и приумножение своих родовых привилегий и политического влияния на самодержавие, привела к расколу правящего класса. Именно эти притязания послужили причиной прямой борьбы аристократии с верховной властью. И царская власть оказалась не готова к такому противостоянию. Прежде всего, у нее не хватило персонального ресурса (царь как личность оказался слабее суммарной личности русского боярства). На раскол элиты наложился еще и углубившийся социальный раскол - это было время, когда «господин не был уверен в слуге, слуга в господине» [Будило, 1872 : 361]. Социальное напряжение усугубил голод, унесший по оценкам историков до полумиллиона россиян [Соловьев. 2001 : 534]. Голод и нищета стали главными спутниками всех русских Смут, определяя вектор и динамику народного протестного движения.

Вина за все эти несчастья пала на главу государства, который «незаконно» занял престол в обход знатнейших родов, чем и вызвал протест боярской оппозиции, своим саботажем приведших страну на грань национальной катастрофы. Помимо Бориса Годунова обвинение в подготовке условий смутного времени ложится также и на личность царя Ивана Грозного. Непосредственный участник той Смуты дьяк И. С. Тимофеев (ок.1555 – ок.1631) прямо указывал на грех грозного царя в разжигании внутреннего раздора: «Течение его жизни не было ровным; в юности он находился более чем часто в гневе и чрезмерной ярости, без милосердия поднимающихся в нем против нас за наши грехи, так как он был удобоподвижен к злобе как по природе, так вместе и из-за гнева. Больше к единоверцам, которые находились в его руках, под его властью, к близким ему людям — великим и малым, — нежели к врагам, он оказывался суровым и непрístupным, а к которым ему таким быть следовало, к тем он был не таким от поднимающегося в нем на своих людей пламенного гнева» [Временник. 1951 : 173-174]. Именно деспотическая политика Ивана Грозного в отношении его аристократии и возбудило ненависть последней к русскому самодержавию. «Этим он произвел в своей земле великий раскол, [Выделено – П.К.] так что все в своих мыслях недоумевали о происходящем; думаю, что он и бога самого премилостивого ярость против себя разжег этим разделением, как бы предсказывая (прообразуя) теперешнее во всей земле разногласие, с того времени (начавшееся) и сейчас (происходящее)» [Временник. 1951 : 174]. Тимофеев высказывает предположение, что «таким (как Борис Годунов) людям дверь дерзания на подобные (дела) непозволительно открылась уже давно, возможно – от самого (того времени), когда прекратились (истинные) самодержавцы» [Временник. 1951 : 244]. Таким образом, ложное самодержавие лихих людей сама по себе уже есть смута воровского времени.

Другой свидетель тех событий Авраамий Палицын тоже прямо обвиняет элиту в зачинании Смуты на Руси: «И сего ради не бысть совета блага между воевод, но вражда и мятежь... И бысть во всей Росии мятежь велик и нестроение злейши перваго; бояре же и воеводы, не ведуще, что сотворити, зане множество их зело и в самовластии блудяху...» [Палицын, 1909. Гл.71]. Политический блуд воевод и бояр и спровоцировал падение престижа самодержавной власти. Досталось от Палицына и воровскому казачеству: «казацкого же чина воинство многочисленно тогда было и в прелесть великую горше прежнего впала, предалось блуду, питию и зерни, и пропивше и проигравше вся своя имения, насилвало многих православных христиан» [Палицын, 1909. Гл.71]. Творимое ими насилие было сродни иноземному нашествию.

Многие современники Смуты воспринимают это время как эпоху торжества ложного и катастрофического сокращения достоверного. Как непосредственный участник событий, свое «Сказании» (1620 г.) Авраамий Палицын пишет практически сразу же после окончания Смуты, сам пытаясь для себя понять истоки и смысл этого общерусского бедствия. Он отмечает, что многие в это время перестали быть сами собой, сменили не только образ жизни и социальное состояние, но и прельстились самозванством. Во вторую русскую смуту революционеры тоже занялись самозванством, поменяв свои исконные имена на партийные псевдонимы, что тоже означало подмену личности. Но если самозванство первой Смуты имело целью приписать себе родство к достоинству прежнего времени, то самозванство второй русской Смуты, напротив, было отрицанием своего отношения к прежнему «темному» прошлому. Многие в Смуту выдают себя за других (не тех, кем они были на самом деле), и сами сочиняют о себе миф. Так личность подменяется личиной, маской, которая дает право на новую более счастливую (как им всем кажется) жизнь. Активистов Смуты Палицын характеризует, как «лжи ласкатели» и «зла начинатели» [Палицын, 1909. Гл.71]. Как природа омрачает небеса тучами, так и Бог омрачил всем



разум - все впали в ужас и разъединились в своем мнении на «многие множества». И труд земной стал приносить негодные плоды [Палицын, 1909. Гл.2].

Непреложный закон Смуты гласит – совесть не указ, а рудимент мирного (порядочного) времени. Смута – время беспорядка, хаотизации морали и права. Многие с «чистой совестью» пошли служить Самозванцу, веря в его прирожденное право на власть. И многих ждало жестокое разочарование. Поэтому им пришлось в последствии оправдываться и даже каяться, за совершенные несправедливые деяния. Так, первый русский западник и один из фаворитов Лжедмитрия I князь И.А. Хворостинин (ум. 1625) оценивал Смуту, как оскудение любви в человеке: «оскудели города, оскудели люди, - пишет он в своих «Словесах дней» (1619–1624 гг.), - но не оскудела мерзость, и возрос плод греха, распространились дела беззаконные, и возненавидели люди друг друга, и все чаще мы стали впадать в соблазн» [Хворостинин, 1913 : 233]. И началась эта скудость, по его мнению, с правящего класса, который забыл свой долг и утратил свою честь, поставив свои мелкие интересы выше интересов государства Российского. Цари перестали быть царями государственного долга и стали царями личной прихоти. Самозванец «прельстил души неразумных... и всех смутил» [Хворостинин, 1913 : 235]. В числе смутившихся оказался и сам Хворостинин, который при Лжедмитрия I получил чин кравчего, оказавшись в эпицентре событий 1605–1606 гг.

Во время Смуты XVII в. многие всплывшие на поверхность политического процесса персоны, пытались объединить вокруг себя силы, заинтересовав их конкретными перспективными проектами. И самая главная перспектива захвата власти была в измышлении нового самозванца [Скрынников, 1990]. У каждого смутного времени есть свой антихрист. В смутный 1605 г. им стал Лжедмитрий. Лукавая лесь этого обманщика соблазнила тогда умы многих россиян. «Явившись вполне сатаной и антихристом во плоти, он самого себя принес в жертву бесам», отмечает дьяк Тимофеев [Временник. 1951 : 254-255]. Населением самозванцы воспринимались как избавление от Смуты. Поэтому самозванство было с радостью встречено и за ним пошли многие [Будило, 1872 : 87]. Это уже затем будут оправдываться – лукавый, дескать, попутал: «И все последовали за ним, и все вместе лукавили, и никто мужественно ему не возразил, но все от страха пришли в смятение» [Хворостинин, 1913 : 236]. Смута потому и была Смутой, что всяк самозвано лез в цари. Абсолютный рекорд в этом смысле поставил Астраханский воевода И. Д. Хворостинин (кузен И. А. Хворостинина) - за три года он умудрился пообщаться сразу с 12 «царевичами», троих из которых, судя по всему, собственноручно создал для удовлетворения собственных нужд [Карабущенко, 2008 : 182-202]. В сложившейся ситуации только всенародный (церковные иерархи «и все народное множество православных христиан») собор земли Русской мог по воле Бога выбрать законного царя [Палицын, 1909. Гл.71].

Смута также означает потерю национального суверенитета, выразившейся в интервенции иноземных войск. Так было в первую русскую Смуту, так случилось и во вторую. Авраамий Палицын описывает нашествие польско-литовских орд как самый настоящий национальный позор и унижение. И в этом плане ключевым событием стала осада Троице-Сергиевой лавры, которая в случае поражения несло Руси угрозу ее духовной гибели, а в случае победы – давало надежду на национальное возрождение [Соловьев, 2001 : 791, 825]. Впрочем, и сами интервенты тоже жестоко заплатились, придя с дурными намерениями в Московию. Описание перенесенных ими здесь страданий, вызывал дикий ужас у «цивилизованного» европейского читателя. Как писал в своем «Дневнике» один из этих интервентов, к концу Смуты от их войска вместо солдат «остались не люди, а одни тени, да и тех было мало» [Будило, 1872 : 362]. Россия стала кладбищем для большинства из них. Позором завершились блистательные планы. Так, за что им любить эту ужасную страну(!)

Неожиданные победы польско-литовских войск в Московии в начальный период блуда сыграли злую шутку с интервентами, вселив в них неоправданный оптимизм. «Победы в Московии ... такую произвели радость в Польше, что, казалось, *помutilи мысли и помешали рассудок короля и вельмож*: [Выделено – П.К.] они твердо были уверены, что побежденная Московия скоро будет под польский скипетром; уверенность в несомненной победе приводила в такой восторг, что многие уже толковали о преобразовании Московии в польскую провинцию. Не много было таких, которых занимала мысль о жаловании воюющему войску и об успехах восстановления русских» [Сказания польского историка, 1842 : 6]. Соперничество и вражда внутри самих военных руководителей интервентов привела к тому, что объединенные силы русских одержали над ними победу 1612 г.

История свидетельствует, что Смута всегда замешана на крови, как виновных, так и невинных жертв. Жертвами Смуты становились как ее главные злодеи, так и святые. И общество после этого долго еще спорило о том, кто свят, а кто грешен. Смута XVII в. началась с гибели в Угличе царевича Дмитрия (1591 г.) и завершилась

казню воровского царевича Ивана (1614), повешенного по приказу нового царя в возрасте 4 лет в проезде ворот Спасской башни Московского Кремля. Русская Смута XX в. тоже прошла по детским жизням, словно и не было Достоевского предупреждения о слезинке ребенка; словно и не было пушкинского призыва пробуждать милость к павшим... Смута к гуманизму глуха. Черства она и к голосу трезвого разума. Смута мстительна, причем мстит мелочно и по обывательски гадко.

Смута – это также и демонтаж ценностей правящих элит; это война всех против всех при фатальном ослаблении государственной власти. Тогда разрушается общественный договор с властью, которая перестает быть политической ценностью. При вакууме власти возникают альтернативы, активно оспаривающие приоритет друг у друга. Это было время, когда многие возводили свои дома на песке, мало заботясь о своей безопасности [Временник. 1951 : 287]. У отдельных сил оказывалось достаточно ресурсов, чтобы сложиться в некое подобие элитных групп, но не оказывалось сил для того, чтобы выразить ее в диктате своей власти [Карабущенко, 2008 : 189]. И не удивительно, что еще одним признаком смутного времени стали т.н. «воровские элиты».

«Ворами» в то время называли всех смутьянов. Но ворами воров были коррупционеры (клиптократия). Боярско-воеводская коррупция последних рюриковичей выродилась в клиптократию воровских элит смутного времени. Ворovali на Руси все, везде, всегда и много. Но особенно воровство процветало во время Смуты, достигнув своей абсолютной величины. Воровские элиты – это весьма внутренне подвижные группы маргиналов и свободных радикалов, перманентно собирающихся для достижения конкретных целей; это хорошо организованная вольница, без царя в голове, но с конкретным проектом своего «малого царства» на уме. Воровские элиты черпали свою власть в хаосе, самочинно присваивая чужие ресурсы. Фактически это был бунт внесистемной пассионарности, решивший самоорганизоваться на принципах децентрализации и открытой селекции элитности. И главная кража была осуществлена в отношении самой царской власти. Целая плеяда самозванцев («воровских царей») была нацелена на воровство царских истин власти. Нет ничего ужаснее, чем украсть у народа Истину, подменив ее фальшивкой.

Смута XVII в. стала временем разграбления всего прежде нажитого национального материального достояния и духовного достоинства. Элита-воров во главе с вором-царем расхитили все богатства прежних правителей. Наблюдавший за «ворами» дьяк И. С. Тимофеев, сравнивает ссоры и соперничество приспешников Лжедмитрия I с грызней собак из-за добычи [Временник. 1951 : 261]. Разворовывание национального богатства – есть первейшая задача политиканов смутного времени. Тем самым они компенсируют свой комплекс неполноценности, мешавший им в нормальное время нормально по меркам того времени делать свою деловую карьеру. Разорение страны означает стремительное обнищание общественного большинства при весьма сомнительном обогащении даже не меньшинства, а отдельных единиц этого меньшинства. Поэтому вор – самый главный вредитель земли Русской.

Между двумя великими русскими Смутами случилось ещё два великих и страшных для власти русских бунта (Разинский и Пугачевский), которые сотрясли умы россиян, но не поколебали устои государственности. Власть жестоко отомстила народу за его свободолюбие, сама испугалась и затем сама же пугала народ, дабы более он не думал о страшном и безжалостном русском бунте. Копившаяся веками негативная энергия социально-политического протеста, выплеснулась с еще более чудовищной силой вначале в событиях 1905–1907 гг., а затем и в кошмаре 1917–1922 гг. Самое страшное, что могло когда-либо с нами произойти – это кровавая гражданская война.

**Смута Великой русской революции (1917–1922 гг.).** Мы намеренно оставляем за скобками нашего анализа историю революции 1905–1907 гг., расценивая её в качестве генеральной репетиции более серьёзного социально-политического потрясения. Двойная революция 1917 г. повлекла за собой кровавые события Гражданской войны (1918–1922 гг.), которые стали новой русской Голгофой [1917 год, 1927; Сазонов, 2002 : 334; Деникин, 2006]. Россия умылась своею собственной кровью, понесла колоссальные невосполнимые людские, моральные и материальные потери.

Ставя диагноз Великой русской революции, М. О. Меньшиков в качестве основной причины указывал неудачную «революцию сверху», которую пытался провести русский царизм во второй половине XIX столетия. Русский цар объявил «дворянству, что лучше пусть революция будет сверху, чем снизу. Он не догадывался, что если в то время о революции снизу не было и намёка, то “революция сверху” уже шла, бессознательно и безотчетно, движимая всесильным духом века, давлением идей, стремлением правительства отстоять порядок» [Меньшиков, 2000 : 28]. Царская элита никогда не была в белоснежных ризах истории. Предчувствуя агонию самодержавия,

она болезненно переживала кризис этой политической системы, неловко пыталась подправить ее в наиболее «злачных местах». Имперская элита перепутала целеполагание – надо было спасти не себя, а Россию; надо было откладывать не на черный день, а на темную ночь. Именно окончательная потеря элитой своей элитности (качества внутреннего достоинства) следует считать одним из ключевых условий возникновения новой русской смуты. Смута – это поток тьмы, обрушившийся на Россию за ее чрезмерную доверчивость к самодержавной власти.

Смута это, прежде всего, информационный, эмоциональный и моральный хаос; разложение семейных, социальных, культурных уз, падение доверия ко всему и всем. В те дни на голову обывателя «сыпался целый букет фактов — достоверных, сомнительных и неправдоподобных», которые нельзя было рассортировать даже умудренных политическим опытом умам [Милоков, 1955, т. 2 : 270]. Многие впрочем, и не пытались их сортировать, понимая всю безнадежность этого занятия. Выигрывал лишь тот, кто сам целенаправленно распространял эти потоки дезинформации и только до тех пор, пока она сохраняла свою актуальность. Смута поэтому оставляет после себя весьма смутные исторические воспоминания. Скопившиеся в информационном поле не точности, суммарно составляют непроглядную «тьму времени», о котором мы не можем установить однозначную научную истину – слишком много условного и субъективного.

Во время Смуты политические противники подозревали друг друга в вынашивании более сложных политических комбинаций (с непременно изошренных коварным замыслом), чем они были на самом деле, от чего заговоры мерещились везде, где только можно было их себе представить. В этой связи характерно замечание П.Н. Милокова о природе власти Временного правительства: «Если я не говорю о ней здесь яснее, то потому, что наблюдая факты, я не догадывался об их происхождении в то время и узнал об этом лишь значительно позднее периода существования Временного правительства [Милоков, 1955, т.2 : 333]. Все терялись в догадках и путались в своих показаниях. Все в это время занимали не свои, а чужие места. И каждый путался в том, кто он, что должен делать и что на самом деле делает. Все были во временном состоянии. Все были временными людьми. Лидер кадетов П. Н. Милоков, председатель Земгора князь Г. Е. Львов и октябрист А. И. Гучков сами мечтали о власти, не подозревая о том, что какой она у них будет временной...

Смута рождает чудовище гражданской войны, от которого не возможно никому и нигде скрыться. Это время, когда ни на кого нельзя было положиться – все непременно обманут. Предательством мыслили, предательством жили, на предательстве все и сидели. Смута - это время, когда все друг друга поносят и обвиняют в предательстве и служению темным силам. Все друг в друге видят демонов, при этом отказываясь замечать своих. Так, помощник августейшего Главнокомандующего армиями генерал от кавалерии В. В. Сахаров (1853–1920) назвал отречение царя «гнусным предложением» Родзянко и утверждал, что «не русский народ задумал это злодеяние, а разбойничья кучка людей, именуемая Государственной Думой» [Записки великого князя, 2008]. В свою очередь сам М. В. Родзянко обвинял министров в преступном бездействии и отчаянно взывал к Государю о восстановлении утраченного доверия между властью и обществом, призывая его лично обратиться за помощью к русскому народу. «Бьет двенадцатый час, - отчаянно призывал царя к благоразумию председатель государственной Думы, - и слишком близко время, когда всякое обращение к разуму народа станет запоздалым и бесполезным» [Записка М. В. Родзянко, 1925 : 86].

В глазах друг друга соперники казались откровенными чудовищами. Императрица представляла главных заговорщиков (Гучков и К<sup>о</sup>) в виде «пауков», которые постоянно плетут против монархии паутины коварных заговоров и интриг (распространяют ложь, подстрекают к неповиновению и т.д.) [Переписка, 1924, т.2 : 192]. И сами «пауки» отвечали ей взаимностью. О своей отрицательной оценки влияния Императрицы на государственные дела России царю открыто говорили даже и его министры. Реакция (как в случае с С.Д. Сазоновым) была отрицательной – царь предпочитал этого не слышать и отправлять неудобных министров в отставку [Сазонов, 2002 : 333]. С. Д. Сазонов открыто указывал на нездоровый психический характер отношения Александры Федоровны к власти, на то, что она сама была марионеткой в руках «беззастенчивых людей» (намёк на Распутина) [Сазонов, 2002 : 337].

Не мало масла в огонь подливал и сам Государь. Из дневников последнего русского самодержца видно, что он вел аполитичный образ жизни – играл в домино, стрелял ворон и совершенно не обращал внимания на начавшееся обрушение своей империи [Дневники императора Николая II, 2013]. Он был скверным «хозяином земли Русской». Никчемный царь вызывал в общественных кругах презрение, которое выражалось в уничижительным прозвище «Николашка»). Проводимую им политику можно охарактеризовать как предательство национальных интересов России на фоне последних успехов его дипломатии во главе с С. Д. Сазоновым (про-

блема проливов). Образно говоря, «дворцовые крысы» подгочили несущие конструкции Империи изнутри, которая и рухнула от первого внешнего толчка революционной общественности.

Абсолютная власть оскорбительна для свободной личности. Особенно тогда, когда она ассоциируется с ничтожной личностью правителя<sup>15</sup>. Личность последнего русского самодержца вызывала сожаление даже у его ближайшего окружения. Так, известный специалист по коннозаводству и издатель черносотенных брошюрок и газет генерал Д. Н. Дубенский выполнял в Ставке «паразитарную функцию царского историографа», в августе 1917 г. дал показания Чрезвычайной Комиссии Временного Правительства. «В руки комиссии попал дневник Дубенского, на страницах которого он весьма откровенно описывал отношения царя и царицы. И эти показания существенно разнятся по тону, по целому ряду любопытных деталей от ретушированных и подправленных мемуаров»: «Государь был в полном подчинении. Достаточно было их видеть четверть часа, чтобы сказать, что самодержцем была она, а не он. Он на нее смотрел, как мальчик на гувернантку, это бросалось в глаза. Когда они выезжали, и она садится в автомобиль, он только и смотрит на Александру Федоровну. По-моему, он просто был влюблен...» [Падение царского режима, 1925. т. VI : 383].

Поведение последнего русского самодержца напоминало тактику перепуганного страуса. В феврале 1917 г. М. В. Родзянко писал царю: «В минуту грозной опасности самая плохая политика – закрывать глаза на всю серьезность сложившейся обстановки. Надо смело глядеть в ее лицо, так как в этом случае не исключена возможность отыскать какой-либо счастливый выход. Положение России сейчас катастрофическое и вместе с тем глубоко трагическое. ...Со всех концов России приходят вести одна другой безотраднее, одна другой горше» [Записка М. В. Родзянко, 1925 : 69].

Британский посол в России (1910–1918 гг.) Дж. У. Бьюкенен (1854–1924) во время своей последней встречи с императором в январе 1917 г. якобы, сказал ему: «Меня можно осуждать, но оправданием мне служит верность Вашему Величеству и Императрице, в которой я черпаю вдохновение. Увидев, что мой друг идет темной ночью пешком по лесной дороге, которая, как мне известно, заканчивается обрывом, не должен ли я буду, сэр, предостеречь его об опасности? И я тем более считаю своим долгом предупредить Ваше Величество о бездне, которая находится впереди Вас. Вы подошли, сэр, к развилке и должны теперь сделать выбор между двумя путями. Один приведет Вас к победе и славному миру, другой – к революции и катастрофе. Позвольте мне просить Ваше Величество выбрать первый» [Бьюкенен, 2005]. Но царь так до конца сам никакого выбора не сделал. Выбор за него сделала сама Россия.

Ближайшее окружение царя выдает историкам противоречивые свидетельства о его поведении в момент отречения. Так генерал-адъютант Н. В. Рузский (1854–1918) путается в своих воспоминаниях, указывая то на решимость и мужественность Государя, то на его апатию и безразличие к ведению государственных дел [Рузский, 1990 : 152-153]. Ко всему прочему царь оказался еще и в информационной блокаде. По воспоминаниям генерал-майора Отдельного жандармского корпуса П. П. Заварзина (1868–1932), последнему министру внутренних дел Империи (с 20.12.1916 – 28.02.1917) А. Д. Протопопову (1866–1918) была доподлинно известна работа многих политиков (в том числе и членов Думы) по подготовке дворцового переворота, но тот не только не принимал никаких мер, но даже не докладывал о них Государю [Заварзин, 1930 : 208]. Царь уходил в себя, замыкался на семье, видя в ней спасительный круг от саморазрушения его личности. А самым настоящим проклятьем его семьи стал Распутин, превращенный либеральной публицистикой в исчадие ада, разврата и декаданса.

Историки до сих пор сталкиваются с противоречащей друг другу информацией, потому что современники тех событий сами часто путаются и противоречат друг другу. По данным Петроградского начальства, спекуляции вокруг дефицита хлеба в феврале 1917 г. в столице носили надуманный провокационный характер, поскольку и генерал С. С. Хабалов (во время революции командующего Петроградским военным округом), и градоначальник А. П. Балка утверждали, что в городе были запасы хлеба на 12–22 дня [Гибель царского Петрограда, 1991]. По мнению некоторых историков, в качестве непосредственного организатора блокады поставок

<sup>15</sup> Пытаясь обелить царя, монархисты всячески подчеркивали трагическую жертвенную роль, которую он сыграл в это Смутное время. «В эту тяжелую для Него минуту Государь уже был одинок. Вокруг Него не толпились более подобострастно кланявшиеся Ему советники и придворные, заботившиеся только о своих личных интересах, а потому величайшая жертва своим положением Самодержавного Монарха Российской Империи, принесенная Им русскому народу в целях избежать кровопролития, была актом Его свободной воли, вдохновленной беспредельной любовью к России». [Курлов, 1992 : 92]

хлеба выступил активный участник заговора против Николая II и один из руководителей министерства путей сообщения перед Первой мировой войной Ю. В. Ломоносов (1876–1952) [Ломоносов, 1919]. 28 февраля 1917 г. вместе с инженером-путейцем А.А. Бубликовым (1875–1941) взял под контроль ж/д пути на Петроград и приказал даже остановить царский поезд, вышедший из Ставки в Царское Село [Кинг Г., Вильсон П., 2005 : 111]. Двойной саботаж удался и это лишний раз свидетельствует о слабости и дезориентации царской власти в канун ее падения. Царь и его окружение оказались беспомощными заложниками этой ситуации, тогда как при любом другом более сильном правителе этой династии она была бы разрешена в считанные часы. Но подбор ненужных кадров сделал свое дело. Нарушенная селекция элиты привела к тому, что у власти оказались люди никчемные, весьма жалкие посредственности.

О разложении власти писали впоследствии и сами министры царского правительства. Так, министр иностранных дел Российской Империи (1910–1916 гг.) *Сергей Дмитриевич Сазонов* (1860–1927) в своих «Воспоминаниях» отмечал, что после его ухода с поста министра, «высшая правительственная власть в империи стала на наклонную плоскость, по которой она должна была скатиться в пропасть, положение правительства делалось с каждым днем все более неустойчивым и разьединенным в своем составе» [Сазонов, 2002 : 314]. Самих министров он характеризовал как «гробовщиков русского государства», переживших самих себя и утративших «понимание государственных дел» [Сазонов, 2002 : 314]. И вся эта политическая несостоятельность находила поддержку при царском дворе и пользовалась его расположением. После убийства Столыпина, в России не нашлось равного ему по силе государственного человека, который смог бы справиться с вирусом революционного брожения [Сазонов, 2002 : 320]. По мнению С. Д. Сазонова (свояка П. А. Столыпина), именно роковой выстрел в Столыпина и стал основной причиной гибели Империи. Монархия, по его мнению, сама себе вынесла приговор и исполнила его руками своих бездарных правителей...

Каждый отдельно взятый министр был по-своему умен и честолюбив [Сазонов, 2002 : 328]. Но все вместе взятые они представляли собой гремучую смесь некомпетентности и коррупции. Соперничество выражалась в личных нападках и в мелких служебных интрижках. Власть занималась не делом, а непонятной возней. На решение министров часто оказывало влияние не государственные интересы, а мнения многочисленных «друзей и родственников». Глубокий эгоизм мешал деловому тону и доверительному характеру работы. Формализм и бюрократизм делали правительство не работоспособным. «Такое повиновение букве закона в *смутное время*, [Выделено – П. К.] которое переживала Россия, борясь одновременно с внешним врагом и с поднимающейся голову революцией, угрожало самому ее существованию» [Сазонов, 2002 : 334].

По мнению С. Д. Сазонова, одаренных людей в правительстве канула Великой русской революции можно было сосчитать по пальцам одной руки. К числу самых одаренных он относил бывшего министра внутренних дел П. Н. Дурново, который сломал «себе шею в результате инцидента романтического характера, где голос страсти заглушил у него разум» [Сазонов, 2002 : 329]. Данная им характеристика этого деятеля весьма интересна с точки зрения элитологии истории: «По природным дарованиям Дурново должен был быть поставлен выше Щегловитова. – Рассуждает Сазонов. - Он был, в полном смысле слова, блестящим самородком. Обладая научным багажом штурманского офицера и лишенный общей культуры, Дурново проложил себе путь к высшим государственным должностям своим трезвым умом и сильной волей. Достигнув высших степеней, он тем не менее никогда не мог отделаться от свойственного ему полицейского мировоззрения. Сравнение его с графом Витте напрашивается само собой. В отношении отсутствия воспитания и культуры они оба стояли на одном приблизительно уровне. Что касается твердости воли и практического смысла, я думаю, что Дурново заслуживал пальму первенства. Обоим пришлось иметь дело с революцией. Дурново смело с ней сцепился и боролся удачно. Витте, как человек с двоящимися мыслями, сложил перед ней оружие. На счастье России явился Столыпин и дал ей десять лет передышки. Эти льготные годы не были, однако, использованы его преемниками для закрепления достигнутых им успехов» [Сазонов, 2002 : 329]. Столыпинская тема как упущенный альтернативный исторический шанс развития России будет и в дальнейшем неоднократно всплывать в российских либеральных кругах. С. Д. Сазонов активно настаивает на этом тезисе, полагая, что самодержавие само себя погубило, устранив из мира политики такие крупные величины, как Петр Аркадьевич Столыпин.

П. Н. Дурново был исключением из общего деструктивного правила селекции русской элиты. Большинство составляли люди психически неуравновешенные и культурно нестабильные. В отношении некоторых министров последних царских правительств выдвигались конкретные обвинения в психическом расстройстве. Так, у министра внутренних дел Империи А. Д. Протопопова в 1915–1916 гг. бывали психотические эпизоды, во

время которых он полностью терял контроль над собой: страдал галлюцинациями, бегал на четвереньках, катался по полу, покушался на самоубийство. Врачи установили, что он страдал циркулярным психозом [Кольш-ко, 2009]. «Самый вредный, самый страшный человек для государства, для этой разрухи оказался Протопопов. - Вспоминал впоследствии М.В. Родзянко. - На меня всё это производит такое впечатление, что последствия ужасные, но сделано это недостойным, незначительным человеком, потому что он больной человек, я это положительно утверждаю. У него мания величия, он какой-то ясновидящий... Он как закатит глаза, так делается как глухарь — ничего не понимает, не видит, не слышит. Я позволю себе утверждать, что это ненормальный человек» [Падение царского режима, 1927. т. VII : 152].

Свою несомненно весомую роль в развитии новой русской смуты сыграло и царское чиновничество. Многие знают, что в России есть начальство, которое выше царской власти, и власти всех генсеков и президентов. Имя этому всеильному начальству – чин, бюрократия. Ещё Николай I открыто считал эту преграду непреодолимой. Бюрократический чин – главный хозяин российского государства и главная точка пересечения всех социально-политических проблема. И главная проблема чиновничества всех времен, государств и народов – коррупция и кумовство. Разгул коррупции чиновников привел к полной дискредитации и разложению власти. Махровая коррупция – предвестник надвигающейся смуты. Многое (если не все) делалось по личным связям и родству. Кумовство среди министров было делом обычным и мало порицаемым [Сухомлинов, 2005 : 301]. Когда политикой начинают заниматься дилетанты, власть непременно оказывается в руках негодяев, ибо политическая демагогия никогда не приводила народ ни к чему хорошему.

**Коды анатомических особенностей Смутного времени.** В обоих случаях русской смуты действительно очень много схожего, как будто бы эти события были списаны под копирку: ослабление престиже центральной власти; деградация элиты; частая смена руководства; война; внутри гражданская смута; социальное обнищание масс; голод; иностранная интервенция; падение нравов и т.д. Все это указывает на существование неких общих кодов развития подобных историй. Попробуем теперь суммировать и систематизировать все вышеизложенное.

Первая причина всякой смуты – раскол элиты. Принято считать, что эффективная работа институтов государства во многом зависит от единства и качества профессиональной подготовки правящих элит. И напротив, ключевым условием складывающейся революционной ситуации является раскол элит, когда в результате негативных лавинообразных процессов происходит катастрофическое падение ее профессионального уровня, обнаруживается потеря политической ориентации, утрата воли и нравственной оценки действительности. Раскол элиты начинает проявляться в потере в ее рядах единомыслия и согласия, а завершается открытым политическим конфликтом. Раскол элиты становится главной угрозой национальной безопасности страны.

Политическая элита Российской Империи оказалась в состоянии энтропии – ее внутренняя неупорядоченность как системы власти наложилась на неопределенность геополитической ситуации. При этом энтропия нарастала с момента воцарения Федора Иоанновича и Николая II и выражалась в том, что все большее число элементов их политической системы оказывались вне поля их управленческого подчинения. И цари так и не сумели преодолеть хаос своего политического менеджмента. Как главный элитократор царь сам, в конце концов, оказался вне силового поля власти.

Еще в XVII в. дьяк И. С. Тимофеев отмечал, что некомпетентность элиты порождает управленческий хаос, что приводит к системному сбою работы всего государства в целом [Временник. 1951 : 244-246]. Нарушение объективного принципа селекции элит, приводит к ее деградации: «повсюду многие один за другими, за худыми более худшие стремились к власти, и день за днем и один за другим с злою ревностью устремлялись на злые (дела), чтобы ни один из них, даже и самый худший из всех не остался непричастным этому несвойственному им званию. Совершаемые такими людьми злодеяния были допущены из-за молчания тех, кто стоял у власти и не запрещал им страхом, или из-за бессильной слабости, потому что не истекло еще определенное им время» [Временник. 1951 : 246-247]. Примерно о том же свидетельствуют и авторы второго смутного времени. Это их общая карма.

Смутное время вызывает наибольшее число споров, поскольку до предела запутывает причинно следственные связи и даже современники тех событий бывают в затруднение сказать, что с чего у них там началось и чем закончилось и закончилось ли вообще. Особенно трудным становится отделять невиновных от виноватых, поскольку в грехе Смуты оказываются повинны все, но каждый в разной мере [Временник. 1951 : 264]. Все в это время умом своим развратились, посчитав себя правомочными творить по своему разумению насилие. Никто в это время «нисколько не боясь ни бога, ни царя и не стыдясь людей» добивался своего, попирая инте-

ресы других [Временник. 1951 : 275; 286]. Речь фактически идет о возвращении активного большинства к состоянию «войны всех против всех». Во время Смуты каждый сам за себя и не находится никого, кто бы был за Отечество, да и патриотам за державу уже не обидно, потому что никакой державы уже нет.

Децентрализация власти приводит к возникновению множества самоуправляемых центров политических сил, которые насильем своим пытаются утвердиться в качестве главной доминанты. Смута – это фрагментация вертикали власти. Распад прежних связей и традиционных стереотипов понимания механизма функционирования государственного аппарата. Смута это и обнуление всех прежних достоинств и пороков. К власти приходят случайные люди, заботящиеся исключительно о собственном благополучии.

Свой вариант анатомии русской смуты предложил еще в XVII в. часто цитируемый нами в этой работе дьяк И. С. Тимофеев, который выделил следующие 11 её пороков: 1) клятвопреступление; 2) «безумная гордость»; 3) всеобщее лицемерие и попираание Истины; 4) «потерю между собой общего любовного союза»; 5) пьянство и обжорство, приводящие к блуду; 6) «злопамятность по отношению к близким»; 7) «ненасытное сребролюбие»; 8) «самолюбивую ненависть к братьям»; 9) воровство и «безобразное хвастовство» богатством; 10) злословие и «матерные скверные слова»; 11) одичание нравов [Временник. 1951 : 264–265]. Все это мы обнаруживаем и на страницах истории второй русской смуты, случившейся с нами уже в самом начале XX столетия. Всё это и является её общим кодом.

Следует также отметить, что империя развалилась ещё и потому, что должным образом не развивались общественные науки. Когда творческая интеллигенция начинает работать против своего государства, власть теряет идеологический контроль над политическими процессами и перестаёт быть духовным авторитетом. Интеллигенция оказалась не на стороне властей, а на стороне тех сил, которые ей противостоят. Апологеты традиционализма сетовали на то, что царизм сам взрастил этот протестный слой общества. «У нас, как и всюду в свете, ближайшим деятелем революции явилась интеллигенция – разночинный, междусловный класс, у которого историческое мирозерцание было заменено философским, притом дурного сорта. Поразительно видеть, до какой степени власть наша старалась о размножении интеллигенции, о демократизации знания, о принижении древнего сословного духа, который вынес Россию – как и другие страны – из средних веков» [Меньшиков, 2000 : 27]. Научное сообщество предчувствовало наступление системного кризиса. Примечательно и то, что главные русские источники по смутному времени XVII в. (Палицын и Хворостинин) были переизданы накануне второй русской великой смуты (соответственно в 1909 и 1913 гг.). И в свою очередь, работы участников и очевидцев второй русской смуты (А. И. Деникин, П. Н. Милюков, С. Д. Сазонов и др.) начали активно переиздаваться в конце 1980 – начале 1990-х гг., когда Россия вновь оказалась на грани очередного гражданского и государственного расстройств...

\* \* \*

**Заключение.** Диалектический подход предполагает выяснение не только отрицательных, но и положительных сторон исторического процесса. В чем позитивный опыт Смутного времени? Оно перезапускает ход истории нации, которая в силу различных причин пришла к системному кризису государства и стагнации национальной идеи. Падение империй всегда свершается изнутри, в результате деградации внутреннего качества, которое ранее приводило эту систему к возвышению и величию. Внешние толчки могут служить только в качестве детонатора, но не модератора деструктивного процесса. Наша история – это история канувших в небытие грехов. Мы те, кто пережил национальную катастрофу XX в. И нам важно знать, как, по каким причинам возникают подобные катастрофы, что они с собой несут и каковы их итоги. В конце XX в. Россия вновь оказалась на пороге очередного потрясения. Она чудом прошла по «лезвию исторического ножа» и чуть было вновь не окунулась в кровавую круговерть смутного времени. Россия времен «лихих девяностых» – это «угасающая держава» на фоне торжества мировой гегемонии США. Это был «малый смутный период», завершившийся относительно ровной политической стабилизацией, новой укреплении вертикали власти, при сохранении относительной социальной напряженности. Отдельные элементы Смуты могут проявлять себя и в иные времена. Но следует опасаться не эти частные случаи, а возможность их складывания в определенную систему. Власть должна точно бороться с этими негативными проявлениями, исправляя их по мере их возникновения, а не затягивать проблемы и ждать когда они сложатся в очередную революционную ситуацию...

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 1917 год, 1927–1917 год в документах и материалах. Буржуазия накануне Февральской революции. Изд. Б. Б. Граве, М.-Л., 1927.

2. Будило, 1872 – Будило И. Дневник событий, относящихся к Смутному времени (1603–1613 гг.), известный под именем Истории ложного Димитрия // Русская историческая библиотека. Т. 1. СПб., 1872. С.82-364.
3. Бьюкенен, 2006 – Бьюкенен Д. У. Моя миссия в России. Воспоминания английского дипломата. 1910–1918. М.: Центрполиграф, 2006. 408 с.
4. Временник, 1951 – Временник Ивана Тимофеева / Пер. О.А. Державиной. М. - Л.: Изд. АН СССР, 1951. 512 с.
5. Гавриил Константинович, 2005– Гавриил Константинович, Вел. кн. В мраморном дворце. М.: Захаров, 2005. 384 с.
6. Гибель царского Петрограда, 1991 – Гибель царского Петрограда: Февральская революция глазами градоначальника А.П. Балка // Русское прошлое: Ист.-док. альм. Л., 1991. № 1. С. 7-72.
7. Гурко, 2007 – Гурко В. И. Война и революция в России. Мемуары командующего Западным фронтом. 1914–1917. М., «Центрполиграф», 2007.
8. Деникин, 2006 – Деникин А.И. Очерки русской смуты: в 5 т. Париж; Берлин: Изд. Поволоцкого; Слово; Медный всадник, 1921–1926; М.: «Наука», 1991; «Айрис-пресс», 2006.
9. Дневники императора Николая II, 2013 – Дневники императора Николая II. 1894–1918. Том 2. 1905–1918. Ч. 2. 1914-1918 / Отв. ред. С.В. Мироненко. М.: РОССПЭН, 2013. 784 с.
10. Заварзин, 1930 – Заварзин П. П. Жандармы и революционера: Воспоминания. Париж, 1930.
11. Записка М. В. Родзянко, 1925 – Записка М. В. Родзянко. Февраль 1917 г. // Красный архив. Т.3. (10), 1925. С. 69-86.
12. Записки великого князя, 2008 – Записки великого князя Андрея Владимировича // Звезда. №4, 2008.
13. Карабущенко, 2008 – Карабущенко П. Л. Астраханское царство: воеводская власть и местное сообщество XVI–XVII веков. Монография. Астрахань, 2008. 504 с.
14. Кинг Г., Вильсон П., 2005 – Кинг Г., Вильсон П. Романовы. Судьба царской династии. М., ЭКСМО, 2005. 912 с.
15. Ключевский, 1988 – Ключевский В. О. Сочинения. В 9 т. Т.3. Курс русской истории. Ч.3. / Под ред. В. Л. Янина; Послесл. и коммент. Составители В. А. Александров, В. Г. Зимица. М.: Мысль, 1988. 414 с.
16. Колышко, 2009 – Колышко И. И. Великий распад: Воспоминания. СПб.: Нестор-История, 2009. 463 с.
17. Курлов, 1992 – Курлов П. Г. Гибель Императорской России. М.: Современник, 1992.
18. Ломоносов, 1919 – Ломоносов Ю. Воспоминания о мартовской революции 1917 года. Стокгольм. Берлин. 1919.
19. Меньшиков, 2000 – Меньшиков М.О. Письма к русской нации. М.: Издательство журнала «Москва», 2000. 560 с.
20. Милюков, 1955 – Милюков П. Н. Воспоминания. (1859–1917). В 2 т. Нью-Йорк: Изд-во км. Чехова, 1955, (переиздание – М., 1990, 2002). М.: Лань, 2013. Т.1. 210 с.; т. 2. 180 с.
21. Падение царского режима, 1925. т. VI; 1927. т. VII – Падение царского режима. Стенографические отчеты допросов и показаний, данных в 1917 г. в Чрезвычайной следственной комиссии Временного правительства / под ред. П. Е. Щеголева. Л.: Ленгиз, 1925. т. VI. 415 с.; М.-Л.: ГИЗ, 1927. т. VII.
22. Палицын, 1909 – Палицын А. Сказание. СПб.: Изд. Императорской Археографической Комиссии. Тип. М. А. Александрова, 1909. ст.376.
23. Памятники Смутного времени, 2001 – Памятники Смутного времени. Тушинский вор: личность, окружение, время. Документы и материалы / Составление, вступительная статья и комментарии В.И. Кузнецова и И.П. Кулаковой. М.: Изд-во МГУ, 2001. 464 с.
- а. Переписка, 1924, т.2 – Переписка Николая и Александры Романовых. Изд. А.А. Сергеев. М.-Л., 1923–1927, т. 2. Рузский, 1990 – Рузский Н. В. Пребывание Николая II в Пскове. (Беседа с ген. С.Н. Вильчковским.) // Отречение Николая II. Воспоминания очевидцев. М.: Красная газета; 1990. 336 с.
24. Сазонов, 2002 – Сазонов С. Д. Воспоминания. Мн.: Харвест, 2002. 368 с.
25. Сказания, 1842 – Сказания польского историка Кобержицкого о походах польского короля Сигизмунда и королевича Владислава // Сын отечества, № 3. 1842. с.4-28.
26. Скрынников 1990 – Скрынников Г. Г. Самозванцы в России в начале XVII века. Григорий Отрепьев. Новосибирск: Наука, 1990. 238 с.
27. Скрынников 1988 – Скрынников Р.Г. Россия в начале XVII в. «Смута». М.: Мысль, 1988. 283 с.
28. Соловьёв, 2001 – Соловьёв С. М. История России с древнейших времён. М.: «АСТ», 2001. т.8. 754 с.
29. Старцев, 1996 – Старцев В. И. Русское политическое масонство начала XX века. СПб.: Третья Россия, 1996. 175 с.
30. Сухомлинов, 2005 – Сухомлинов В. А. Воспоминания. Мн.: Харвест, 2005. 624 с.
31. Хворостинин, 1913– Хворостинин И. А. Слова дней, и царей, и святителей московских // Платонов С. Ф. Древнерусские сказания и повести о Смутном времени XVII века как исторический источник. СПб., 1913. С. 230-240.

#### REFERENCES

1. 1917 god, 1927–1917 god v dokumentah i materialah. Burzhuzijskaja nakanune Fevral'skoj revoljucii. Izd. B. B. Grave, M. - L., 1927.
2. Budilo, 1872 – Budilo I. Dnevnik sobytij, odnosjashihhsja k Smutnomu vremeni (1603–1613 gg.), izvestnyj pod imenem Istorii lozhnogo Dimitrija // Russkaja istoricheskaja biblioteka. T. 1. SPb., 1872. S.82-364.



3. B'jukenen, 2006 – B'jukenen D. U. Moja missija v Rossii. Vospominanija anglijskogo di-plomata. 1910–1918. M.: Centrpoligraf, 2006. 408 s.
4. Vremennik, 1951 – Vremennik Ivana Timofeeva /Per. O.A. Derzhavinoj. M. - L.: Izd. AN SSSR, 1951. 512 s.
5. Gavriil Konstantinovich, 2005 – Gavriil Konstantinovich, Vel. kn. V mramornom dvorce. M.: Zaharov, 2005. 384 s.
6. Gibel' carskogo Petrograda, 1991 – Gibel' carskogo Petrograda: Fevral'skaja revo-ljucija glazami gradonachal'nika A. P. Balka // Russkoe proshloe: Ist.-dok. al'm. L., 1991. № 1. S. 7-72.
7. Gurko, 2007 – Gurko V.I. Vojna i revoljucija v Rossii. Memuary komandujushhego Zapad-nym frontom. 1914–1917. M., «Centrpoligraf», 2007.
8. Denikin, 2006 – Denikin A.I. Oчерki russkoj smuty: v 5 t. Parizh; Berlin: Izd. Povolockogo; Slovo; Mednyj vsadnik, 1921–1926; M.: «Nauka», 1991; «Ajris-press», 2006.
9. Dnevnik imperatora Nikolaja II, 2013 – Dnevnik imperatora Nikolaja II. 1894–1918. Tom 2. 1905–1918. Ch. 2. 1914-1918 / Otv. red. S.V. Mironenko. M.: ROSSPJeN, 2013. 784 s.
10. Zavarzin, 1930 – Zavarzin P. P. Zhandarmy i revoljucionera: Vospominanija. Parizh, 1930.
11. Zapiska M. V. Rodzjanko, 1925 – Zapiska M. V. Rodzjanko. Fevral' 1917 g. // Krasnyj ar-hiv. T.3. (10), 1925. s. 69-86.
12. Zapiski velikogo knjazja, 2008 – Zapiski velikogo knjazja Andreja Vladimi // Zvezda. №4, 2008.
13. Karabushhenko, 2008 – Karabushhenko P.L. Astrahanskoe carstvo: vovodskaja vlast' i me-stnoe soobshhestvo XVI–XVII vekov. Monografija. Astrahan', 2008. 504 s.
14. King G., Vil'son P., 2005 – King G., Vil'son P. Romanovy. Sud'ba carskoj dinastii. M., JeKSMO, 2005. 912 s.
15. Kljuchevskij, 1988 – Kljuchevskij V.O. Sochinenija. V 9 t. T.3. Kurs russkoj istorii. Ch.3. /Pod red. V.L. Janina; Poslesl. i komment. Sostaviteli V.A. Aleksandrov, V.G. Zimi-na. M.: Mysl', 1988. 414 s.
16. Kolyshko, 2009 – Kolyshko I. I. Velikij raspad: Vospominanija. SPb.: Nestor-Istorija, 2009. 463 s.
17. Kurlov, 1992 – Kurlov P. G. Gibel' Imperatorskoj Rossii: M.: Sovremennik, 1992.
18. Lomonosov, 1919 – Lomonosov Ju. Vospominanija o martovskoj revoljucii 1917 goda. Stokgol'm - Berlin. 1919.
19. Men'shikov, 2000 – Men'shikov M.O. Pis'ma k russkoj nacii. M.: Izdatel'stvo zhurna-la «Moskva», 2000. 560 s.
20. Miljukov, 1955 – Miljukov P.N. Vospominanija. (1859 - 1917). V 2 t. N'ju-Jork: Izd-vo km. Chehova, 1955, (pereizdanie M., 1990, 2002). M.: Lan', 2013. T.I. 210 s.; t. 2. 180 s.
21. Padenie carskogo rezhima, 1925. t. VI; 1927. t. VII – Padenie carskogo rezhima. Steno-graficheskie otchjoty doprosov i pokazanij, dannyh v 1917 g. v Chrezvyčajnoj sledst-vennoj komissii Vremennogo pravitel'stva / pod red. P.E. Shhegoleva. L.: Lengiz, 1925. t. VI. 415 s.; M.-L.: GIZ, 1927. t. VII.
22. Palicyn, 1909 – Palicyn A. Skazanie. SPb.: Izd. Imperatorskoj Arheograficheskoj Komissii. Tip. M.A. Aleksandrova, 1909. st. 376.
23. Pamjatniki Smutnogovremeni, 2001 – Pamjatniki Smutnogo vremeni. Tushinskij vor: lichnost', okruzenie, vremja. Dokumenty i materialy /Sostavlenie, vstupitel'naja sta-t'ja i kommentarii V.I. Kuznecova i I.P. Kulakovoj. M.: Izd-vo MGU, 2001. 464 s.
24. Perepiska, 1924, t.2 – Perepiska Nikolaja i Aleksandry Romanovyh. Izd. A.A. Serge-ev. M.-L., 1923-1927, t. 2.
25. Ruzskij, 1990 – Ruzskij N. V. Prebyvanie Nikolaja II v Pskove. (Beseda s gen. S.N. Vil'chkovskim.) // Otrechenie Nikola-ja II. Vospominanija ochevidcev. M.: Krasnaja gazeta; 1990. 336 s.
26. Sazonov, 2002 – Sazonov S.D. Vospominanija. Mn.: Harvest, 2002. 368 s.
27. Skazanija, 1842 – Skazanija pol'skogo istorika Koberzhickogo o pohodah pol'skogo ko-rolja Sigizmunda i korolevicha Vladislava // Syn otechestva, № 3. 1842. s.4-28.
28. Skrynnikov 1990 – Skrynnikov G.G. Samozvancy v Rossii v nachale XVII veka. Grigo-rij Otrep'ev. Novosibirsk: Nauka, 1990. 238 s.
29. Skrynnikov 1988 – Skrynnikov R. G. Rossija v nachale XVII v. «Smuta». M.: Mysl', 1988. 283 s.
30. Solov'jov, 2001 – Solov'jov S. M. Istorija Rossii s drevnejshih vremjon. M.: «AST», 2001. t.8. 754 s.
31. Starcev, 1996 – Starcev V. I. Russkoe politicheskoe masonstvo nachala XX veka. SPb.: Tret'ja Rossija, 1996. 175 s.
32. Suhomlinov, 2005 – Suhomlinov V. A. Vospominanija. Mn.: Harvest, 2005. 624 s.
33. Hvorostinin, 1913 – Hvorostinin I.A. Slovesa dnei, i carej, i svjatitelej moskov-skih // Platonov S. F. Drevnerusskie ska-zanija i povesti o Smutnom vremeni XVII veka kak istoricheskij istochnik. SPb., 1913. s.230-240.

## ОБ АВТОРЕ

**Карабущенко Павел Леонидович**, доктор философских наук, профессор, Астраханский государственный университет, 414056, Астрахань, Татищева 20а., E-mail: Pavel\_karabushenko@mail.ru  
 Karabushenko Paul Leonidovich, Doctor of Philosophy, professor, Astrakhan state university, 414056, Astrakhan, Tatischev 20a, E-mail: Pavel\_karabushenko@mail.ru

Дата поступления в редакцию 28.11.2018



**Требования к оформлению и сдаче рукописей  
в редакцию журнала  
«СОВРЕМЕННАЯ НАУКА  
И ИННОВАЦИИ»**

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51370  
от 10 октября 2012г.  
ISSN: 2307-910X**

**Редакция журнала сотрудничает с авторами – преподавателями вузов, научными работниками, аспирантами, докторантами и соискателями ученых степеней**

**Журнал публикует материалы в разделах:**

**Технические науки: классические исследования и инновации**

Информатика, вычислительная техника и управление

Технология продовольственных продуктов

**Дискуссионные статьи**

**Краткие сообщения**

**Политические науки**

Политология

Материалы в редакцию журнала принимаются в соответствии с требованиями к оформлению и сдаче рукописей постоянно и публикуются после обязательного внутреннего рецензирования и решения редакционной коллегии в порядке очередности поступления с учётом рубрикации номера.

1. Для оптимизации редакционно-издательской подготовки редакция принимает от авторов рукописи и сопутствующие им необходимые документы в следующей комплектации:

1.1. В печатном варианте:

**Отпечатанный экземпляр рукописи**

Объем статьи: 6–12 страниц (оригинальная статья), 15–20 стр. (обзорная статья), 2–3 стр. краткое сообщение. Требования к компьютерному набору: формат А4; кегль 12; шрифт TimesNewRoman; межстрочный интервал 1,15; нумерация страниц внизу по центру; поля все 2 см; абзацный отступ 1,25 см.

**Сведения об авторе (на русском и английском языках)**

Сведения должны включать следующую информацию: ФИО (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место и адрес работы, адрес электронной почты и телефоны для связи.

1.2. На электронном носителе в отдельных файлах (CD-DVD диск или флеш-карта): Электронный вариант рукописи в текстовом редакторе Word (название файла: «Фамилия\_И.О.\_статья»); Сведения об авторе (название файла: «Фамилия\_И.О.\_сведения об авторе»).

1.3. Отзыв научного руководителя (для аспирантов, адъюнктов и соискателей). Подписывается научным руководителем собственноручно.

1.4. Рецензия специалиста в данной научной сфере, имеющего ученую степень. Подпись рецензента должна быть заверена соответствующей кадровой структурой (рецензия должна быть внешней по отношению к кафедре или другому структурному подразделению, в котором работает автор).

1.5. Экспертное заключение (для технических наук). Во всех институтах созданы экспертные комиссии, которые подписывают экспертные заключения о возможности опубликования статьи в открытой печати.

2. Статья должна содержать следующие элементы оформления:

индекс УДК (на русском и английском языках);

фамилию, имя, отчество автора (авторов) (имя и отчество полностью) (на русском и английском языках);

название; (на русском и английском языках);

место работы автора (авторов) (в скобках в именительном падеже) (на русском и английском языках);

краткую аннотацию содержания рукописи (3–4 строчки, не должны повторять название) (на русском и английском языках);

список ключевых слов или словосочетаний (5–7) (на русском и английском языках);

в конце статьи реферат на английском языке;

3. Оформление рисунков, формул и таблиц:

**Рисунки и таблицы** вставляются в тексте в нужное место. Ссылки в тексте на таблицы и рисунки обязательны. За качество рисунков или фотографий редакция ответственности не несет.

3.1. Оформление рисунков (графиков, диаграмм):

все надписи на рисунках должны читаться;

рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоры, в графиках различные виды линий – пунктирные, сплошные и т. д., разное оформление точек, по которым строится график – кружочки, квадраты, ромбы, треугольники); цветные и полутоновые рисунки исключаются;

рисунки должны читаться отдельно от текста, поэтому оси должны иметь название и единицы измерения;

рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название) и выполняются в графическом редакторе **10 кеглем** (шрифтом).

3.2. Оформление формул: формулы выполняются в программе редактор формул MathType; **12 шрифтом**, выравниваются по центру, их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю.

3.3. Оформление таблиц: таблицы должны иметь название. **Таблицы** нумеруются сверху (Таблица 1 – Название) и выполняются **10 кеглем (шрифтом)**, междустрочное расстояние – одинарное.

4. Библиографический список. Размещается в конце статьи. В нем перечисляются все источники, на которые ссылается автор, с полным библиографическим аппаратом издания (в соответствии с ГОСТР 7.0.5-2008).

5. Авторское визирование:

автор несет ответственность за точность приводимых в его рукописи сведений, цитат и правильность указания названий книг в списке литературы;

автор на последней странице пишет: «Объем статьи составляет ... (указать количество страниц)», ставит дату и подпись.

**Адрес редакции:** г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56 Статьи с комплектом документов в журнал «Современная наука и инновации» сдавать: г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56, каб. № 45 ОПО НИР, ответственному секретарю журнала: Оробинской Валерии Николаевне.

**Контактные телефоны:**

8793)33-34-21; 8-928-351-93-25,

e-mail:

nauka-pf@yandex.ru, orobinskaya.val@yandex.ru

# СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ

**Научный журнал**

**Выпуск №1(25), 2019**

Научное редактирование, проверка статей на антиплагиат рубрики  
«Технические науки» – В. Н. Орбинская  
Перевод аннотаций, ключевых слов, рефератов на английский язык – Е. В. Галдин  
Корректировка текста – Д. А. Вартумян

Технический редактор и компьютерная верстка Н. Неговора

---

Подписано в печать 11.02.2019. Дата выхода в свет 18.02.2019.

---

Формат 210x297 1/8    Усл. печ. л. 31,74    Усл. изд. л. 30,98  
Бумага офсетная. Печать офсетная    Заказ 195    Тираж 500 экз.

---

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»  
Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске  
357500, Ставропольский край, г. Пятигорск,  
ул. Октябрьская / пр. 40 лет Октября, 38/90.

СВОБОДНАЯ ЦЕНА